Relatório Síntese

Estudo de Impacte Ambiental

dos Túneis do Plano Geral de Drenagem de Lisboa

Monsanto – Santa Apolónia e

Chelas – Beato

Março de 2017

ÍNDICE

SIGLAS ..... **xxv**

1 INTRODUÇÃO, OBJETIVO E JUSTIFICAÇÃO DO PROJETO **1**

1.1 Identificação do Projeto, Abrangência, Proponente e Entidade Licenciadora 1
1.2 Antecedentes 6
1.2.1 Síntese dos grandes projetos de drenagem para a cidade de Lisboa 7
1.3 Justificação e Objetivos do Projeto 11
1.3.1 A necessidade do projeto e objetivos 12
1.4 Metodologia e descrição geral da estrutura do EIA 14
1.5 Identificação dos responsáveis pela elaboração do EIA 22
1.6 Conformidade com instrumentos de gestão territorial e Enquadramento com planos e estratégias propostas 23

2 DESCRIÇÃO DO PROJETO E ALTERNATIVAS **25**

2.1 Proposta para os Túneis 25
2.2 Principais componentes do Projeto 25
2.3 Localização do projeto, instrumentos de gestão do território e condicionantes 27
2.3.1 Localização 27
2.3.2 Áreas sensíveis na área de intervenção 28
2.3.3 Condicionantes, Servidões e Restrições de Utilidade Pública 28
2.3.4 Identificação de equipamentos e infraestruturas relevantes potencialmente afetadas pelo projeto 29
2.4 Evolução do projeto e alternativas desenvolvidas 29
2.4.1 Túnel Monsanto-Santa Apolónia 29
2.4.2 Túnel Chelas-Beato 33
2.5 Projetos complementares 36
2.6 Programação temporal - Fases de construção, operação e desativação – Principais atividades 38
2.6.1 Fase de construção 38
2.6.2 Fase de operação e modelo de gestão 38
2.6.3 Fase de Desativação 40
2.6.4 Programação temporal 40
2.6.5 Investimento 41

3 ESTADO DO AMBIENTE **42**

3.1 Clima 43
3.1.1 Enquadramento 43
3.1.2 Clima Urbano 44
3.1.3 Evolução climática prevista para Lisboa 49
3.2 Geologia e geomorfologia 51
3.2.1 Geologia regional e local 52
3.2.2 Geomorfologia 59
3.2.3 Tectónica 62
3.2.4 Sismicidade 63
3.2.5 Estratigrafia 67
3.2.6 Recursos Geológicos 68
3.2.7 Programa de reconhecimento geológico-geotécnico 70
3.3 Hidrogeologia e recursos hídricos subterrâneos 74
3.3.1 Enquadramento hidrogeológico regional 74
3.3.2 Enquadramento hidrogeológico local 76
3.3.3 Áreas de infiltração máxima 81
3.3.4 Inventário das captações de água subterrânea 86
3.3.5 Modelos conceptuais do fluxo subterrâneo 89

3.3.6 Qualidade da água subterrânea 91
3.3.7 Recursos Hidrominerais 97
3.3.8 Zonas vulneráveis identificadas 100
3.4 Solos e ocupação do solo 102
3.4.1 Uso do solo no concelho de Lisboa 102
3.4.2 Uso do Solo local 104
3.5 Hidrologia, drenagem e qualidade das águas superficiais 125
3.5.1 Bacia hidrográfica 125
3.5.2 Principais eventos pluviosos em Lisboa 129
3.5.3 Infraestruturas de drenagem 140
3.5.4 Estuário do Tejo, características e impacte ecológico das ETAR 147
3.6 Qualidade do ar 154
3.6.1 Fontes emissoras/atividades nas áreas em estudo 154
3.6.2 Qualidade do ar regional e local 155
3.6.3 Zonas de emissões reduzidas na cidade de Lisboa 160
3.7 Ruído 163
3.7.1 Mapa do Ruído de Lisboa 163
3.7.2 População exposta a níveis de ruído acima dos limites legais 177
3.7.3 Recetores sensíveis nas áreas em estudo 178
3.7.4 Tráfego nas principais vias envolventes aos locais em estudo 181
3.8 Fatores biológicos e ecológicos 182
3.8.1 Biodiversidade e ecossistemas na cidade de Lisboa 182
3.8.2 Vegetação no concelho de Lisboa 183
3.8.3 Áreas sensíveis 185
3.8.4 Caracterização nas áreas em estudo 187
3.9 Paisagem 191
3.9.1 Enquadramento 191
3.9.2 Caracterização da Paisagem a nível regional e municipal 191
3.9.3 Caracterização da paisagem na área na proximidade imediata do projeto 203
3.10 Património arqueológico e arquitetónico 207
3.10.1 Património Arqueológico 207
3.10.2 Caracterização do património arqueológico, arquitetónico e etnográfico na área em estudo 214
3.10.3 Sondagens arqueológicas – Santa Apolónia 223
3.11 Planeamento e ordenamento 233
3.11.1 Principais instrumentos e condicionantes 233
3.11.2 Condicionantes, servidões administrativas e restrições de utilidade pública 237
3.12 Socio economia local e regional 239
3.12.1 População e Povoamento: a estruturação demográfica 239
3.12.2 Principais aspetos económicos 255
3.12.3 Infraestruturas e serviços 259
3.12.4 Usos tradicionais e vocacionais das águas recetoras – Estuário do rio Tejo 271
3.13 Gestão dos resíduos do sistema 272
3.13.1 Resíduos sólidos urbanos 273
3.13.2 Recolha seletiva em Lisboa 275
3.14 Análise e gestão dos riscos 278
3.14.1 Alterações Climáticas - PEAC 279
3.14.2 Vulnerabilidade ao risco de inundação 282
3.14.3 Eventos extremos - holocénicos - Tsunamis 286
3.14.4 Risco sísmico 288
3.14.5 Hierarquização dos riscos 294
3.15 Evolução da situação sem projeto 395

4 PRINCIPAIS ATIVIDADES E PRESSÕES AMBIENTAIS GERADAS PELO PROJETO 297

4.1 Principais componentes e atividades 297
4.1.1 Túnel Monsanto-Santa Apolónia 298
4.1.2 Túnel Chelas-Beato 310
4.2 Fase de Construção 321
4.2.1 Frentes de obra 321
4.2.2 Principais atividades da fase de construção 322
4.2.3 Principais cargas resultantes da fase de construção 323
4.2.4 Estaleiro 325
4.2.5 Acesso à obra em fase de construção 327
4.3 Fase de operação 328
4.3.1 Operação dos túneis 328
4.4 Fase de desativação 329

5 IMPACTES AMBIENTAIS E MEDIDAS 330

5.1 Clima 333
5.1.1 Impactes 333
5.1.2 Comparação das alternativas e avaliação 335
5.1.3 Medidas 336
5.2 Geologia e geomorfologia 336
5.2.1 Impactes 336
5.2.2 Comparação das Alternativas 339
5.2.3 Medidas 339
5.3 Hidrogeologia e recursos hídricos subterrâneos 340
5.3.1 Impactes 340
5.3.2 Comparação das Alternativas 342
5.3.3 Medidas 342
5.4 Solos e ocupação do solo 343
5.4.1 Impactes 343
5.4.2 Comparação das Alternativas 348
5.4.3 Medidas 348
5.5 Hidrologia, drenagem e qualidade das águas superficiais 348
5.5.1 Impactes 348
5.5.2 Comparação das Alternativas 380
5.5.3 Medidas 380
5.6 Qualidade do ar 381
5.6.1 Impactes 381
5.6.2 Comparação das Alternativas 394
5.6.3 Medidas 394
5.7 Ruído 395
5.7.1 Impactes 395
5.7.2 Comparação das Alternativas 397
5.7.3 Medidas 397
5.8 Fatores biológicos e ecológicos 398
5.8.1 Impactes 398
5.8.2 Comparação das Alternativas 404
5.8.3 Medidas 404
5.9 Paisagem 405
5.9.1 Impactes 405
5.9.2 Comparação das Alternativas 406
5.9.3 Medidas 406
5.10 Património arqueológico e arquitetónico 407

5.10.1 Impactes 407
5.10.2 Comparação das Alternativas 412
5.10.3 Medidas 419
5.11 Planeamento e ordenamento 424
5.11.1 Impactes 424
5.11.2 Comparação das Alternativas 429
5.11.3 Medidas 429
5.12 Socio economia local e regional 429
5.12.1 Impactes 429
5.12.2 Comparação das Alternativas 466
5.12.3 Medidas 466
5.13 Gestão dos resíduos do sistema 468
5.13.1 Impactes 468
5.13.2 Comparação das Alternativas 473
5.13.3 Medidas 473
5.14 Análise e gestão dos riscos 473
5.14.1 Enquadramento 473
5.14.2 Fase de construção – Riscos Tecnológicos 474
5.14.3 Fase de operação - Riscos Ambientais 477
5.14.4 Medidas 481
5.15 Benefícios da potencial redução do risco de inundação decorrente da operação dos túneis 482
5.15.1 Enquadramento 482
5.15.2 Inundações 486
5.15.3 Inundações, danos e perdas 507
5.15.4 Benefícios tangíveis 523
5.15.5 Síntese benefícios do Projeto 525
5.16 Impactes Globais dos dois Sistemas de Túneis 527
5.16.1 Túnel Monsanto- Santa Apolónia 528
5.16.2 Túnel Chelas-Beato 531
5.17 Impactes cumulativos 533
5.18 Avaliação Global 535
5.18.1 Fase de Construção 537
5.18.2 Fase de Operação 545
5.18.3 Índice e ponderação dos impactes 551

6. MONITORIZAÇÃO E GESTÃO DO AMBIENTE 553

6.1. Medidas Específicas Propostas 553
6.2. Outras Medidas ambientais, nomeadamente de caracter geral 560
6.2.1 Medidas gerais a incluir na fase de Concurso Público Internacional 561
6.2.2 Medidas gerais para a fase de Projeto de Execução 561
6.2.3 Medidas gerais para a fase de construção 562
6.2.4 Medidas gerais para a fase de operação 565
6.3. Programas de Caracterização e Monitorização 565
6.3.1 Programas de caracterização 566
6.3.2 Programas de monitorização 566

7 LACUNAS TÉCNICAS OU DE CONHECIMENTO 569

8 CONCLUSÕES 570

BIBLIOGRAFIA 577

ANEXOS

Anexo I – Síntese das Alternativas do PGDL (2016-2030)

Anexo II – Estudos e Campanhas de Caracterização realizados

AII-1 - Estudo do descritor hidrogeologia para a construção dos túneis Monsanto-Santa Apolónia e Chelas-Beato, no âmbito do Plano Geral de Drenagem de Lisboa

AII-2 - Estudo do efeito de descarga das águas pluviais dos túneis Monsanto-Santa Apolónia e Chelas-Beato na hidrodinâmica local e na dinâmica sedimentar junto ao rio Tejo

AII-3 – Património Arqueológico, Arquitetónico e Etnográfico:

a. Relatório sobre a Avaliação do Fator Património Arqueológico, Arquitetónico e Etnográfico do Estudo de Impacte Ambiental de dois túneis de drenagem de Lisboa

b. Relatório final das Sondagens Arqueológicas em Santa Apolónia

AII-4 – Fatores biológicos e Ecológicos:

a. Relatório técnico da avaliação visual e avaliação de risco do arvoredo no âmbito das intervenções na Frente Ribeirinha Santa Apolónia – Praça do Comércio

b. Parecer técnico sobre o arvoredo a afetar pela obra do túnel de drenagem no Largo do Museu de Artilharia/Avenida Infante Dom Henrique

AII-5 – Relatórios dos estudos geológico-geotécnicos efetuados pelo LNEC

Anexo III – Outros elementos

AIII-1 – Parecer da Direção Geral do Património Cultural e Ofício da Infraestruturas de Portugal

AIII-2 – Estudo dos Benefícios do Projeto – Elementos de Apoio

AIII-3 – Avaliação Global de Impactes para as Alternativas de Projeto analisadas

Anexo IV – Cartografia: Peças desenhadas

AIV-1 - TMSA

AIV-1.1 - DES_EIA_TuneisPGDL_01_TMSA2 (Alternativa selecionada)

DES_EIA_TuneisPGDL_01-1_TMSA2_PlantaGeral

DES_EIA_TuneisPGDL_01-2-1_TMSA2_Perfil-1

DES_EIA_TuneisPGDL_01-2-2_TMSA2_Perfil-2

DES_EIA_TuneisPGDL_01-2-3_TMSA2_Perfil-3

DES_EIA_TuneisPGDL_01-2-4_TMSA2_Perfil-4

DES_EIA_TuneisPGDL_01-2-5_TMSA2_Perfil-5

AIV-2 - TCB

AIV-2.1 - DES_EIA_TuneisPGDL_02_TCB4 (Alternativa selecionada)

DES_EIA_TuneisPGDL_02-1_TCB4_Planta_Perfil

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1-1 - Enquadramento da localização do projeto (proposta inicial) 3
Figura 1.2-1 - Planta geral da cidade de Lisboa (fotografado do Projeto Ressano Garcia, de 1884) 8
Figura 1.3-1 – Inundações na Baixa de Lisboa e zona baixa de Alcântara 13
Figura 1.3-2 – Inundações na zona de Xabregas 13
Figura 1.4-1 - Abordagem metodológica do EIA 16
Figura 1.4-2 – Representação das zonas à superfície com análise à escala local e na envolvente imediata 18
Figura 2.2-1- Traçado do túnel de drenagem Monsanto-Santa Apolónia, de acordo com o previsto no PGDL 2016-2030 26
Figura 2.2-2 - Traçado do túnel de drenagem Chelas-Beato, de acordo com o previsto no PGDL 2016-2030 27
Figura 2.3-1 - Planta geral da implantação do traçado dos dois túneis – traçados base 28
Figura 2.4-1 - Planta síntese de implantação das alternativas TMSA1 e TMSA2 para o TMSA 30
Figura 2.4-2 - Troço final do túnel Monsanto-Santa Apolónia para a Alternativa 1 (TMSA1) 31
Figura 2.4-3 - Solução e traçado para a Alternativa TMSA2 para o troço final em Santa Apolónia 32
Figura 2.4-4– Corte da zona terminal do túnel de Santa Apolónia com representação do muro em frente à descarga 33
Figura 2.4-5 - Planta síntese de implantação das alternativas TCB1, TCB2, TCB3 e TCB4 33
Figura 2.4-6 - Alternativas de descarga no rio para o traçado com saída na Calçada D. Gastão (Alternativa TCB2) 34
Figura 2.4-7 - Alternativas de descarga no rio para o traçado com saída em frente ao Convento do Grilo (Alternativa TCB3) 35
Figura 2.4-8 - Corte da zona terminal do túnel do Beato, com variação na geometria da descarga 36
Figura 3.1-1 - Ilha de calor noturna de Lisboa: Temperaturas normalizadas da atmosfera referentes a noites com vento Norte moderado 45
Figura 3.1-2 - Padrões térmicos em Lisboa num dia de verão 45
Figura 3.1-3 -Padrão térmico num dia de inverno com nevoeiro 46
Figura 3.1-4 - Rumos do vento em Lisboa/Portela (médias horárias, período de 1971-1980) 47
Figura 3.1-5 - Variação da precipitação ao longo da série de anos hidrológicos 2000/01-2014/15 48
Figura 3.1-6 - Evolução da precipitação média mensal em Lisboa 49
Figura 3.1-7 – Valor médio e quantidade máxima diária da precipitação segundo as normais climatológicas provisórias 1981-2010 49
Figura 3.1-8 - Resumo das principais alterações climáticas projetadas para o município de Lisboa até ao final do século 50
Figura 3.1-9 - Precipitação média anual observada no período entre 1976-2005, e projeções até ao final do século. Os dados são relativos a dois modelos climáticos e dois cenários – EMAAC 2016 51
Figura 3.2-1 - Carta Geológica do Concelho de Lisboa à escala 1: 10 000 (folhas 1, 2, 3 e a 4) com indicação dos traçados dos túneis 53
Figura 3.2-2 - Extrato da Carta Geológica do Concelho de Lisboa à escala 1: 10 000 com indicação dos traçado dos túneis .. 55
Figura 3.2-3 - Perfil geológico esquemático relativo ao traçado proposto para o TMSA 56
Figura 3.2-4 - Perfil geológico esquemático relativo ao traçado proposto para o TCB 56
Figura 3.2-5 - Altimetria da região envolvente da cidade de Lisboa, com indicação dos traçados dos dois túneis 60
Figura 3.2-6 - Carta de declives gerada a partir do Modelo Digital do Terreno (MDT), os valores da escala inserida são em graus, com indicação dos traçados dos dois túneis 61
Figura 3.2-7 - Relevo da cidade de Lisboa. Imagem do modelo digital do terreno (MDT) 62
Figura 3.2-8 - Carta de Isossistas de Intensidade Máxima (sismicidade histórica e atual) 64
Figura 3.2-9 - Carta de Isossistas de Intensidade Máximas para a cidade de Lisboa 64
Figura 3.2-10 - Zonas sísmicas de Portugal Continental e respetivos coeficientes de sismicidade 66

Figura 3.2-11 - Planta de localização dos Geomonumentos de Lisboa 69
Figura 3.2-12 - Estimativas de zonas geotécnicas intercetadas pela escavação dos túneis: Monsanto-Santa Apolónia (esq.) e Chelas-Beato (dta.) 74
Figura 3.3-1 - Unidades hidrogeológicas de Portugal Continental 75
Figura 3.3-2 - Massas de água subterrânea sob jurisdição da ARH Tejo 77
Figura 3.3-3 - Complexos hidrogeológicos presentes na cidade de Lisboa, com indicação dos traçados dos dois túneis 78
Figura 3.3-4 - Zonas de máxima infiltração, a azul, de acordo com as formações geológicas, com indicação dos traçados dos dois túneis 82
Figura 3.3-5 - Classes de permeabilidade de acordo com as formações geológicas, com indicação dos traçados dos dois túneis 83
Figura 3.3-6 - Localização de pontos de água na área metropolitana de Lisboa e ao longo dos traçados com o respetivo enquadramento geológico (Esc. 1:10 000) 87
Figura 3.3-7 – Modelo conceptual de fluxo subterrâneo para o traçado do TMSA 89
Figura 3.3-8 – Relação entre a precipitação e a profundidade do nível freático na zona da Estufa Fria 90
Figura 3.3-9 – Modelo conceptual de fluxo subterrâneo para o traçado do TCB 91
Figura 3.3-10 - Pontos de água subterrânea com análise físico-química e microbiológica no concelho de Lisboa 93
Figura 3.3-11 - Comparação do quimismo das águas subterrâneas das principais formações geológicas da cidade de Lisboa 95
Figura 3.3-12 - Projeção das amostras de água analisadas no concelho de Lisboa no diagrama de Piper 96
Figura 3.3-13 – Mapa geológico da área do Castelo de São Jorge e Alfama, com a localização histórica das nascentes termominerais de Alfama e da sondagem ML78; (C): área ampliada de (B), com as correspondentes temperaturas das exsurgências e os diagramas de Stiff, agrupados por fácies hidroquímicas. 99
Figura 3.3-14 - Modelo hidrogeológico conceptual da área de Alfama 100
Figura 3.3-15 - Mapa da Estufa Fria de Lisboa (gentilmente cedido pela Câmara Municipal de Lisboa) com localização de nascente e poço 101
Figura 3.4-1 - Planta de ocupação do solo para o concelho de Lisboa, com identificação das zonas em estudo 103
Figura 3.4-2 - Principais usos do solo na área em estudo e envolvente, em Campolide 104
Figura 3.4-3 - Ocupação do solo na área em estudo, em Campolide, ponto 1 105
Figura 3.4-4 - Envolvente da área em estudo, em Campolide, ponto 2 105
Figura 3.4-5 – Vista geral da Quinta do Zé Pinto, ponto 3 105
Figura 3.4-6 – Área de serviços, pontos 4 e 5 106
Figura 3.4-7 - Habitações na envolvente da área em estudo, em Campolide, pontos 6 e 7 106
Figura 3.4-8 – Topografia da área em estudo em Campolide 107
Figura 3.4-9 - Principais usos na área em estudo e envolvente da Av. da Liberdade e Rua de Santa Marta 108
Figura 3.4-10 - Envolvente da área em estudo na Avenida da Liberdade, ponto 1 (à esquerda) e junto ao cruzamento da Rua Alexandre Herculano com a Rua de Santa Marta, ponto 2 (à direita) 108
Figura 3.4-11 - Envolvente da área em estudo na Rua de Santa Marta, ponto 3 (à esquerda) e ponto 4 (à direita) 109
Figura 3.4-12 - Envolvente da área em estudo na Rua de Santa Marta, ponto 5 109
Figura 3.4-13 - Topografia da área em estudo no cruzamento da Rua Alexandre Herculano com a Rua de Santa Marta 110
Figura 3.4-14 - Topografia da área em estudo no cruzamento da Rua de Santa Marta com a Rua Barata Salgueiro 111
Figura 3.4-15 - Principais usos do solo na área em estudo e envolvente da Av. Almirante Reis 112
Figura 3.4-16 - Envolvente da área em estudo na Av. Almirante Reis, ponto 1 (à esquerda) e ponto 2 (à direita) 112

Figura 3.4-17 - Topografia da área em estudo na Av. Almirante Reis 113
Figura 3.4-18 - Principais usos do solo na área em estudo e envolvente em Santa Apolónia 114
Figura 3.4-19 - Vista do ponto 1 (à esquerda) e ponto 2 (à direita) na área em estudo em Santa Apolónia..... 115
Figura 3.4-20 - Envolvente da área em estudo em Santa Apolónia, vista do ponto 3 (à esquerda) e ponto 4 (à direita) 115
Figura 3.4-21 - Envolvente da área em estudo em Santa Apolónia, vista do ponto 5 (à esquerda) e ponto 6 (à direita) 115
Figura 3.4-22 - Topografia da área em estudo em Santa Apolónia 116
Figura 3.4-23 - Principais usos do solo na área em estudo, em Chelas 117
Figura 3.4-24 - Envolvente da área em estudo junto à Estrada de Chelas 118
Figura 3.4-25 - Topografia da área em estudo em Chelas 118
Figura 3.4-26 - Principais usos do solo na envolvente da área em estudo, junto ao Terminal Multiusos do Poço do Bispo, no Beato 119
Figura 3.4-27 – Vista dos pontos 4 e 5 do local de início da construção do troço em vala..... 120
Figura 3.4-28 - Envolvente da área em estudo, pontos 6 (à esquerda) e 7 (à direita)..... 120
Figura 3.4-29 - Principais usos do solo na envolvente da área em estudo, na envolvente da Calçada Dom Gastão, no Beato 121
Figura 3.4-30 - Envolvente da área em estudo junto à Calçada Dom Gastão, pontos 1 (à esquerda) e 2 (à direita)..... 121
Figura 3.4-31 - Principais usos do solo na envolvente da área em estudo, na envolvente da Rua do Grilo, no Beato..... 122
Figura 3.4-32 - Zona de início do túnel em vala, na direção do ponto 1 123
Figura 3.4-33 - Edifícios localizados na envolvente da área em estudo junto à Rua do Grilo (à esquerda) e zona de ciclovia e parque de estacionamento (à direita)..... 123
Figura 3.4-34 - Principais usos do solo na envolvente da Doca do Poço do Bispo, no Beato 124
Figura 3.4-35 - Envolvente da área em estudo, pontos 8 (à esquerda) e 9 (à direita)..... 124
Figura 3.5-1 - Bacias hidrográficas no concelho de Lisboa 125
Figura 3.5-2 - Grandes bacias e bacias integradas na rede de drenagem de Lisboa 126
Figura 3.5-3 - Sistema de Alcântara: zona alta e baixa e principais frentes de drenagem da zona base..... 128
Figura 3.5-4 - Sistema de Chelas: principais bacias de drenagem (M2, N e O) e sub-bacias 129
Figura 3.5-5 - Tendência evolutiva das inundações/ano na cidade de Lisboa, entre 1918/19 e 1997/98..... 130
Figura 3.5-6 - Total de inundações nos locais de maior perigosidade da cidade de Lisboa: entre 1918/19 e 1997/98..... 131
Figura 3.5-7 - Tendência evolutiva da precipitação anual e do total de inundações por ano em Lisboa – Instituto Geofísico, entre 1918/19 e 1997/98 132
Figura 3.5-8 - Nº de inundações por década em cada local inundado na cidade de Lisboa: 134
Figura 3.5-9 - Inundações em Lisboa, em 22/09/2014 138
Figura 3.5-10 – Inundações em Lisboa, em 13/10/2014 139
Figura 3.5-11 - Ocorrências de inundações registadas a 22/09 e 13/10 de 2014 em Lisboa..... 140
Figura 3.5-12 - Rede de drenagem do concelho de Lisboa..... 141
Figura 3.5-13 - Rede de coletores de Lisboa por classe de idade 143
Figura 3.5-14 – Sistema de drenagem e capacidade de drenagem do sistema..... 144
Figura 3.5-15 Inundações em 18 de Fevereiro de 2008 145
Figura 3.5-16 - Inundações em 30 de Outubro de 2010..... 145
Figura 3.5-17 - Inundações em 22 de Setembro de 2014..... 146
Figura 3.5-18 - Inundações em 13 de Setembro de 2014..... 146
Figura 3.5-19 - Frequência de alguns eventos recentes 147

Figura 3.5-20 – Profundidades relativas ao Datum 2 m abaixo do nível do mar em Cascais 148
Figura 3.5-21 - Salinidade média anual no estuário do rio Tejo 153
Figura 3.5-22 - Amostras de sedimentos em vários pontos do estuário 154
Figura 3.6-1 –Estações de monitorização da rede de qualidade do ar 156
Figura 3.6-2 - Qualidade do ar na Área Metropolitana de Lisboa Norte 157
Figura 3.6-3 - Zona de emissões Reduzidas de Lisboa 162
Figura 3.6-4 - Pormenor da Zona 1 da Zona de Emissões Reduzidas de Lisboa 162
Figura 3.7-1 - Mapa de ruído global para o indicador Lden (Diurno-Entardecer-Noturno) 163
Figura 3.7-2 - Mapa de ruído global para o indicador Ln (Noturno) 164
Figura 3.7-3 - Identificação da área em estudo na zona de Campolide 165
Figura 3.7-4 - Extrato do Mapa de ruído global para o indicador Lden (Diurno-Entardecer-Noturno) para Campolide - Situação Atual 166
Figura 3.7-5 - Extrato do Mapa de ruído global para o indicador Ln (Noturno) para Campolide - Situação Atual 166
Figura 3.7-6 - Identificação da área em estudo junto ao cruzamento da Rua de Santa Marta com a Rua Alexandre Herculano 167
Figura 3.7-7 - Extrato do Mapa de ruído global para o indicador Lden (Diurno-Entardecer-Noturno) para Santa Marta Com Alexandre Herculano - Situação Atual 167
Figura 3.7-8 - Extrato do Mapa de ruído global para o indicador Ln (Noturno) para Santa Marca com Alexandre Herculano - Situação Atual 168
Figura 3.7-9 - Identificação da área em estudo na Avenida da Liberdade 168
Figura 3.7-10 - Extrato do Mapa de ruído global para o indicador Lden (Diurno-Entardecer-Noturno) para Avenida da Liberdade - Situação Atual 169
Figura 3.7-11 - Extrato do Mapa de ruído global para o indicador Ln (Noturno) para a Avenida da Liberdade - Situação Atual 169
Figura 3.7-12 - Identificação da área em estudo junto ao cruzamento da Rua de Santa Marta com a Rua Barata Salgueiro 170
Figura 3.7-13 - Extrato do Mapa de ruído global para o indicador Lden (Diurno-Entardecer-Noturno) para Santa Marta com Rua Barata Salgueiro - Situação Atual 170
Figura 3.7-14 - Extrato do Mapa de ruído global para o indicador Ln (Noturno) para Santa Marca com Rua Barata Salgueiro - Situação Atual 171
Figura 3.7-15 - Identificação da área em estudo na Avenida Almirante Reis 171
Figura 3.7-16 - Extrato do Mapa de ruído global para o indicador Lden (Diurno-Entardecer-Noturno) para a Almirante Reis - Situação Atual 172
Figura 3.7-17 - Extrato do Mapa de ruído global para o indicador Ln (Noturno) para a Almirante Reis - Situação Atual 172
Figura 3.7-18 - Identificação da área em estudo em Santa Apolónia 173
Figura 3.7-19 - Extrato do Mapa de ruído global para o indicador Lden (Diurno-Entardecer-Noturno) para Santa Apolónia - Situação Atual 173
Figura 3.7-20 - Extrato do Mapa de ruído global para o indicador Ln (Noturno) para Santa Apolónia - Situação Atual 174
Figura 3.7-21 - Identificação da área em estudo em Chelas 174
Figura 3.7-22 - Extrato do Mapa de ruído global para o indicador Lden (Diurno-Entardecer-Noturno) para Chelas - Situação Atual 175
Figura 3.7-23 - Extrato do Mapa de ruído global para o indicador Ln (Noturno) para Chelas - Situação Atual 175
Figura 3.7-24 - Identificação da área em estudo no Beato 176

Figura 3.7-25 - Extrato do Mapa de ruído global para o indicador Lden (Diurno-Entardecer-Noturno) para o Beato - Situação Atual 176
Figura 3.7-26 - Extrato do Mapa de ruído global para o indicador Ln (Noturno) para Campolide - Situação Atual 177
Figura 3.7-27 – Recetores sensíveis identificados na envolvente da área em estudo em Campolide 178
Figura 3.7-28 – Recetores sensíveis na zona da Avenida da Liberdade (edifícios de habitação e serviços) 179
Figura 3.7-29 – Recetores sensíveis no cruzamento da Rua de Santa Marta com a Rua Barata Salgueiro 179
Figura 3.7-30 – Hospital de Santa Marta e Universidade Autónoma de Lisboa, recetores sensíveis na Rua de Santa Marta 179
Figura 3.7-31 – Recetores sensíveis na Avenida Almirante Reis 180
Figura 3.7-32 – Recetores sensíveis em Santa Apolónia (habitação e restauração) 180
Figura 3.7-33 – Recetores sensíveis em Santa Apolónia (serviços – creche, esquadra da polícia e museu) 180
Figura 3.7-34 - Recetores sensíveis na envolvente da área em estudo, em chelas junto à Rua Amigos de Lisboa (à direita) 181
Figura 3.7-35 - Recetores sensíveis na envolvente da área em estudo, no Beato, junto à Rua Amigos de Lisboa (à esquerda, Alternativa TCB1 e TCB4) e junto à Calçada Dom Gastão (à direita, Alternativa TCB2) 181
Figura 3.7-36 - Recetores sensíveis na envolvente da área em estudo, no Beato, junto à Rua do Grilo (Alternativa TCB3) . 181
Figura 3.8-1 - Zonagem fitogeográfica segundo Amaral Franco 183
Figura 3.8-2 - Zonagem fitogeográfica segundo Costa et al (1999) 184
Figura 3.8-3 - Zonagem Ecológica de Portugal segundo Albuquerque (1982) 184
Figura 3.8-4 - Vegetação potencial em Lisboa 185
Figura 3.8-5 - Enquadramento regional da área em estudo face às áreas de conservação da natureza na envolvente 186
Figura 3.8-6 - Exemplar 360341071001 - *Jacaranda mimosifolia* (à esquerda) com pormenor do fuste na zona de madeira morta com cavidade interna (à direita) 189
Figura 3.8-7 - Exemplar 360341071002 - *Celtis australis* (à esquerda) com pormenor da cavidade na zona do colo (à direita) 189
Figura 3.8-8 - Exemplares 360341070006, 360341070007 e 360341070008 no Largo do Museu de Artilharia 190
Figura 3.8-9 - Exemplar 360341070008 – *Ficus elastica*, pernada doente (à esquerda) com pormenor da pernada doente com fendilhamento da casca na base (à direita) 190
Figura 3.9-1 - Carta hipsométrica do concelho de Lisboa 191
Figura 3.9-2 - Morfologia do concelho de Lisboa 192
Figura 3.9-3 – Carta de exposição de encostas do concelho de Lisboa 193
Figura 3.9-4 – Unidades e subunidades de paisagem da Área Metropolitana de Lisboa - Norte 194
Figura 3.9-5 – Unidades Territoriais, PROT-AML 195
Figura 3.9-6 – Vista da área em estudo na Zona 1 (Campolide) para a zona de Monsanto 204
Figura 3.9-7 – Vista da área em estudo na Zona 1 (Campolide) para a área de tecido urbano na envolvente 204
Figura 3.9-8 - Vista da Avenida da Liberdade, como eixo condutor até à zona da Baixa da cidade de Lisboa 205
Figura 3.9-9 - Vista completamente urbanizada na envolvente da Avenida Almirante Reis 205
Figura 3.9-10 - Interface urbana, portuária e influência de rio característica da Zona 4, em Santa Apolónia 206
Figura 3.9-11 – Vista da Zona 5 (Chelas) com evidência para a coexistência de zonas naturais e humanizadas 206
Figura 3.9-12 – Interface entre a zona urbana e portuária com influência de rio característica da Zona 6, no Beato 207
Figura 3.10-1 - Classificação das áreas de nível arqueológico na cidade de Lisboa com representação da área em estudo . 213
Figura 3.10-2 - Localização dos traçados sobre extrato da Carta Militar de Portugal, Folha 431 214
Figura 3.10-3 - Localização dos traçados em ortofotomapa. 215
Figura 3.10-4 - Níveis de intervenção arqueológica nos traçados, sobre ortofoto 217

Figura 3.10-5 - Avenida da Liberdade 218
Figura 3.10-6 - Localização dos traçados e Ocorrências sobre extrato da Carta Militar de Portugal, folha 431 220
Figura 3.10-7 - Localização dos traçados e Ocorrências sobre ortofoto 221
Figura 3.10-8 - Baldio junto ao traçado do TCB4. Condições de visibilidade nula 222
Figura 3.10-9 - Ortofoto de implantação da intervenção na cidade de Lisboa: CMP 431 223
Figura 3.10-10 - Localização da estrutura fernandina (a azul) na sondagem 1 224
Figura 3.10-11 - Vista do paramento nordeste da torre (à esquerda) e vista da torre a partir do edifício do beco do belo (noroeste) (à direita) 225
Figura 3.10-12 - Sobreposição da sondagem 1 com a planta de Filipe Folque de 1868-58 225
Figura 3.10-13 - Planta de Tinoco de 1650 (torre assinalada com quadrado vermelho) (à esquerda) e planta de Pope e Menezes com torre desenhada (ao centro) e a porta da ribeira associada a este (à direita) 225
Figura 3.10-14 - Localização da estrutura em análise - círculo vermelho. limite das sondagens a negro e da estrutura Fernandina a azul 226
Figura 3.10-15 - Vista de [184] a partir de norte, com contraforte da torre em primeiro plano (à esquerda) e vista de [184] a partir de sul, à direita o paramento da torre fernandina com revestimento cerâmico na base (ladrilho) (à direita) 227
Figura 3.10-16- Localização da estrutura em análise [180b] - círculo vermelho. limite das sondagens a negro e da estrutura fernandina a azul 227
Figura 3.10-17 – Vista de [184B] a partir de Este 228
Figura 3.10-18 - Cunhal [205] no momento da descoberta 228
Figura 3.10-19 – Estrutura [210] 229
Figura 3.10-20 - Sobreposição da sondagem com a planta de Filipe Folque de 1868-58 (à esquerda) e sobreposição com a planta de calçadas e canalizações de 1871 onde também se observa o canto identificado como [205] 229
Figura 3.10-21 - Vista de [307] a partir de Sul (à esquerda) e visto de Este, notando-se o roubo da silharia da fachada externa e topo 230
Figura 3.10-22 - alçado de [407] já parcialmente submerso, onde se observa a silharia da face sul da estrutura 230
Figura 3.10-23 - Sobreposição da sondagem 3 com a planta de Filipe Folque de 1856-58 (à esquerda) e sobreposição com a planta de calçadas e canalizações de 1871 . área da estrutura portuária [407] a preto (à direita) 231
Figura 3.10-24 - á esquerda, sondagem 4, corte sul onde se observa a escassa potência dos estratos contemporâneos quando comparados com as sondagens 2 e 3 à direita, vista do piso [407] e dos buracos de poste nele abertos 231
Figura 3.10-25 - Elementos da Cerca Fernandina identificados em Santa Apolónia 232
Figura 3.11-1 – Identificação das zonas críticas na RH5 236
Figura 3.11-2 – Áreas objeto de servidões e restrições de utilidade pública ao uso dos solos no Concelho de Lisboa 238
Figura 3.12-1- Grupos etários na população residente em Lisboa 242
Figura 3.12-2 - Distribuição da densidade populacional por freguesias, no concelho de Lisboa 245
Figura 3.12-3 - Identificação e localização das secções e subsecções consideradas na zona de Campolide (Censos 2011) .. 246
Figura 3.12-4 - Identificação e localização das secções e subsecções consideradas na zona da Avenida da Liberdade e Santa Marta (Censos 2011) 247
Figura 3.12-5 - Identificação e localização das secções e subsecções consideradas na zona da Avenida Almirante Reis (Censos 2011) 248
Figura 3.12-6 - Identificação e localização das secções e subsecções consideradas na zona de Santa Apolónia (Censos 2011) 249

Figura 3.12-7 - Identificação e localização das secções e subsecções consideradas na zona de Chelas (Censos 2011) 251
Figura 3.12-8 - Identificação e localização das secções e subsecções consideradas no Beato, na zona da Rua Amigos de Lisboa (Censos 2011) 252
Figura 3.12-9 - Identificação e localização das secções e subsecções consideradas no Beato, na zona da Calçada Dom Gastão (Censos 2011) 253
Figura 3.12-10 - Identificação e localização das secções e subsecções consideradas no Beato, na zona da Rua do Grilo (Censos 2011) 254
Figura 3.12-11 - Distribuição da densidade do nº de estabelecimentos na cidade de Lisboa, em 2009 258
Figura 3.12-12 - Evolução do número de estabelecimentos hoteleiros em Lisboa, em 1998 e 2006 258
Figura 3.12-13 - Evolução do número de dormidas em estabelecimentos hoteleiros em Lisboa, 1996-2008 259
Figura 3.12-14 - Extrato da Planta de Ordenamento - Acessibilidades e Transportes do PDM de Lisboa 262
Figura 3.12-15 - Vias rodoviárias na envolvente da área em estudo, em Campolide 263
Figura 3.12-16 - Vias rodoviárias na envolvente da área em estudo em Santa Marta 264
Figura 3.12-17 - Vias rodoviárias na envolvente da área em estudo em Santa Marta 265
Figura 3.12-18 - Vias rodoviárias na envolvente da área em estudo na Av. Almirante Reis 266
Figura 3.12-19 - Vias rodoviárias na envolvente da área em estudo em Santa Apolónia 267
Figura 3.12-20 - Vias rodoviárias na envolvente da área em estudo na Zona 5, em Chelas 268
Figura 3.12-21 - Vias rodoviárias na envolvente da área em estudo na Zona 6a, no Beato, para as Alternativas TCB1 e TCB4 269
Figura 3.12-22 - Vias rodoviárias na envolvente da área em estudo na Zona 6b, no Beato, para a Alternativa TCB2 270
Figura 3.12-23 - Vias rodoviárias na envolvente da área em estudo na Zona 6c, no Beato, para a Alternativa TCB3 271
Figura 3.13-1 – Evolução da quantidade total de resíduos recolhidos (1989 a 2014) 273
Figura 3.13-2 - Evolução dos resíduos recolhidos seletivamente (2000 a 2014) 274
Figura 3.13-3 – Composição física dos resíduos indiferenciados na área de intervenção da Valorsul (2014) 275
Figura 3.13-4 - Distribuição dos ecopontos e vidrões na cidade de Lisboa 276
Figura 3.13-5 - Áreas Residenciais com recolha seletiva porta-a-porta e áreas com eco ilhas 277
Figura 3.14-1 - Cenários de subida do nível médio das águas do mar (em m), adotados no AR5 do IPCC 2014 280
Figura 3.14-2 – Diferença (em º) entre o rumo médio das ondas nos cenários climáticos futuro (2070-2099) e de referência (1961-1990) 281
Figura 3.14-3 - Carta de vulnerabilidade às inundações na cidade de Lisboa 283
Figura 3.14-4 - Número de estabelecimentos comerciais por eixo de via em 2010, sobreposto às áreas com vulnerabilidade às inundações, classes moderada, elevada e muito elevada. 284
Figura 3.14-5 - Número de instalações hoteleiras por eixo de via, sobreposto às áreas com vulnerabilidade às inundações, classes moderada, elevada e muito elevada. 285
Figura 3.14-6 - Localização do património classificado, sobreposta às áreas com vulnerabilidade às inundações, classes moderada, elevada e muito elevada. 286
Figura 3.14-7 – Área de suscetibilidade direta ao efeito de maré na cidade de Lisboa 288
Figura 3.14-8 - Vulnerabilidade sísmica dos solos da cidade de Lisboa 289
Figura 3.14-9 - Áreas de Vulnerabilidade ao risco sísmico, no município de Lisboa 290
Figura 4.1-1- Traçado geral do túnel de drenagem Monsanto-Santa Apolónia 298
Figura 4.1-2 - TMSA - Secção do túnel com caleira inferior 300
Figura 4.1-3- TMSA - Local de saída da tuneladora: Beco do Belo 300
Figura 4.1-4 - Localização da obra de desvio do Caneiro de Alcântara 301

Figura 4.1-5 - Representação esquemática, em planta e corte, da obra de desvio do Caneiro 302
Figura 4.1-6 - Representação esquemática da interceção dos caudais dos coletores da Av. Liberdade, Rua Alexandre Herculano e Rua de Santa Marta 303
Figura 4.1-7 - Localização da câmara de desvio de caudal em Santa Marta 304
Figura 4.1-8 - Localização e implantação da câmara de vórtice de Santa Marta 304
Figura 4.1-9 - Localização da câmara de desvio de caudal e da câmara de vórtice na Av. Almirante Reis 305
Figura 4.1-10 – Planta de implantação do traçado do TMSA, para a Alternativa TMSA1 307
Figura 4.1-11 – Planta de implantação do traçado do TMSA, para a Alternativa TMSA2 308
Figura 4.1-12 - Perfil do traçado da Alternativa TMSA2, entre Campolide e Santa Marta 308
Figura 4.1-13 - Perfil do traçado da Alternativa TMSA2, entre Santa Marta e Santa Apolónia 309
Figura 4.1-14 - Representação esquemática, em planta e perfil, do alargamento da secção final para a Alternativa TMSA2 309
Figura 4.1-15 - Representação esquemática, em planta e corte, da obra de entrada 311
Figura 4.1-16 - Localização da câmara de desvio de caudal da Broma 312
Figura 4.1-17 – Localização da câmara de desvio de caudal do Quartel 312
Figura 4.1-18 – Localização da câmara de desvio de caudal da Picheleira. 313
Figura 4.1-19 – Localização da câmara de desvio de caudal da Rua Amigos de Lisboa. 314
Figura 4.1-20 – Planta de implantação do traçado para a Alternativa TCB1 315
Figura 4.1-21 - Planta de implantação da obra de saída do túnel e descarga no rio em terreno da APL, para a Alternativa TCB1 316
Figura 4.1-22 – Planta e perfil longitudinal da obra de saída do túnel e obra de descarga no Rio, para Alternativa TCB1 317
Figura 4.1-23 – Planta de implantação do traçado para a Alternativa TCB2 317
Figura 4.1-24 – Planta de implantação do traçado para a Alternativa TCB3 318
Figura 4.1-25 – Planta de implantação do traçado para a Alternativa TCB4 319
Figura 4.1-26 - Perfil do traçado da Alternativa TCB4 319
Figura 4.1-27 – Planta de implantação da obra de saída do túnel e descarga no rio em terreno da APL 320
Figura 4.1-28 – Planta e perfil longitudinal da obra de saída do túnel e obra de descarga no Rio 321
Figura 4.2-1 - Aduelas para construção do túnel (no caso de se optar por tuneladora) 322
Figura 4.2-2 - Acesso a reabilitar para a frente de obra em Campolide 325
Figura 4.2-3 - Localização da área de estaleiro para o desvio dos Caneiros e troço em vala e edificado a expropriar, na Zona 5, em Chelas 326
Figura 5.1-1 - Vegetação existente na Zona 1, em Campolide (à esquerda) e implantação das infraestruturas previstas para o local (à direita) 333
Figura 5.1-2 - Áreas de vegetação densa na zona de intervenção em Chelas 334
Figura 5.2-1 - Identificação esquemática da localização do estaleiro principal, na Zona 1, em Campolide 337
Figura 5.2-2- Localização do Geomonumento da Rua Capitão Leitão e implantação do traçado ajustado para o túnel Chelas- Beato (Alternativa TCB4) 338
Figura 5.2-3 - Representação do traçado das Alternativas TCB1 (a vermelho) e TCB4 relativamente à localização do Geomonumento da Rua Capitão Leitão 339
Figura 5.3-1 – Localização da passagem do TMSA e distância ao poço existente no interior da Estufa Fria 341
Figura 5.4-1 - Localização da área potencial de estaleiro para o desvio dos Caneiros e execução do troço em vala e edificado a expropriar 345

Figura 5.4-2 - Edifícios a expropriar/deslocar 345
Figura 5.5-1 – Perfil do TMSA para T=100 anos, MPMAV=1.95 m 351
Figura 5.5-2 - Perfil do TMSA para T=100 anos (intensidade + 5%) , MPMAV=2.65 m e aumento das áreas permeáveis 351
Figura 5.5-3 - Modelação dinâmica das bacias da Av. Liberdade e Almirante Reis com o TMSA para T=100 anos considerando agravamento devido às alterações climáticas (MPMAV=2.65m) 352
Figura 5.5-4 - Perfil do túnel Chelas-Beato para T=100 anos (intensidade + 5%), MPMAV = 1.95 m 353
Figura 5.5-5 - Perfil do túnel Chelas-Beato para T=100 anos (intensidade + 5%), MPMAV=2.65 m e aumento das áreas permeáveis 354
Figura 5.5-6 – Domínio modelação implementado para a geração da maré na Península Ibérica (6 km de resolução) e região centro/sul de Portugal para propagação da maré (1 km de resolução) 355
Figura 5.5-7 – Domínio do Estuário do Tejo (200 m de resolução) 356
Figura 5.5-8 – Domínio local que inclui duas malhas de cálculo que permitem simular o campo afastado de cada pluma (25 m de resolução) e duas malhas de cálculo com uma resolução de 5 m que permitem simular o campo próximo 356
Figura 5.5-9 – Domínio local que inclui duas malhas de cálculo que permitem simular o campo afastado (25 m de resolução) e o campo próximo (resolução de 5 m). Esta última malha é focada na localização alternativa estudada correspondente à localização da Alternativa TCB4 do projeto, cerca de 200 m a norte, na zona do Beato 357
Figura 5.5-10 – Zona terminal do túnel de Santa Apolónia sobreposta à malha de cálculo do campo próximo 357
Figura 5.5-11 - Corte da zona terminal do túnel de Santa Apolónia com representação do muro 358
Figura 5.5-12 - Zona terminal do túnel do Beato sobreposta à malha de cálculo do campo próximo 358
Figura 5.5-13 - Corte da zona terminal do túnel do Beato, com representação das duas soluções de descarga 358
Figura 5.5-14 - Zona terminal do túnel do Beato, para a Alternativa TCb4, sobreposta à malha de cálculo do campo próximo. A cor representa a profundidade no referencial hidrográfico 359
Figura 5.5-15 – Corte da zona terminal do túnel do Beato para a Alternativa TCB4 359
Figura 5.5-16 - Estrutura 3D (salinidade e velocidades) da pluma de Santa Apolónia para um cenário de caudal de cheia frequente para uma situação de maré-viva. Descarga sem muro. Os resultados são para um instante em que o caudal máximo é atingido: lado esquerdo – corte na direção normal ao cais, lado direito – campo superficial. 360
Figura 5.5-17 – Estrutura 3D (salinidade e velocidades) da pluma de Santa Apolónia para um cenário de caudal de cheia frequente para uma situação de maré-viva. Descarga com muro. Os resultados são para um instante em que o caudal máximo é atingido: lado esquerdo – corte na direção normal ao cais, lado direito – corte paralelo ao cais 361
Figura 5.5-18 – Estrutura 3D (salinidade e velocidades) da pluma do Beato para um cenário de caudal de cheia frequente para uma situação de maré-viva. Descarga superficial. Os resultados são para um instante em que o caudal máximo é atingido: painel esquerdo – corte na direção normal ao cais, painel direito - campo superficial. 361
Figura 5.5-19 – Estrutura 3D (salinidade e velocidades) da pluma do Beato para um cenário de caudal de cheia frequente para uma situação de maré-viva. Descarga em profundidade. Os resultados são para um instante em que o caudal máximo é atingido: painel esquerdo – corte na direção normal ao cais, painel direito - campo superficial. 362
Figura 5.5-20 – Estrutura 3D (salinidade e velocidades) da pluma do Beato (localização alternativa – Alternativa TCB4) para um cenário de caudal de cheia frequente para uma situação de maré-viva. Descarga em profundidade. Os resultados são para um instante em que o caudal máximo é atingido: painel esquerdo – corte na direção normal ao cais, painel direito - campo superficial. 362
Figura 5.5-21 – Campo de velocidades superficial para Santa Apolónia (vetores a cada 5 m). À esquerda: sem muro para

uma situação de caudal de cheia frequente, instante de caudal pluvial máximo, maré viva/baixa-mar; À direita: sem descarga (situação de referência), maré viva/meio da vazante 363
Figura 5.5-22- Campo de velocidades superficial para Santa Apolónia (vetores a cada 5 m), com muro para uma situação de caudal de cheia frequente, instante de caudal pluvial máximo. À esquerda: maré viva/baixa-mar; À direita: maré morta/preia- mar. 364
Figura 5.5-23 - Campo de velocidades superficial para Santa Apolónia (vetores a cada 5 m), sem muro (à esquerda) e com muro (à direita), para uma situação de caudal de cheia com um período de retorno de 100 anos, instante de caudal pluvial máximo, maré viva/baixa-mar. 364
Figura 5.5-24 - Campo de velocidades superficial para Santa Apolónia (vetores a cada 5 m) com muro para uma situação de caudal de cheia com um período de retorno de 100 anos, instante de caudal pluvial máximo, maré morta/preia-mar. 365
Figura 5.5-25 - Campo de velocidades superficial para o Beato (vetores a cada 5 m) com descarga à superfície (à esquerda) e em profundidade (à direita), para uma situação de caudal de cheia frequente, instante de caudal pluvial máximo, maré viva/baixa-mar. 365
Figura 5.5-26 - Campo de velocidades superficial para o Beato (vetores a cada 5 m) descarga em profundidade para uma situação de caudal de cheia frequente, instante de caudal pluvial máximo, maré morta/preia-mar. 366
Figura 5.5-27 - Campo de velocidades superficial para o Beato (vetores a cada 5 m), Alternativa TCB4. Descarga em profundidade para uma situação de caudal de cheia frequente, instante de caudal pluvial máximo, maré viva/preia-mar (à esquerda) e maré morta/preia-mar (à direita) 366
Figura 5.5-28 - Campo de velocidades superficial para o Beato (vetores a cada 5 m) com descarga à superfície (à esquerda) e descarga em profundidade (à direita), para uma situação de caudal de cheia com período de retorno de 100 anos, instante de caudal pluvial máximo, maré viva/baixa-mar. 367
Figura 5.5-29 - Campo de velocidades superficial para o Beato (vetores a cada 5 m) descarga em profundidade para uma situação de caudal de cheia com período de retorno de 100 anos, instante de caudal pluvial máximo, maré morta/preia-mar.
..... 367
Figura 5.5-30 - Campo de velocidades superficial para o Beato (vetores a cada 5 m), Alternativa TCB4, descarga em profundidade para uma situação de caudal de cheia com período de retorno de 100 anos, instante de caudal pluvial máximo, maré viva/baixa-mar (à esquerda) e maré morta/preia-mar (à direita) 368
Figura 5.5-31 – Santa Apolónia, variação batimétrica relativa para um cenário de caudal de cheia com período de retorno de 100 anos, maré viva e descarga com muro 369
Figura 5.5-32 - Beato, variação batimétrica relativa para um cenário de caudal de cheia com período de retorno de 100 anos, maré viva e descarga em profundidade 370
Figura 5.5-33 - Beato, variação batimétrica relativa para um cenário de caudal de cheia com período de retorno de 100 anos, maré viva e descarga em profundidade – Alternativa TCB4 370
Figura 5.5-34 - Beato, variação batimétrica relativa para um cenário de caudal de cheia com período de retorno de 100 anos, maré viva e descarga à superfície 371
Figura 5.5-35 – Santa Apolónia, variação batimétrica relativa para um cenário de caudal de cheia com período de retorno de 100 anos, maré viva e descarga sem muro 371
Figura 5.5-36 – Diluição mínima à superfície para a pluma de Santa Apolónia para uma cheia frequente com muro em maré viva em baixa-mar (à esquerda) e em maré morta em preia-mar (à direita). 373
Figura 5.5-37 – Diluição mínima à superfície para a pluma de Santa Apolónia para uma cheia frequente sem muro em maré

viva em baixa-mar 373
Figura 5.5-38 – Diluição mínima à superfície para a pluma do Beato (localização referente à Alternativa TCB1) para uma cheia frequente, descarga em profundidade (à esquerda) e à superfície (à direita), em maré viva e baixa-mar 374
Figura 5.5-39 – Diluição mínima à superfície para a pluma do Beato (localização referente à Alternativa TCB1) para uma cheia frequente, descarga em profundidade em maré morta em preia-mar 374
Figura 5.5-40 – Diluição mínima à superfície para a pluma do Beato (localização referente à Alternativa TCB4) para uma cheia frequente, descarga em profundidade em maré viva em baixa-mar (à esquerda) e maré morta em preia-mar (à direita).. 375 Figura 5.5-41 – Tempo durante o qual a diluição à superfície é inferior 10 para Santa Apolónia para uma descarga com muro em maré viva em baixa-mar (à esquerda) e em maré morta em preia-mar (à direita) 376
Figura 5.5-42 - Tempo durante o qual a diluição à superfície é inferior a 10 para Santa Apolónia para uma cheia frequente sem muro em maré viva em baixa-mar. 376
Figura 5.5-43 – Tempo durante o qual a diluição à superfície é inferior 10 para o Beato para uma cheia frequente com descarga à superfície (à esquerda) e em profundidade (à direita) em maré viva em baixa-mar 377
Figura 5.5-44 – Tempo durante o qual a diluição à superfície é inferior 10 para o Beato para uma cheia frequente com descarga em profundidade em maré morta em preia-mar 378
Figura 5.5-45 – Tempo durante o qual a diluição à superfície é inferior 10 para a localização da Alternativa TCB4, no Beato, para uma cheia frequente com descarga em profundidade em maré viva em baixa-mar (à esquerda) e maré morta em preia- mar (à direita) 378
Figura 5.6-1 - Localização das habitações e área de serviços mais próxima em relação à zona de intervenção em Campolide 382
Figura 5.6-2 – Intervenções a realizar na Avenida da Liberdade e Rua de Santa Marta 383
Figura 5.6-3 – Espaços de restauração com explanada exterior afetados na envolvente imediata na Rua de Santa Marta . 384 Figura 5.6-4 – Localização das intervenções na zona da Avenida Almirante Reis 385
Figura 5.6-5 - Locais afetados na envolvente imediata das intervenções na Avenida Almirante Reis 386
Figura 5.6-6 – Intervenções a efetuar em Santa Apolónia 387
Figura 5.6-7 - Locais afetados na envolvente do troço em vala a realizar em Santa Apolónia 388
Figura 5.6-8 - Localização das habitações mais próximas em relação à localização das intervenções em Chelas 389
Figura 5.6-9 – Localização das intervenções previstas para o traçado da Alternativa TCB1, no Beato 390
Figura 5.6-10 – Localização das intervenções previstas para o traçado da Alternativa TCB2, no Beato 391
Figura 5.6-11 – Localização das intervenções previstas para o traçado da Alternativa TCB3, no Beato 391
Figura 5.6-12 – Localização das intervenções previstas para o traçado da Alternativa TCB4, no Beato 392
Figura 5.8-1 - Zona envolvente com vegetação, em Campolide 399
Figura 5.8-2 - Vegetação existente na área a intervir, em Chelas 400
Figura 5.8-3 - Localização das árvores existentes na planta de projeto, junto ao Largo do Museu de Artilharia 400
Figura 5.8-4 - Localização das árvores existentes na planta de projeto, junto à Doca do Cais de Pedra (Av. Infante Dom Henrique) 401
Figura 5.8-5 – Exemplo de maquinaria tipo Tree Spade para transplante de árvores 403
Figura 5.10-1 - TMSA2. Ocorrências patrimoniais identificadas no decurso da pesquisa documental sobre Planta de Projeto 409
Figura 5.10-2 - TCB4. Ocorrências patrimoniais identificadas no decurso da pesquisa documental sobre Planta de Projeto410
Figura 5.10-3 - Localização do património classificado sobreposta às áreas com vulnerabilidade às inundações, com indicação das zonas de potencial redução de afetação sobre o património classificado 412

Figura 5.10-4 – Mapa de implantação da intervenção na cidade de Lisboa: CMP 431 413
Figura 5.10-5 - Detalhe das intervenções para o traçado base (Alternativa TMSA1) e potencial localização da Cerca Fernandina 414
Figura 5.10-6 - Escavações arqueológicas no Beco do Belo onde foram expostas as fundações de um torreão da Cerca Fernandina (em primeiro plano, à esquerda e ao fundo protegido com manta plástica, à direita) 414
Figura 5.10-7 - Elementos da Cerca Fernandina identificados nas sondagens arqueológicas 415
Figura 5.10-8 - Esquema de deslocação do túnel para evitar o torreão da Cerca Fernandina, Alternativa TMSA2 416
Figura 5.10-9 - Corte representativo da passagem do túnel no Beco do Belo, identificando a posição relativa do edifício e do torreão da Cerca Fernandina 417
Figura 5.10-10 - Perfil longitudinal do túnel no Beco do Belo, identificando a posição relativa do edifício e do torreão da Cerca Fernandina 417
Figura 5.10-11 - Traçado inicial proposto (Alternativa TMSA1) em Santa Apolónia (à esquerda), com identificação da localização da Cerca Fernandina (à direita) 418
Figura 5.10-12 - Corte NW do novo traçado proposto para Santa Apolónia 418
Figura 5.10-13 - Zona Geral de Proteção para a Igreja e antigo Convento do Grilo, com representação esquemática da passagem do túnel Chelas-Beato para a Alternativa TCB3 419
Figura 5.12-1 - Localização das habitações e área de serviços mais próximas em relação à zona de intervenção em Campolide 431
Figura 5.12-2 – Subsecções na envolvente das intervenções à superfície e respetiva população residente 432
Figura 5.12-3 – Intervenções a realizar na Avenida da Liberdade e Rua de Santa Marta 433
Figura 5.12-4 - Subsecções na envolvente das intervenções à superfície e respetiva população residente 434
Figura 5.12-5 – Espaços de restauração com explanada exterior afetados na envolvente imediata na Rua de Santa Marta 435 Figura 5.12-6 - Edifícios com atividades no exterior perturbadas pelas intervenções no cruzamento da Rua de Santa Marta com a Rua Barata Salgueiro 435
Figura 5.12-7 - Espaço de restauração com atividades no exterior, na Rua Alexandre Herculano 436
Figura 5.12-8 – Localização das potenciais vias com perturbação junto à Avenida da Liberdade e Rua de Santa Marta 437
Figura 5.12-9- Localização das intervenções previstas e potenciais vias com perturbação junto à Avenida Almirante Reis . 437 Figura 5.12-10 - Locais afetados na envolvente imediata do cruzamento da Avenida Almirante Reis com a Travessa do Maldonado 439
Figura 5.12-11 - Locais com perturbações decorrentes de aumento de níveis de ruído e afetação da qualidade do ar 440
Figura 5.12-12 - Subsecções na envolvente das intervenções à superfície e respetiva população residente 440
Figura 5.12-13 - Localização das intervenções à superfície previstas em Santa Apolónia e potenciais vias com perturbação na envolvente imediata 441
Figura 5.12-14 - Locais afetados na envolvente do troço em vala a realizar em Santa Apolónia 442
Figura 5.12-15 - Espaços exteriores afetados pelas intervenções em Santa Apolónia 442
Figura 5.12-16 - Subsecções na envolvente das intervenções à superfície e respetiva população residente 443
Figura 5.12-17 - Edificado com necessidade de recalce das fundações 443
Figura 5.12-18 - Localização das habitações mais próximas em relação à zona de intervenção em Chelas 444
Figura 5.12-19 - Subsecções na envolvente das intervenções à superfície e respetiva população residente 445
Figura 5.12-20 - Localização das intervenções à superfície previstas no Beato, para a Alternativa TCB1 e potenciais vias com perturbação na envolvente imediata 446
Figura 5.12-21 - Subsecções na envolvente das intervenções à superfície e respetiva população residente 447

Figura 5.12-22 - Localização das intervenções à superfície previstas no Beato, para a Alternativa TCB2 e potenciais vias com perturbação na envolvente imediata 448
Figura 5.12-23 - Subsecções na envolvente das intervenções à superfície e respetiva população residente 449
Figura 5.12-24 - Localização das intervenções à superfície previstas no Beato, para a Alternativa TCB3 e potenciais vias com perturbação na envolvente imediata 450
Figura 5.12-25 - Edifícios localizados na envolvente da intervenção (à esquerda) e zona de ciclovia e parque de estacionamento com condicionantes físicas decorrentes da construção do troço em vala 450
Figura 5.12-26 - Subsecções na envolvente das intervenções à superfície e respetiva população residente 451
Figura 5.12-27 - Localização das intervenções à superfície previstas no Beato, para a Alternativa TCB3 e potenciais vias com perturbação na envolvente imediata 452
Figura 5.12-28 - Subsecções na envolvente das intervenções à superfície e respetiva população residente 453
Figura 5.12-29 - Estação de metro dos Restauradores completamente inundada pelas inundações de 23 de outubro de 2014 458
Figura 5.12-30 - Afetação de atividades económicas decorrentes da ocorrência de inundações na Baixa de Lisboa 458
Figura 5.12-31 - Número de estabelecimentos comerciais por eixo de via em 2010, sobreposto às áreas com vulnerabilidade às inundações, classes moderada, elevada e muito elevada. 459
Figura 5.12-32 - Distribuição da densidade populacional por freguesias, no concelho de Lisboa, com identificação das zonas mais vulneráveis ao risco de inundação 460
Figura 5.12-33 - Número de instalações hoteleiras por eixo de via, sobreposto às áreas com vulnerabilidade às inundações, classes moderada, elevada e muito elevada 461
Figura 5.12-34 - Secção de saída do TMSA: pormenor do muro em frente à descarga 463
Figura 5.12-35 - Campo de velocidades superficial na descarga do TMSA para maré viva/baixa-mar 463
Figura 5.12-36 - Campo de velocidades superficial na descarga do TCB para maré viva/baixa-mar 464
Figura 5.12-37 - Alternativas de descarga no rio para o traçado com saída na Calçada D. Gastão (Alternativa TCB2) 465
Figura 5.12-38 - Alternativas de descarga no rio para o traçado com saída em frente ao Convento do Grilo (Alternativa TCB3) 465
Figura 5.14-1 - Inundações na Praça do Comércio, em Lisboa, em 22 de setembro de 2014 479
Figura 5.15-1 - Metodologia considerada na abordagem deste subcapítulo 485
Figura 5.15-2 - Conjunto de dados externos sobre inundações fluviais utilizados neste trabalho: a) área inundada para o período de retorno de 100 anos nos principais rios portugueses e pontos com inundações históricas, baseado em registos da proteção civil e informação obtida em jornais; b) número de ocorrências com danos consideráveis que ocorreram no último século, por município 486
Figura 5.15-3 - Comparação do índice de suscetibilidade à inundação com eventos de cheia, cedido pelo Instituto da Água para a) Portugal, b) Bacia do Tejo, c) cidades de Lisboa e Setúbal e d) Região do Alentejo 487
Figura 5.15-4 – Precipitação máxima anual (mm) entre 1961 e 2001 para a estação meteorológica Lisboa-Geofísico 488
Figura 5.15-5 - Número de dias acima do percentil 99 entre 1961 e 2001 para a estação meteorológica Lisboa-Geofísico. 488
Figura 5.15-6 - Nº médio de inundações por década em cada local inundado na cidade de Lisboa: 490
Figura 5.15-7 - Frequência relativa da duração dos eventos de precipitação (A), do valor total dos eventos de precipitação (B), da precipitação máxima horária (C) e da hora de ocorrência desta (D), entre 1930-31 e 1997-98 491
Figura 5.15-8 – Precipitação horária registada em quatro estações existentes na região de Lisboa iniciando-se às 10:00 (UTC) de 25 novembro e terminando às 3:00 (UTC) de 26 de novembro às 1967 492

Figura 5.15-9 – Curva IDF para o período de retorno de 2 a 1 000 anos em São Julião do Tojal e registos do evento de precipitação de 25 e 26 de novembro de 1967 493
Figura 5.15-10 - Bacia hidrográfica localizada na Baixa de Lisboa 494
Figura 5.15-11 – Sistema de drenagem de águas pluviais com o modelo SWMM 495
Figura 5.15-12 - Modelo digital do terreno utilizado no MOHID Land 496
Figura 5.15-13 – Impermeabilização do solo estimada (obtida considerando os edifícios e estradas) 497
Figura 5.15-14 – Representação do desempenho do sistema quando solicitado por um evento de precipitação de projeto com um período de retorno de 100 anos na Baixa de Lisboa (após 1h) 498
Figura 5.15-15 – Representação do desempenho do sistema quando solicitado por um evento de precipitação de projeto com um período de retorno de 100 anos na Baixa de Lisboa (após 1h 40min) 498
Figura 5.15-16 - Simulação dos níveis máximos de inundação para o evento de 19 de outubro de 2008 499
Figura 5.15-17 – Inundações decorrentes do evento de precipitação de 2008 (Rua do Coliseu), T = 5 anos 500
Figura 5.15-18 – Inundações decorrentes do evento de precipitação de 2008 (em frente ao Teatro Dona Maria), T = 5 anos 500
Figura 5.15-19 – Inundações decorrentes do evento de precipitação de 2008 (Praça do Rossio), T = 5 anos 500
Figura 5.15-20 - Projeções da precipitação média (mm) por estação do ano (medias sazonais), para ambos os modelos e cenários, até ao final do século 502
Figura 5.15-21 - Vulnerabilidade ao risco de inundação na cidade de Lisboa e potenciais zonas com redução da vulnerabilidade ao risco decorrente da operação dos túneis 506
Figura 5.15-22 - Fatores agravantes das inundações, segundo os inquiridos 508
Figura 5.15-23 - Consequências das inundações, segundo os inquiridos 508
Figura 5.15-24 - Perdas mais onerosas associadas à ocorrência de inundações, entre 1980 e 2015 510
Figura 5.15-25 - Inundações e perdas seguradas entre 1990 e 2016 511
Figura 5.15-26 - Perdas das inundações de 27 de maio de 2013 na Alemanha 512
Figura 5.15-27 - Perdas por eventos relacionados com o clima 512
Figura 5.15-28 - Lista das maiores perdas seguradas na Europa em 2009/2010 514
Figura 5.15-29 - Evolução das perdas por inundações 515
Figura 5.15-30 – Número estimado de inundações e sinistros por ano 516
Figura 5.15-31 – Perdas seguradas mensais causadas por inundações 517
Figura 5.15-32 – Municípios afetados pelas inundações de fevereiro de 2008 517
Figura 5.15-33 – Comparação da distribuição normal com o número de inundações por ano 518
Figura 5.15-34 – Ajustamento linear entre a distribuição normal e o número de inundações por ano 518
Figura 5.15-35 – Comparação dos Valores Extremos Tipo I com o número máximo de sinistros por inundação 519
Figura 5.15-36 – Ajustamento linear entre a função densidade dos Valores Extremos Tipo I e o número máximo de sinistros por inundação 519
Figura 5.15-37 – Comparação dos Valores Extremos Tipo I com o custo máximo por inundação 520
Figura 5.15-38 – Ajustamento linear entre a função densidade dos Valores Extremos Tipo I e o custo máximo por inundação 520
Figura 5.15-39 - Índice Combinado de Vulnerabilidade à Inundação (percentil 75) do CIRAC, por freguesia, em Lisboa 521
Figura 5.15-40 - Risco de inundação - Dano médio anual na estrutura dos edifícios (em permilagem) 522
Figura 5.17-1 - Implantação do troço final do TMSA sobre as intervenções propostas para Santa Apolónia (traçado da Alternativa TMSA2) 534
Figura 5.18-1 – Diagrama da avaliação 552

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1.1-1 – Consórcio Hidra/Engidro - Responsáveis 6
Quadro 1.4-1- Fatores ambientais e escalas consideradas 19
Quadro 1.5-1 – Equipa do EIA 22
Quadro 1.5-2 – Estudos específicos setoriais complementares relevantes para o EIA 23
Quadro 3.1-1 - Dados de precipitação anual para os anos hidrológicos entre 2000/01 – 2014/15 47
Quadro 3.1-2 - Dados de precipitação média mensal relativos aos anos hidrológicos entre 2000/01 – 2014/15 48
Quadro 3.2-1 - Valores do coeficiente de sismicidade α 65
Quadro 3.2-2 - Tipologia de terrenos a considerar no estabelecimento do coeficiente sísmico 66
Quadro 3.2-3 - Valores corretivos para obtenção dos valores de aceleração, velocidade e deslocamento correspondentes a diferentes períodos de retorno, com base no período de 1 000 anos 67
Quadro 3.2-4- Quadro resumo das sondagens e ensaios realizados no Túnel de Monsanto – Santa Apolónia (via partes diárias da Geocontrole) 70
Quadro 3.2-5 - Quadro resumo das sondagens e ensaios realizados no Túnel Chelas – Beato (via partes diárias da Geocontrole) 70
Quadro 3.2-6 - Zonamento Geotécnico preliminar, com base na informação geológico-geotécnica existente na região de Lisboa e proximidades do traçado dos Túneis de Drenagem de Lisboa 73
Quadro 3.3-1 - Formações hidrogeológicas no concelho de Lisboa e respetivos períodos geológicos 76
Quadro 3.3-2 - Classe de permeabilidade das diferentes formações afetas aos dois traçados de acordo com a Carta de Permeabilidade da CML 84
Quadro 3.3-3 – Resumo das características das principais formações hidrogeológicas na área de estudo 85
Quadro 3.3-4 - Localização das captações inventariadas pela EPAL, na área de Lisboa, tipo/número total de captações consoante as formações geológicas aflorantes 86
Quadro 3.3-5 - Tipo de utilização dada à água subterrânea captada em Lisboa de acordo com o inventário da EPAL 88
Quadro 3.3-6 - Tipo de utilização dada à água subterrânea captada em Lisboa de acordo com o inventário da APA (ARH Tejo) 88
Quadro 3.3-7 - Inventários dos pontos de água afetos aos traçados dos dois túneis 89
Quadro 3.5-1 - Área das bacias de drenagem da rede de drenagem de Lisboa 126
Quadro 3.5-2 - Inundações com origem em precipitações de grande magnitude na cidade de Lisboa 131
Quadro 3.5-3 - Principais eventos pluviosos ocorridos no concelho de Lisboa desde 2008 135
Quadro 3.5-4 - Características dos coletores existentes em Lisboa 142
Quadro 3.5-5 – Caracterização da sub-bacia do Estuário do Tejo 148
Quadro 3.5-6 - Principais características para o tipo A2 para a categoria águas de transição na RH5 149
Quadro 3.5-7 - Principais características do estuário do rio Tejo 150
Quadro 3.5-8 - Estimativa das afluências de nutrientes ao estuário do Tejo 151
Quadro 3.7-1 - População e áreas afetadas por ruído acima dos limites legais 177
Quadro 3.7-2 - Tráfego horário nas principais vias adjacentes às zonas em estudo 182
Quadro 3.8-1 – Avaliação visual e avaliação de risco do arvoredo existente no Largo do Museu de Artilharia e Av. Infante Dom Henrique 188
Quadro 3.10-1 - Síntese da Pesquisa Documental 216
Quadro 3.12-1 - Variação entre 2001 e 2011 dos indicadores gerais para o município de Lisboa 239
Quadro 3.12-2 - Evolução da população por freguesia, censos 2001 e 2011 240

Quadro 3.12-3 – População residente e presente por freguesia em Lisboa, Censos 2011 241
Quadro 3.12-4 - Variação da estrutura etária da população residente na cidade de Lisboa, Censos 2001 e 2011 243
Quadro 3.12-5 - Densidade populacional nas freguesias do concelho de Lisboa, Censos 2011 243
Quadro 3.12-6 – Caracterização das subsecções consideradas na zona de Campolide 246
Quadro 3.12-7 - Caracterização das subsecções consideradas na zona da Avenida da Liberdade e Santa Marta 247
Quadro 3.12-8 – Caracterização das subsecções consideradas na zona da Avenida Almirante Reis 249
Quadro 3.12-9 – Caracterização das subsecções consideradas na zona de Santa Apolónia 250
Quadro 3.12-10 – Caracterização das subsecções consideradas na zona de Chelas 251
Quadro 3.12-11 – Caracterização das subsecções consideradas no Beato, na zona da Rua Amigos de Lisboa 253
Quadro 3.12-12 – Caracterização das subsecções consideradas no Beato, na zona da Calçada Dom Gastão 254
Quadro 3.12-13 – Caracterização das subsecções consideradas no Beato, na zona da Rua do Grilo 255
Quadro 3.12-14 - População empregada por atividade económica (CAE v. 3), Censos 2011 256
Quadro 3.12-15 - Dados estatísticos para o ano de 2014 relativamente à atividade portuária do Porto de Lisboa 272
Quadro 3.14-1 – Identificação das freguesias da cidade de Lisboa e correspondência com o código de identificação (Censos 2001) 291
Quadro 3.14-2 - População residente por freguesias, em áreas classificadas como de alta e muito alta vulnerabilidade ao risco sísmico 292
Quadro 3.14-3 - Total de edifícios por freguesias, situados nas áreas classificadas como de alta e muito alta vulnerabilidade ao risco sísmico 293
Quadro 4.2-1 – Material escavado previsto decorrente da execução dos túneis e troços em vala projetados 323
Quadro 5.3-1 – Síntese dos impactes identificados na hidrogeologia e recursos hídricos subterrâneos 341
Quadro 5.8-1 – Avaliação visual e avaliação de risco do arvoredo existente no Largo do Museu de Artilharia e Av. Infante Dom Henrique 401
Quadro 5.10-1 - Síntese Geral da Avaliação de Impactes no Fator Património Cultural 410
Quadro 5.10-2 - Síntese das Medidas de Minimização no Fator Património Cultural 421
Quadro 5.10-3 - Medidas de Minimização – Conceitos 423
Quadro 5.13-1 – Identificação indicativa das tipologias de resíduos gerados na fase de construção, com base na Lista Europeia de Resíduos 469
Quadro 5.15-1 - Categorização dos custos 483
Quadro 5.15-2 – Eventos de precipitação mais significativos entre 1930/31 a 1997/98, na cidade de Lisboa 491
Quadro 5.15-3 - Projeção das anomalias da precipitação média anual (mm), para ambos os modelos e cenários, até ao final do século para o município de Lisboa 502
Quadro 5.15-4 - Projeção das anomalias dos indicadores de extremos para a precipitação, para ambos os modelos e cenários, até ao final do século para o município de Lisboa 503
Quadro 5.15-5 - Avaliação da evolução do risco climático para a precipitação intensa, para o município de Lisboa 503
Quadro 5.15-6 - Estimativa do número de inundações por classe de período de retorno 504
Quadro 5.15-7 - Período de retorno dos eventos de inundação estimados 518
Quadro 5.15-8 – Período de retorno do número máximo de sinistros por inundação 519
Quadro 5.15-9 – Período de retorno do máximo de perdas seguradas estimadas por inundação 520
Quadro 5.15-10 - Caracterização dos agentes envolvidos 524
Quadro 5.15-11 – Avaliação dos benefícios decorrentes da operação dos túneis 527
Quadro 5.18-1 – Escala de classificação do grau de significância 535

Quadro 5.18-2 - Critérios de avaliação da significância dos impactes 536
Quadro 5.18-3 - Significância global dos fatores ambientais para a zona em estudo 536
Quadro 5.18-4 - Matriz de impactes dos túneis de drenagem do PGDL na fase de construção (Alternativas TMSA2 e TCB4) 542
Quadro 5.18-5 - Matriz de impactes dos túneis de drenagem do PGDL na fase de operação (Alternativas TMSA2 e TCB4) 548
Quadro 6.1-1 - Síntese e análise da eficácia das medidas propostas para a fase de Projeto de Execução e construção 554
Quadro 6.1-2 - Síntese e análise da eficácia das medidas propostas para a fase de operação 559

SIGLAS

AIA - Avaliação de Impacte Ambiental

APL – Administração do Porto de Lisboa

APS - Associação Portuguesa de Seguradores

CCCSN - Canadian Climate Change Scenarios Network

CENFIM – Centro de Formação Profissional da Indústria Metalúrgica e Metalomecânica

CEP – Convenção Europeia da Paisagem

CIRAC - Carta de Inundações e de Risco em cenários de Alterações Climáticas

CML - Câmara Municipal de Lisboa

CPI – Concurso Público Internacional

DGOTDU – Direção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano

EDP - Energias de Portugal

EIA - Estudo de Impacte Ambiental

EMARLIS - Empresa Municipal de Águas Residuais de Lisboa

ENAAC - Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas

EMAAC - Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas

EPAL - Empresa Portuguesa das Águas Livres

GAR - Global Assessment Report

GARLIS - Gabinete de Águas Residuais da Cidade de Lisboa

GEE – Gases de efeito de estufa

IH - Instituto Hidrográfico

IM - Instituto de Meteorologia

IMAR – Instituto do MarINE - Instituto Nacional de Estatística

IP – Infraestruturas de Portugal

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change

IST - Instituto Superior Técnico

LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil

MA – Massa de água

MDT – Modelo Digital do Terreno

NATM – New Austrian Tunneling Method

NCEP - National Center for Environmental Prediction

NEEA – National Estuarine Eutrophication Assessment

NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration

PBH - Plano de Bacia Hidrográfica

PDM – Plano Diretor Municipal

PGDL - Plano Geral de Drenagem de Lisboa

PGRI – Plano de Gestão dos Riscos de Inundações

PNA - Plano Nacional da Água

PNPOT - Programa Nacional da Politica de Ordenamento do Território

PROT AML - Plano Regional de Ordenamento do Território da Área Metropolitana de Lisboa

PT - Portugal Telecom

RCD – Resíduos de construção e demolição

REN – Rede Elétrica Nacional

RCP - Representative Concentration Pathways

RH5 – Região Hidrográfica 5

SIMTEJO - Saneamento Integrado dos Municípios do Tejo e Trancão

TCB – Túnel Chelas-Beato

TMPB - Terminal Multiusos do Poço do Bispo

TMSA – Túnel Monsanto-Santa Apolónia

TBM – Tunnel Boring Machine

1 INTRODUÇÃO, OBJETIVO E JUSTIFICAÇÃO DO PROJETO

1.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO, ABRANGÊNCIA, PROPONENTE E ENTIDADE LICENCIADORA

O presente documento constitui o Relatório Síntese do Estudo de Impacte Ambiental (EIA) referente às duas intervenções estruturantes previstas no Plano Geral de Drenagem de Lisboa 2016-2030, nomeadamente dois grandes coletores designados por túnel Monsanto-Santa Apolónia (extensão de aproximadamente 5 km), entre Campolide e Santa Apolónia, e túnel Chelas-Beato (extensão de aproximadamente 1.5 km), entre Chelas e o Beato. O diâmetro interno de ambos os túneis é de 5.5 metros. Na Figura 1.1-1 apresenta-se a localização e o enquadramento do traçado dos dois túneis.

O Plano Geral de Drenagem de Lisboa (PGDL) 2016-2030 surge no âmbito da revisão e atualização do anterior Plano Geral de Drenagem de Lisboa, aprovado em 2008. Constituíram princípios orientadores do plano a preocupação em desenvolver soluções de controlo do risco de inundações que minimizem os impactes sociais e ambientais e garantam um desempenho adequado das infraestruturas principais ou estruturantes, para eventos de elevado período de retorno (100 anos).

O PGDL pretende contribuir para dar resposta às preocupações dos munícipes, incorporando também os desafios relativos às alterações climáticas e definindo abordagens e estratégias de intervenção de curto e médio prazos, de forma a satisfazer os desafios atuais e futuros da drenagem da cidade. A abordagem adotada enquadra-se numa perspetiva de sustentabilidade económica, social e ambiental, com prioridade para a proteção de pessoas e bens.

No âmbito do PGDL foram desenvolvidas, para diversas bacias de drenagem da cidade, soluções alternativas baseadas em diferentes intervenções estruturantes, designadamente os túneis de drenagem, e ações ou intervenções complementares. Destas destacam-se as intervenções de separação de caudais (descarregadores), minimização de perdas de carga localizadas, controlo na origem (isto é, soluções de infiltração e reserva a montante da rede física de coletores), reforço da capacidade de coletores das redes principais e secundárias, reforço da captação do escoamento de superfície (sarjetas de passeio e sumidouros de grades) e beneficiação das descargas por alargamento de saídas no rio Tejo. As soluções recomendadas no PGDL combinam soluções de reserva, por exemplo o desenvolvimento de uma bacia a céu aberto no Alto da Ajuda e outra bacia na Ameixoeira, com intervenções estruturantes de desvio de caudal recorrendo a grandes coletores, nomeadamente os já mencionados túneis de drenagem.

A solução de desvio de caudais pluviais agora alvo de análise no presente EIA resultou de um processo de seleção com base num conjunto de três soluções alternativas (sumarizadas no Anexo I) apresentadas ainda no âmbito da elaboração do PGDL (2016-2030), que selecionou a solução agora analisada, correspondente aos túneis Monsanto-Santa Apolónia e Chelas-Beato. Esta opção do PGDL foi aprovada por unanimidade por todas as forças políticas da Câmara Municipal de Lisboa (CML) a 16 de Dezembro de 2015, por se tratar de uma solução com capacidade para escoar caudais gerados por eventos pluviométricos com períodos de retorno de 100 anos e assegurar bons níveis de desempenho, mesmo tendo em conta os efeitos das alterações climáticas.

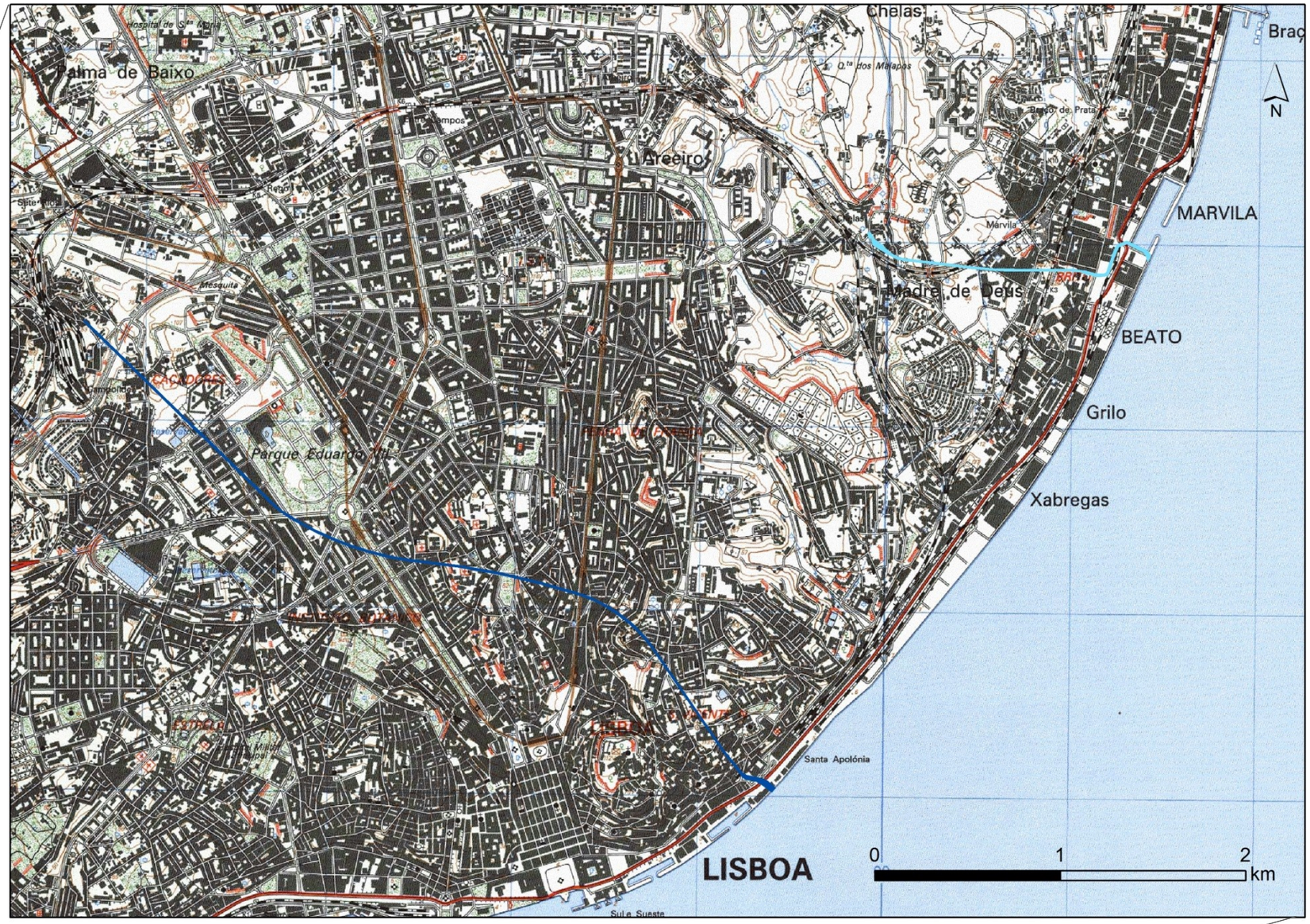
Face a um cenário de projeção que já considera os efeitos das alterações climáticas, a construção dos túneis de drenagem permite reduzir a vulnerabilidade da cidade ao risco de inundação. Em Lisboa, atualmente, as áreas classificadas com elevada e muito elevada vulnerabilidade ao risco de inundação atingem um valor superior a 640 ha, o que corresponde a cerca de 6 % da área total do concelho (CML, 2012). Resultante da implementação do projeto prevê-se a redução das zonas atualmente vulneráveis ao risco de inundação. Estima-se que esta redução possa ascender a cerca de 20 % para as áreas classificadas com elevada vulnerabilidade ao risco de inundação e cerca de 60 %, para as áreas classificadas com muito elevada vulnerabilidade ao risco de inundação.

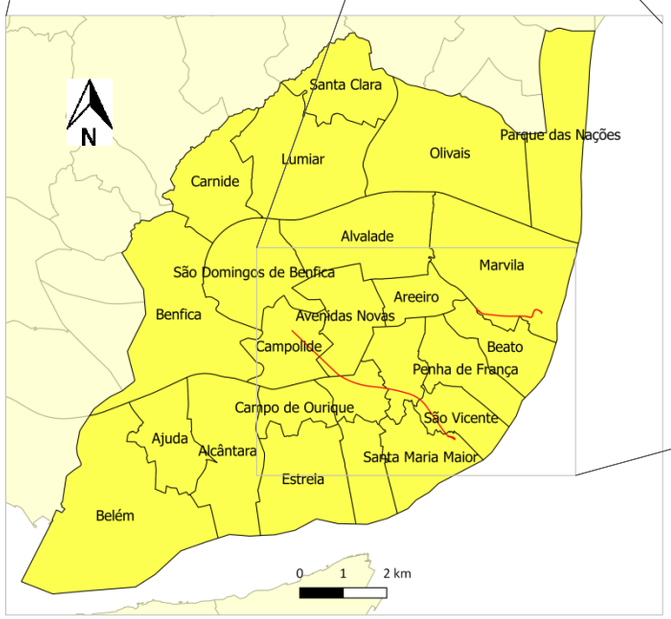
O sistema atual já não tem capacidade de assegurar a drenagem em varias situações, destacando-se, entre outros eventos pluviosos recentes, os ocorridos a 18 e 19 de fevereiro de 2008, 30 de outubro de 2010 e de 22 de setembro e 13 de outubro de 2014, que deram origem a grandes inundações, dando lugar a prejuízos significativos, perturbação das atividades e até risco de mortalidade. Estas ocorrências acentuam a urgência e necessidade de implementação do projeto, sendo que, tendencialmente, haverá um agravamento da situação atual em consequência das alterações climáticas.

A construção dos dois túneis, para as premissas assumidas no projeto e com a execução também de outras atividades indicadas no PGDL 2016-2030, contribui para reduzir significativamente a ocorrência de inundações nas zonas Ocidental, Central e Oriental da cidade, dando resposta a cerca de 70 a 80% dos problemas de drenagem da cidade de Lisboa.

Em simultâneo com o desenvolvimento do EIA, a equipa projetista foi otimizando os traçados dos túneis, de modo a reduzir os seus impactes e assegurar um melhor desempenho do sistema. Em face disto, no âmbito do EIA inclui-se a análise dessas mesmas propostas, designadas por alternativas de projeto (duas alternativas para o túnel Monsanto-Santa Apolónia e quatro alternativas para o túnel Chelas-Beato). Em resultado desta avaliação foi evidenciado que as alternativas selecionadas e desenvolvidas no projeto são, claramente, as soluções de traçado que permitem concretizar os objetivos estabelecidos, minimizando os impactes decorrentes. Estas alternativas consideram ajustes ao nível da minimização da afetação de património arqueológico e geológico, minimização de impactes socioeconómicos, bem como ajustes no traçado e soluções de descarga que minimizam os impactes decorrentes do projeto e especificamente da descarga no estuário do Tejo na fase de operação.

Deste modo, no presente relatório optou-se por descrever primeiramente os traçados base em concordância com as soluções apresentadas no PGDL e no subcapítulo 2.4 precisam-se, para cada um dos túneis, os ajustes que deram origem às alternativas estudadas, bem como as respetivas dimensões e características.





Legenda

- Concelho de Lisboa (CAOP 2016)
- Traçado dos túneis
- Túnel Monsanto-Santa Apolónia
- Túnel Chelas-Beato

Cliente

LISBOA CÂMARA MUNICIPAL

Consultores

4Rs

Estudo de Impacte Ambiental dos túneis do Plano Geral de Drenagem de Lisboa

Data	Fonte
Janeiro 2017	CAOP 2016 Carta Militar Lisboa (431)

Figura 1.1-1

Enquadramento do projeto

Enquadramento Legal

O enquadramento no regime jurídico de Avaliação de Impacte Ambiental (AIA) do túnel Monsanto-Santa Apolónia (aproximadamente 5 km de extensão) não é claro, pelo que foram efetuados contactos com a autoridade nacional de AIA, nomeadamente com os responsáveis da Agência Portuguesa de Ambiente (APA). Após análise, a APA concluiu que, segundo o disposto no Decreto-Lei n.º 151-B/2013, de 8 de novembro (e nos Decretos-Lei n.º 47/2014 de 24 de março e 179/2015, de 27 de agosto, que o alteram), o projeto em análise (nomeadamente túnel Monsanto-Santa Apolónia) se encontra abrangido por procedimento de Avaliação de Impacte Ambiental por se enquadrar na alínea j), do n.º 10 do Anexo II e superar os seguintes limiares considerados para Áreas Sensíveis: Construção de aquedutos e adutoras ≥ 2 km e ø ≥ 0.6 m.

Dado o caracter estruturante e a similaridade das intervenções a realizar nos dois túneis que integram o projeto e, especialmente pelo facto de, na fase seguinte, o concurso de empreitada (com projeto de execução a ser elaborado pelo adjudicatário) ser conjunto, optou-se pela inclusão de ambos os tuneis de drenagem no presente EIA.

A legislação prevê duas tipologias de projeto a ser submetidas a AIA, estudo prévio (entendido como uma definição de projeto com especificações, mas ainda não preparada para a execução da construção) e projeto de execução (envolve as especificações e detalhes que permitem a sua construção imediata). Não obstante, os projetos de engenharia, arquitetura e outras áreas dispõem de um leque mais alargado de tipologias. Atendendo a que houve primeiramente o desenvolvimento do PGDL, as soluções de projeto apresentadas pretendem efetuar a sua especificação, de forma a precisar o que se pretende aquando da realização do concurso de empreitada, que envolve posteriormente projeto de execução e construção.

O projeto desenvolvido compreende, assim, algumas soluções em anteprojeto para intervenções mais específicas, nomeadamente anteprojeto dos poços de ligação e das saídas junto a Santa Apolónia e no Beato. Deste modo, apesar de apresentar algumas soluções com um grau de pormenorização com mais detalhe, o projeto em análise não permite a construção imediata das soluções desenvolvidas, estando prevista a execução posterior de um projeto de execução.

Assim, o projeto enquadra-se na perspetiva de Estudo Prévio, embora, formalmente, o projeto apresentado tenha em algumas situações um grau de detalhe superior.

O projeto a ser avaliado em AIA, em fase de Estudo Prévio, dispõe de soluções e traçados ajustados às condicionantes locais (interferências com infraestruturas existentes, declives, formações geológicas, entre outros), já integrando soluções que procuram atenuar os impactes ambientais.

Importa ainda salientar que o concurso de que será alvo o presente projeto corresponde a um Concurso Público Internacional (CPI), sendo da responsabilidade do adjudicatário a elaboração e entrega para apreciação do Projeto de Execução e construção da obra, bem como a realização do RECAPE.

Principais componentes do projeto

O âmbito de análise do presente EIA inclui as duas intervenções estruturantes consideradas no PGDL, nomeadamente, o projeto (em estudo prévio) da implementação de dois grandes coletores designados, como referido, por túnel de Monsanto-Santa Apolónia (TMSA) e túnel Chelas-Beato (TCB). Na sequência do desenvolvimento do projeto, para melhorar o desempenho e compatibilizar ou atenuar impactes negativos foram integradas medidas e desenvolvidas alternativas (de forma a reduzir os efeitos no ambiente biofísico, afetação patrimonial, bem como nas atividades sociais e económicas).

Refira-se que as designações TMSA e TCB compreendem a totalidade do traçado dos dois túneis, nomeadamente os troços construídos em profundidade e à superfície (em vala). O projeto dos túneis considera traçados maioritariamente em profundidade e intervenções localizadas à superfície.

Para o TMSA, ao longo da extensão do túnel realizada em profundidade, prevê-se a construção de poços de ligação à rede de drenagem existente, à superfície. A função destas infraestruturas respeita à interceção e desvio dos caudais pluviais excedentários, a partir dos coletores existentes. Estes caudais são encaminhados para o túnel, para descarga final no estuário do Tejo. Além destas infraestruturas, as intervenções para o TMSA contemplam ainda a obra de entrada e troço final a realizar à superfície.

Para o TCB, as intervenções compreendem a obra de entrada, que contempla a obra de desvio dos Caneiros a montante, o troço de túnel em profundidade e o troço final em vala, a jusante.

As componentes principais de cada túnel a analisar neste estudo apresentam-se de seguida.

Túnel Monsanto-Santa Apolónia

O TMSA apresenta um traçado total com cerca de 5.0 km, na maioria realizado em profundidade, em túnel (cerca de 4.5 km em profundidade, extensão que varia com a alternativa estudada), contemplando um trecho final com construção à superfície, em vala (com cerca de 200 m, variando também consoante a alternativa). Maioritariamente construído em profundidade, o TMSA atinge profundidades superiores a 70 m. O diâmetro interno do túnel é de 5.5 m, passando a constituir uma secção retangular na parte final, em Santa Apolónia. Esta secção passa sobre o metro e aumenta progressivamente em largura até à descarga final no rio Tejo, onde atinge 28 metros de largura e 3.5 m de altura. O túnel apresenta declives de 0.7% entre Campolide e a Rua de Santa Marta e de 0.45% entre Santa Marta e Santa Apolónia.

As principais intervenções à superfície ocorrem nos seguintes locais:

- Obra de entrada em Campolide;
- Câmaras de desvio de caudal e câmara de queda em vórtice na Av. da Liberdade/Rua Alexandre Herculano/Santa Marta;
- Câmara de desvio de caudal e câmara de queda em vórtice na Avenida Almirante Reis;
- Troço final à superfície em Santa Apolónia.

Considerando o traçado base proposto no âmbito do PGDL foi estudada uma alternativa para o traçado do TMSA que difere, essencialmente, no trecho final em Santa Apolónia.

Túnel Chelas-Beato

O traçado base do TCB tem aproximadamente 1.5 km de extensão, sendo cerca de 1.0 km executado em profundidade e cerca de 300 m executado em vala aberta (a extensão dos troços em profundidade e à superfície varia consoante a alternativa em estudo). O traçado ocorre maioritariamente em profundidade, atingindo profundidades de mais de 50 metros, tem um diâmetro interno de 5.5 m e uma inclinação de cerca de 0.5% em toda a sua extensão. Além do troço final no Beato, refiram-se ainda as intervenções à superfície relativas à obra de desvio dos caneiros e obra de entrada, a montante, na zona de Chelas.

As alternativas de traçado iniciam-se no mesmo local, em Chelas, e diferem, essencialmente, no local em que é feita a descarga.

Proponente, Projetistas e Entidade Licenciadora

O proponente do projeto dos túneis – decorrentes do PGDL (2016-2030) - é a Câmara Municipal de Lisboa, adiante designada de CML, sendo também a entidade que aprova o projeto. A entidade licenciadora é a APA – Agência Portuguesa do Ambiente.

O projeto encontra-se em fase de Estudo Prévio e tem como horizonte de projeto o período de 100 anos, de acordo com o dimensionamento hidráulico. O ano previsto indicativamente para o início da construção é 2018, sendo que se prevê que a fase de construção tenha uma duração máxima de 4 anos.

A elaboração do Estudo Prévio é da responsabilidade do Consórcio Hidra/Engidro, contando com a colaboração de um conjunto de projetistas e consultores para as diferentes especialidades.

Quadro 1.1-1 – Consórcio Hidra/Engidro - Responsáveis

Entidades	Responsáveis
HIDRA - Hidráulica e Ambiente, Lda	José Manuel de Saldanha Gonçalves Matos (Eng.º Civil)
Engidro - Estudos de Engenharia, Lda	António Monteiro (Eng.º Civil)

1.2 ANTECEDENTES

No decorrer dos séculos XVI, XVII e XVIII, até ao terramoto de 1755, o crescimento populacional notável da capital avoluma os problemas relacionados com a ocorrência de "medonhas inundações" e com a higiene e limpeza da cidade. Estão particularmente bem documentados em obras históricas os problemas de inundações na zona que hoje constitui a Praça da Figueira e o Rossio, em Lisboa. A época que se seguiu ao terramoto de 1755 constituiu uma era de progresso na capital, marcada pela reedificação da cidade e pelo estabelecimento do princípio da "canalização metódica", cujos efeitos ainda se fazem atualmente sentir nas zonas mais antigas da cidade, em que perduram coletores unitários dispostos em malha com ligação ao estuário do Tejo, como na zona da baixa (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

O desenvolvimento industrial, com a consequente concentração populacional nas grandes cidades, levou a que no século XIX tivesse sido autorizada a ligação da água residual doméstica às redes de drenagem pluvial existentes, o que agravou enormemente os riscos de transmissão de doenças de origem hídrica, devido às condições precárias daquelas redes. Na segunda metade do século XIX, Belgrand, em Paris, Garcia Faria, em Barcelona e Ressano Garcia, em Lisboa, são artífices de planos de saneamento inspirados nos princípios da corrente higienista, grande responsável pela chamada de atenção para a necessidade de planeamento e construção de infraestruturas de drenagem urbana (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

Grande parte da rede de drenagem de Lisboa construída a partir dos fins do século XIX, nomeadamente nas chamadas "Avenidas Novas" e em bairros como o de Campo de Ourique, é executada com coletores de alvenaria de pedra ovóide, assentes em vala (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

Os principais estudos e projetos de drenagem de águas residuais desenvolvidos para a cidade de Lisboa, com ênfase na perspetiva histórica, e em estudos desenvolvidos entre o fim do séc. XIX e meados do século passado são seguidamente sumarizados.

Posteriormente, foram efetuados diversos estudos e projetos, alguns deles de dimensão significativa, como os conduzidos pelo então Gabinete de Águas Residuais da Cidade de Lisboa (GARLIS) nas últimas duas décadas do século passado, por

diversos Gabinetes de Engenharia, ou, no domínio da modelação matemática, pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) e pelo Instituto Superior Técnico (IST) ((Matos, Oliveira, Monteiro, & Lacerda, 2007)).

1.2.1 Síntese dos grandes projetos de drenagem para a cidade de Lisboa

Apresenta-se de seguida uma síntese dos grandes projetos de drenagem para a cidade de Lisboa referenciados no PGDL (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

1.2.1.1 O projeto de Gotto & Beesley, 1877

Em Lisboa, o primeiro projeto integrado de drenagem, tratamento (pré-tratamento) e lançamento em meio recetor de águas residuais data de 1877, tendo sido desenvolvido por Gotto & Beesley, de Londres. A solução proposta foi a de conduzir as águas negras de Lisboa até um ponto de descarga na praia das Saínhas (mais conhecida hoje por praia de Carcavelos), a curta distância da Torre de S. Julião da Barra, por meio de um emissor em conduta forçada constituído por uma tubagem de ferro com 1.30 m de diâmetro. A circulação nesta conduta era conseguida pela construção no início do emissor de uma torre que sustentaria um depósito elevado à altura de 21 metros sobre o nível de referência (nível das marés médias). Esta torre, juntamente com a edificação para as máquinas elevatórias, caldeiras e depósitos de carvão e com a edificação destinada a habitação do pessoal, escritórios e administração, foi localizada na Rocha do Conde de Óbidos.

O emissor foi previsto para o escoamento não só das águas negras da cidade, como também das águas pluviais correspondentes a uma precipitação uniforme de 25 mm em 24 horas. A extensão total do emissor era de 15 870 metros e terminava com três coletores de descarga em tubagem de ferro com 0.91 m de diâmetro, embebidos num maciço de betão com cerca de 100 metros de comprimento.

1.2.1.2 O projeto de Ressano Garcia, 1884

Ressano Garcia, no âmbito da Comissão nomeada pelo Governo em 1 de agosto de 1880 para o estudo dos princípios gerais a que deveria obedecer o sistema de evacuação a aplicar a Lisboa e do programa dos trabalhos necessários para a execução do sistema preconizado, atualizou e desenvolveu, de forma detalhada, os estudos de Gotto & Beesley (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

Ressano Garcia estabeleceu o princípio da condução dos esgotos “a uma grande distância da cidade por um emissor impermeável e convenientemente arejado”. A cidade deveria ser dividida em duas zonas: a zona alta e a zona baixa. As águas da zona alta deveriam ser evacuadas diretamente por ação da gravidade.

A Figura 1.2-1 apresenta a planta geral da cidade de Lisboa alvo do projeto “Ressano Garcia”, com identificação da “zona alta” (unitária, a rosa) e da “zona baixa” (pretendida como separativa ou pseudo-separativa, a azul).

Figura 1.2-1 - Planta geral da cidade de Lisboa (fotografado do Projeto Ressano Garcia, de 1884)

No Projeto "Ressano Garcia", a população provável admitida para 1940 foi de 476 062 habitantes e o volume máximo das águas de abastecimento previsto para o mesmo ano foi de 50 000 m^3/dia. Quanto às águas pluviais a transportar, o valor então adotado corresponderia a uma precipitação de 25 mm em 24 horas na totalidade da área da zona alta - drenada por rede unitária - e na da zona baixa - drenada por rede parcialmente separativa - ocupada pelos pátios interiores dos prédios e pelas abas dos telhados para esses pátios inclinadas. Sabe-se, hoje, que essas precipitações têm uma frequência média de, aproximadamente, sete vezes por ano.

As canalizações da zona alta deveriam receber "todas as águas de chuva, de lavagens da via pública e de rega, não absorvidas ou evaporadas", estabelecendo-se, no entanto, em pontos convenientemente localizados, descarregadores de superfície em ligação com galerias de descarga, destinadas a conduzir diretamente ao Tejo as águas pluviais "que pudessem considerar-se extraordinárias". As águas pluviais poluídas, correspondentes às precipitações de menor intensidade, deveriam ser transportadas juntamente com as águas residuais domésticas para o exterior da cidade.

Na zona baixa, as canalizações existentes deveriam ser utilizadas apenas para a evacuação direta para o rio das águas pluviais caídas diretamente nas vias públicas ou aí lançadas pelos tubos de queda das edificações, bem como das águas de lavagem e rega daquelas vias. Para a evacuação dos esgotos, acrescidos das águas pluviais caídas nos pátios interiores e nas abas correspondentes dos telhados, seria construída uma nova rede de canalizações cujos esgotos seriam conduzidos por um intercetor marginal até à margem esquerda da Ribeira de Alcântara, onde seriam elevados e lançados no emissor. O intercetor marginal teria a sua origem em Santa Apolónia, em frente da Travessa Lázaro Leitão, à cota 6.70 m e iria terminar, depois de um percurso de 5 943 m, na margem esquerda da Ribeira de Alcântara, na Horta Navia, à cota 2 m abaixo do "plano das águas médias", junto das instalações de máquinas elevatórias previstas no projeto. Na generalidade do traçado adotou-se a inclinação uniforme de 1/1320. O caudal de dimensionamento do emissor final era de 4.2 m^3/s (Arantes e Oliveira, 1941).

Depois de Ressano Garcia, vários estudos foram desenvolvidos para o saneamento da cidade de Lisboa, designadamente pelo Brigadeiro Ferreira Pimentel que, em 1923, emitiu um parecer no qual defendia a ideia do lançamento dos esgotos de Lisboa em frente da Foz do Rego, ao sul das praias da Vila da Costa da Caparica, próxima da atual praia da Rainha.

A engenhosa solução de Ferreira Pimentel envolvia o aproveitamento dos esgotos conduzidos para a margem esquerda do rio Tejo, para irrigação do areal a sul da Trafaria-Caparica, evacuando para o mar, em frente da foz da ribeira do Rego, apenas o excedente não utilizado. O atravessamento do estuário do rio Tejo seria efetuado por meio de um sifão entre a

Torre de Belém e o Portinho da Costa, com um desenvolvimento de cerca de 2 100 m. Do Portinho da Costa, os esgotos seguiriam por um emissor, com um primeiro troço de 1 000 metros, em túnel, até junto da Trafaria, que seria rodeada pelo sul, entrando em segundo túnel com 870 metros, completado pelo troço final até à Foz do Rego.

Junto à Torre de Belém, seria construída a estação elevatória que "comprimiria os esgotos no emissor – sifão, cuja desembocadura seria colocada à cota necessária para que a circulação no canal se fizesse por gravidade até ao ponto de lançamento no oceano".

Ferreira Pimentel fixou em 1.40 m o diâmetro do sifão. Nas condições admitidas por Ressano Garcia, para o caudal máximo de 6.09 m^3/s, ter-se-ia um diâmetro do sifão invertido de 2.30 m de diâmetro.

1.2.1.3 Os estudos de Arantes e Oliveira, 1941

O estudo "Esgotos de Lisboa", da autoria de Arantes e Oliveira, é um trabalho de grande profundidade e detalhe que abrange os seguintes tópicos ou secções principais:

- Secção I - Estudos relativos ao volume e composição dos esgotos de Lisboa;
- Secção II - Estudos relativos ao regime de chuvas em Lisboa;
- Secção III - Estudos hidrográficos no estuário do Tejo;
- Secção IV - Estudos relativos à poluição e à depuração natural do estuário do Tejo;
- Secção V - Tratamento e evacuação dos esgotos de Lisboa.

Arantes e Oliveira divide Lisboa em sete grandes bacias de drenagem (A a G). Para o Horizonte de Projeto – 1965 – prevê uma área de atendimento total servida por rede de saneamento de 4 791 ha e uma população de projeto de 1 104 900 hab. O caudal máximo de tempo seco era de 3.77 m^3/s, excluindo as contribuições da ribeira de Algés e Sacavém. Esta população de projeto nunca se veio a atingir – de facto, a população residente atual de Lisboa não chega a 600 000 habitantes.

Para o tratamento dos esgotos de Lisboa e tendo em conta todo o trabalho então desenvolvido, Arantes e Oliveira propõe as seguintes operações e processos de depuração:

- remoção de areias e materiais flutuantes;
- remoção de sólidos em suspensão por decantação simples (período de retenção hidráulico entre 1 e 4 h);
- desinfeção por cloro, no período de verão;
- estabilização de lamas por digestão anaeróbia;
- desidratação mecânica com condicionamento químico com cal e cloreto férrico e recurso a filtros de vácuo.

No seu estudo, Arantes e Oliveira admite a possibilidade de decantação assistida por reagentes, não por razões de redução da CBO_5 (que naturalmente as condições do meio recetor entendia-se não exigirem), mas por razões de minimização do impacto "da visibilidade do efluente nas imediações do ponto de lançamento" ou "otimização da dose do agente desinfetante". Arantes e Oliveira prevê duas ETAR para a região de Lisboa: ETAR Ocidental e ETAR Oriental. A ETAR Ocidental deveria servir, em 1965, cerca de 848 300 hab, com caudal de tempo seco de 235 440 m^3/dia (2.72 m^3/s). A ETAR Oriental deveria servir 261 600 hab, com caudal de tempo seco de 90 280 m^3/dia (1.04 m^3/s). A relação entre os caudais máximos e os caudais médios a tratar nas ETAR, em tempo de chuva e em tempo seco, seria, respetivamente, de 3.7 e 3.6, ou seja, 10 m^3/s na ETAR Ocidental e 3.7 m^3/s na ETAR Oriental.

1.2.1.4 O projeto de Celestino da Costa, 1955

O Projeto de Celestino da Costa, de 1955, constitui o seguimento natural dos estudos de Arantes e Oliveira. Nesse projeto, é advogado o Método Racional Generalizado para o cálculo de pluviais da cidade e traçam-se, com rigor, os principais

coletores e intercetores da cidade. Dadas as características topográficas da cidade, muitos dos troços finais dos intercetores deviam funcionar sob pressão, com rede autónoma nas zonas ribeirinhas do estuário. Durante as décadas de "60" e "70" concretizou-se, em grande parte, esse projeto.

No entanto, e no que respeita às frentes de drenagem de águas residuais de Lisboa, o processo teve uma evolução, em termos de obra, distinta do que advogava Celestino da Costa, que defendia uma única ETAR de tratamento secundário, de lamas ativadas de média carga, para toda a cidade de Lisboa, em Beirolas, com o efluente a ser transportado depois para o Mouchão da Póvoa, para tratamento terciário em lagoas fotossintéticas no meio do estuário do rio Tejo, de onde seguiria para o bloco sul das lezírias de Vila Franca de Xira, por sifão invertido sob o rio. Nas lezírias, o efluente tratado poderia ser reutilizado: na drenagem e recuperação dos solos nos primeiros anos do projeto e na irrigação de produtos agrícolas após esse período inicial.

Como já foi anteriormente referido, apenas em meados do século passado a cidade de Lisboa passou a dispor de um plano geral completo da rede de águas pluviais, com base no qual se procedeu à construção de muitas dezenas de quilómetros de novos grandes coletores pluviais integrados num esquema geral coerente. Para além de estudos de referência como os "Esgotos de Lisboa", de Arantes e Oliveira (1941), e o Anteprojeto de 1955, de Celestino da Costa, são também do conhecimento da presente equipa técnica diversos outros estudos e projetos existentes para Lisboa.

1.2.1.5 Revisão do Plano Geral de Esgotos da Cidade de Lisboa (DRENA, 1999)

A "Revisão do Plano Geral de Esgotos da Cidade" foi elaborada em 1999, podendo ser considerada uma atualização do Anteprojeto de Saneamento da Cidade de Lisboa, datado de 1955. O objetivo principal desta revisão foi o da elaboração de um documento de planeamento dos esgotos pluviais da cidade e das interfaces entre estes e o sistema de esgotos domésticos, dado que a maioria da rede de drenagem da cidade de Lisboa é do tipo unitário.

De acordo com o Anteprojeto de Saneamento da Cidade de Lisboa, as zonas altas da cidade de Lisboa seriam dotadas de emissários pluviais, sem serviço de percurso nas zonas baixas marginais. Estas, para não entrarem em carga em caso de ocorrência simultânea de preia-mar e precipitação, teriam rede pluvial e doméstica independente, sendo, assim, do tipo separativo. Enquanto grande parte dos principais emissários pluviais das zonas altas foi já concretizada, ficou por concluir a implantação do sistema separativo nas zonas baixas.

Com a construção, nos anos 90, dos sistemas intercetores de Algés-Alcântara e Cais do Sodré-Alcântara, procedeu-se à interceção dos caudais domésticos provenientes das zonas altas, mantendo-se, no entanto, a problemática da influência da maré nas zonas baixas marginais, dado que se encontram, em regra, ligadas aos emissários pluviais com descarga direta no rio Tejo, não sendo as respetivas saídas dotadas de válvulas de maré.

Relativamente a esta problemática, a versão revista do Plano Geral de Esgotos reconhece a grande dificuldade de implantação do sistema separativo nas zonas baixas, uma vez que são zonas antigas, caracterizadas por prédios em banda com pátios interiores, onde se verifica, na maioria dos casos, a impossibilidade de duplicação das ligações domiciliárias. A solução apontada é, assim, a de manter o sistema unitário nas zonas baixas, efetuando-se a interceção dos esgotos domésticos por meio de descarregadores e dotando as saídas para o rio de válvulas de maré. Estas saídas deverão igualmente apresentar uma velocidade limitada do escoamento, destinada a garantir baixos valores da perda de carga localizada.

Outros fatores que contribuíam para a ocorrência de inundações na cidade de Lisboa eram o assoreamento de coletores e a acumulação de água na parte côncava de alguns arruamentos, como é o caso da Praça de Espanha. A solução proposta para a eliminação da ocorrência de assoreamento nos coletores passa apenas pela limpeza regular e sistemática dos mesmos (de

frequência, em regra, anual ou bianual), sendo sugerido, para os arruamentos de perfil côncavo, a implantação de estruturas de detenção e armazenamento, destinadas ao amortecimento do caudal de ponta.

Para além das principais linhas orientadoras do Plano Geral de Esgotos ali descritas, a solução a implementar nas zonas baixas foi abordada em maior detalhe, visto que se apresentava como a principal obra a concluir, necessária para garantir a não ocorrência de descarga de efluentes domésticos no rio Tejo.

1.2.1.6 Plano Geral de Drenagem de Lisboa de 2008

O Plano Geral de Drenagem de Lisboa de 2008 foi uma iniciativa da Câmara Municipal de Lisboa (CML), através da Empresa Municipal de Águas Residuais de Lisboa (EMARLIS), e tinha como objetivo a atualização dos dados disponíveis sobre o sistema de drenagem de Lisboa, a elaboração de um diagnóstico do seu desempenho e a proposta de solução para ultrapassar os problemas detetados. Era também objetivo o desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão para apoiar a gestão da rede de drenagem.

A solução proposta integrava o desvio de caudal através de um túnel que ligava a Av. Almirante Reis a Santa Apolónia, a atenuação dos caudais de ponta de cheia afluente às zonas baixas da cidade através da construção de vários reservatórios, a desconexão de alguns coletores dos principais emissários da rede para permitir que estes pudessem funcionar em pressão, aumentando assim a sua capacidade de descarga, e ainda no reforço de outros coletores. Dadas as lacunas de dados detetadas, sobretudo no que diz respeito ao cadastro de infraestruturas e de monitorização de desempenho, o PGDL de 2008 recomendava que estas intervenções fossem apenas realizadas após um programa de levantamento de cadastro e de monitorização.

1.2.1.7 Estudos, projetos e intervenções relevantes no âmbito do PGDL

Apenas em meados do século passado a cidade de Lisboa passou a dispor de um plano geral completo da rede de águas pluviais, com base no qual se procedeu à construção de muitas dezenas de quilómetros de novos grandes coletores pluviais integrados num esquema geral coerente. Posteriormente, foram desenvolvidos diversos estudos e projetos relativos ao sistema de drenagem de Lisboa.

Importa ainda referir a elaboração de vários projetos e intervenções executados pela SIMTEJO/CML no âmbito do caneiro de Alcântara e os estudos da COBA, para a zona baixa de Alcântara (desconexão ao caneiro), e Projeto de Execução da iniciativa da CML, como a reabilitação do coletor da Av. Berna.

Os projetos realizados nos últimos anos no âmbito de Investigação e Desenvolvimento contribuíram para a caracterização do sistema existente e para a identificação das principais deficiências de funcionamento, incluindo a descarga direta de excedentes (em tempo seco e em tempo de chuva) para o meio recetor, a entrada de água do mar no sistema, o assoreamento de coletores ou a ocorrência de condições de seticidade em condutas elevatórias de maior extensão e risco (caso da EE3, em Alcântara).

1.3 JUSTIFICAÇÃO E OBJETIVOS DO PROJETO

Em Lisboa, as situações de inundação são frequentes, em particular nas zonas baixas e planas da cidade e situadas a jusante de bacias hidrográficas de grande dimensão e com uma ocupação significativa, como é o caso das zonas baixas de Alcântara, Martim Moniz, Praça da Figueira, Terreiro do Paço e Chelas (Consórcio Hidra/Engidro, 2016). Ao longo dos anos, vários são os relatos de ocorrências de inundações que interferiram no normal funcionamento da cidade. Estas situações têm atingido ciclicamente o concelho, com alguns episódios a serem registados nos últimos anos. Entre 2008 e 2014

ocorreram vários eventos pluviosos caracterizados por níveis significativos de pluviosidade, constituindo exemplos recentes os ocorridos a 22 de Setembro e 13 de Outubro de 2014, que deram lugar a inundações significativas.

Em finais de 2014, a CML decidiu proceder à revisão e atualização do anterior Plano Geral de Drenagem de Lisboa, aprovado em 2008, com o intuito de atualizar a informação disponível sobre a rede de drenagem, verificar o interesse e prioridade das intervenções anteriormente previstas e aprofundar as soluções para responder aos principais problemas de drenagem do município de Lisboa.

O PGDL 2016-2030 foi desenvolvido com uma alternativa de desvio de caudais que agora se materializa no projeto dos túneis de drenagem em estudo (Monsanto-Santa Apolónia e Chelas-Beato), tendo sido aprovada por unanimidade, a 16 de Dezembro de 2015, como já referido. Esta solução terá um papel fundamental no controlo das inundações que ciclicamente se verificam em vários locais da cidade de Lisboa, minimizando, consequentemente, os impactes sociais e ambientais das inundações.

As redes de drenagem destas áreas, junto ao estuário, estão sujeitas às marés e possuem uma reduzida disponibilidade gravítica para o escoamento dos caudais gerados a montante. A situação tem tendência a agravar-se devido à crescente ocupação de território e ao efeito de alterações climáticas, nomeadamente no que respeita ao aumento do nível de água do mar e ao aumento da probabilidade de ocorrência de eventos extremos de precipitação. Essas situações constituem desafios particularmente difíceis de controlar, mas que urge resolver (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

Neste contexto, os dois túneis foram concebidos para transportar caudais centenários (para um período de retorno de 100 anos), libertando o sistema a jusante e minimizando os riscos de inundação em zonas criticas da cidade (em particular, as zonas de baixas cotas) (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

O projeto que agora se analisa contribui de forma muito significativa para o desenvolvimento de uma solução integrada de controlo das inundações, de modo a dotar a cidade com um conjunto de infraestruturas de drenagem estruturantes que a prepare para os desafios dos seculos XXI e XXII.

1.3.1 A necessidade do projeto e objetivos

Em períodos de elevada intensidade pluvial (que ocorre algumas vezes por ano) os caudais gerados são elevados e não existe, num tecido urbano já muito ocupado e até consolidado, a possibilidade de infiltrar ou de armazenar esses mesmos caudais. Tal decorre das condicionantes existentes em termos de espaço para ampliação dos sistemas de drenagem ou para a criação de estruturas de armazenamento. Deste modo perante a ocorrência de eventos mais significativos verifica-se a ocorrência de inundações em zonas mais vulneráveis por extravasamentos e entrada em carga de coletores.

A solução preconizada compreende o desvio dos caudais pluviais excendentários e transporte através dos túneis, de modo a aliviar a capacidade hidráulica do sistema de drenagem nas zonas baixas e planas da cidade, deixando de haver lugar a inundações.

A necessidade específica do projeto e os seus principais objetivos são apresentados seguidamente.

Túnel Monsanto-Santa Apolónia

As zonas de Alcântara e da Baixa de Lisboa estão sujeitas a inundações significativas (que podem ser agravadas pelas alterações climáticas e especialmente eventos extremos decorrentes), com elevadas perturbações e danos (Figura 1.3-2), que importa resolver ou pelo menos atenuar, especialmente em períodos de elevada intensidade pluvial.

Rossio

Alcântara

Figura 1.3-1 – Inundações na Baixa de Lisboa e zona baixa de Alcântara

Fonte: (Figueiral, 2014) à esquerda e (Consórcio Hidra/Engidro, 2015) à direita

Assim, o projeto dos túneis destina-se a reduzir os riscos de inundações, entre outras zonas, na zona baixa de Alcântara e Baixa de Lisboa, contribuindo para assegurar resiliência e capacidade de adaptação face a estes fenómenos climáticos. O objetivo do TMSA é desviar os caudais das bacias intercetadas de modo a reduzir os caudais afluentes à zona baixa de Alcântara e Baixa de Lisboa.

A presente solução consiste num túnel com extensão total de aproximadamente 5 km que cruza diversas bacias importantes e drena as águas a montante, permitindo resolver os principais problemas de ocorrência de inundações na zona baixa de Alcântara, Av. Liberdade, Rua de São José e Av. Almirante Reis.

O dimensionamento do TMSA permite, mesmo tendo em consideração os efeitos de agravamento devido às alterações climáticas, assegurar bons níveis de desempenho para uma precipitação com período de retorno de 100 anos, correspondente a caudais gerados e intercetados pelo túnel, na obra de desvio do Caneiro e nas câmaras de Santa Marta e Avenida Almirante Reis, da ordem dos 170 m^3/s (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

Túnel Chelas-Beato

As zonas de Chelas e Beato estão sujeitas a inundações significativas (que podem ser agravadas pelas alterações climáticas e especialmente eventos extremos decorrentes), com elevadas perturbações e danos, que importa resolver ou pelo menos atenuar.

Figura 1.3-2 – Inundações na zona de Xabregas

Fonte: (Tavares, 2010)

Com o objetivo de minimizar o risco de ocorrência de inundações que se registam com muita frequência na zona baixa de Chelas e Xabregas propôs-se a construção de um túnel de drenagem para desviar os caudais provenientes de toda a zona norte da bacia até ao cruzamento da Estrada de Chelas com a Av. Santo Condestável. Esta intervenção permite aliviar toda a rede a jusante a partir deste ponto.

A presente solução consiste num túnel com uma extensão total de aproximadamente 1.5 km, dimensionado para ter a capacidade de escoar, para o período de retorno de 100 anos, num cenário agravado, um caudal afluente de cerca de 145 m^3/s.

Assim, o TCB destina-se a reduzir os riscos de inundações em zonas específicas de Chelas e Beato contribuindo para assegurar resiliência e capacidade de adaptação face a estes fenómenos climáticos.

Alternativas

No desenvolvimento do projeto foram consideradas alternativas de projeto, decorrentes da evolução do mesmo e que permitem analisar e considerar a alternativa que melhor se ajusta a cada situação e condicionantes locais, concertadas com outras propostas já existentes para as zonas em causa. As alternativas de projeto, serão abordadas com mais detalhe no Subcapítulo 2.4.

1.4 METODOLOGIA E DESCRIÇÃO GERAL DA ESTRUTURA DO EIA

O estudo a seguir descrito foi realizado de acordo com a legislação em vigor, referente à Avaliação de Impacte Ambiental, nomeadamente o Decreto-Lei n.º 151-B/2013, de 31 de outubro (e o Decretos-Lei n.º 47/2014 de 24 de março e 179/2015, de 27 de agosto, que procederam à sua alteração); e a Portaria nº 395/2015, de 4 de novembro, que revoga a Portaria nº 330/2001, de 2 de abril, referente às normas técnicas do EIA.

Foi ainda tido em consideração o documento "Requisitos técnicos e número de exemplares de documentos a apresentar em suporte digital - Avaliação de Impacte Ambiental", publicado pela APA em março de 2015 (APA, 2015). Adicionalmente, nos casos omissos, poderá tomar-se como orientação para o formato e conteúdo do EIA o documento "Critérios para a fase de conformidade em AIA" (MAOTDR, s.d), disponível no site da APA.

A metodologia seguida na elaboração do presente EIA (Figura 1.4-1) compreendeu: (1) sistematização dos antecedentes, nomeadamente síntese dos grandes projetos de drenagem para a Cidade de Lisboa; (2) análise dos elementos do projeto e bibliografia das tipologias de impactes e boas práticas ambientais; (3) sistematização da legislação relevante, instrumentos de gestão territorial e planos; (4) sistematização e revisão bibliográfica dos estudos e dados dos vários fatores ambientais para descrição da situação do ambiente; (5) realização de trabalho de campo complementar e recolha de informação nos locais; (6) diálogo e concertação com a equipa de projeto e projetistas, bem como várias partes interessadas (7) detalhe das atividades de projeto nas diferentes fases (desde logo construção e operação) e diferenças nas alternativas consideradas (8) identificação, detalhe e avaliação dos impactes; (9) Impactes cumulativos; (10) ponderação e avaliação global dos impactes previstos; (11) identificação das potenciais medidas e boas práticas a adotar, bem como das (12) lacunas existentes e (13) programas de monitorização integrados no programa de gestão ambiental para a procura de sustentabilidade; (14) aferição dos resultados, tendo sido realizada uma análise e validação dos impactes e medidas propostas; (15) elaboração do relatório final do EIA.

O processo metodológico foi iterativo, tendo sido aprofundados aspetos e efetuadas caracterizações do estado do ambiente (e sua evolução) à medida que tal se mostrou relevante para suporte da decisão e avaliação. Deste modo, houve dois momentos de desenvolvimento do estado do ambiente, antes e depois do detalhe das atividades do projeto. Para cada

fator ambiental, o nível de desenvolvimento do estado do ambiente e impactes está associado à sua relevância de acordo com a tipologia de projeto em estudo, considerando também a fase do projeto (estudo prévio).

Importa destacar que metodologicamente se privilegiou a integração e desenvolvimento das soluções de projeto que minimizem os impactes e respondam ao objetivo assumido de integrar boas práticas ambientais e de procura da sustentabilidade. A versão agora considerada no EIA, que resulta de um processo de desenvolvimento e análise técnica e ambiental, tem por base a versão inicial proposta, revista e ajustada de acordo com as condicionantes locais. Saliente-se o diálogo e concertação com a equipa de projeto e projetistas, que levou ao desenvolvimento de soluções alternativas que atenuam os impactes e melhoram o desempenho. Foi ainda desenvolvido um trabalho de articulação com várias partes interessadas como Património cultural, urbanismo, área portuária, entre outros.

A análise é efetuada em fase de estudo prévio pelo que se assume que na fase de projeto de execução, após a AIA e já com base nas recomendações e condições impostas pela Declaração de Impacte Ambiental, se efetue o aprofundamento e desenvolvimento de alguns aspetos.

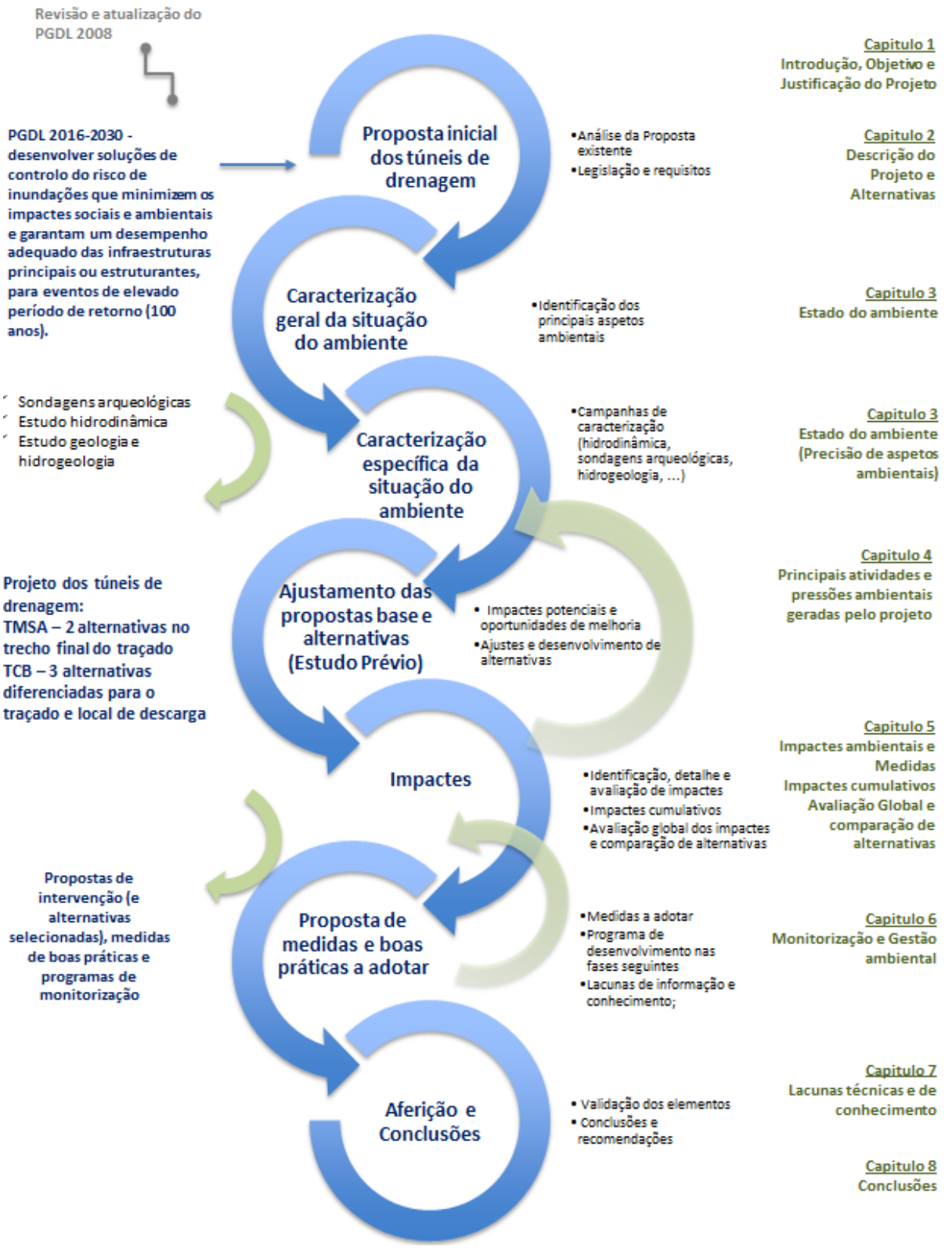


Figura 1.4-1 - Abordagem metodológica do EIA

Os fatores abordados na caracterização do ambiente e nos impactes associados ao projeto são suportados por cartografia em escala adequada, de forma a tornar mais compreensível e a apoiar o texto apresentado. As fontes de informação utilizadas estão referenciadas ao longo do texto, em elemento informativo ou ilustrativo.

No âmbito temático, a profundidade de abordagem de cada fator ambiental depende da relevância de cada um perante a situação específica deste projeto. Os fatores ambientais deste estudo, relativos à situação do ambiente, impactes e medidas, são os seguintes:

- Clima;
- Geologia e geomorfologia;
- Hidrogeologia e recursos hídricos subterrâneos;
- Solos e ocupação do solo;
- Hidrologia, drenagem e qualidade das águas superficiais;
- Qualidade do ar;
- Ruído;
- Fatores biológicos e ecológicos;
- Paisagem;
- Património arqueológico e arquitetónico;
- Planeamento e Ordenamento;
- Socio economia local e regional;
- Gestão dos resíduos do sistema;
- Análise e gestão dos riscos.

No Capítulo 3 efetua-se a caracterização do estado atual do ambiente suscetível de ser afetado pelo projeto. Considera-se como área de estudo todo o espaço físico envolvente até onde se façam sentir os seus efeitos, pelo que este não será necessariamente igual para todos os fatores considerados.

Assim, existirão diferentes enquadramentos (regional, municipal, envolvente e local) consoante o fator ambiental que estiver a ser analisado, utilizando escalas específicas de análise, nomeadamente a escala local, abrangendo a zona de intervenção do projeto e a envolvente (por exemplo paisagem), bem como a escala do município (para aspetos socioeconómicos). Além dos traçados dos túneis (para as propostas base) apresentam-se as zonas nas quais ocorrem intervenções à superfície (Figura 1.4-2), nas quais se adota a escala de análise local e envolvente imediata. As zonas com intervenção à superfície são:

- Zona 1: Campolide (Túnel Monsanto-Santa Apolónia);
- Zona 2: Avenida Liberdade / Santa Marta (Túnel Monsanto-Santa Apolónia);
- Zona 3: Almirante Reis (Túnel Monsanto-Santa Apolónia);
- Zona 4: Santa Apolónia (Túnel Monsanto-Santa Apolónia);
- Zona 5: Chelas (Túnel Chelas-Beato);
- Zona 6: Beato (Túnel Chelas-Beato) em quatro zonas diferenciadas, função da alternativa:
    - 6a: Terminal Multiusos do Poço do Bispo
    - 6b: Calçada Dom Gastão
    - 6c: Rua do Grilo
    - 6d: Doca do Poço do Bispo

Destas salientam-se as zonas de descarga (Zona 4 e Zona 6), nas quais a análise na envolvente considera também a zona de estuário na envolvente próxima. De referir que as zonas identificadas no Beato (Zonas 6a, 6b, 6c e 6d) já contemplam a localização das alternativas para o traçado do túnel Chelas-Beato, descritas com mais detalhe no subcapítulo 2.4. Ao longo do traçado dos túneis, em profundidade, a análise é também realizada à escala local e envolvente, essencialmente para os fatores ambientais relacionados com a geologia e hidrogeologia.

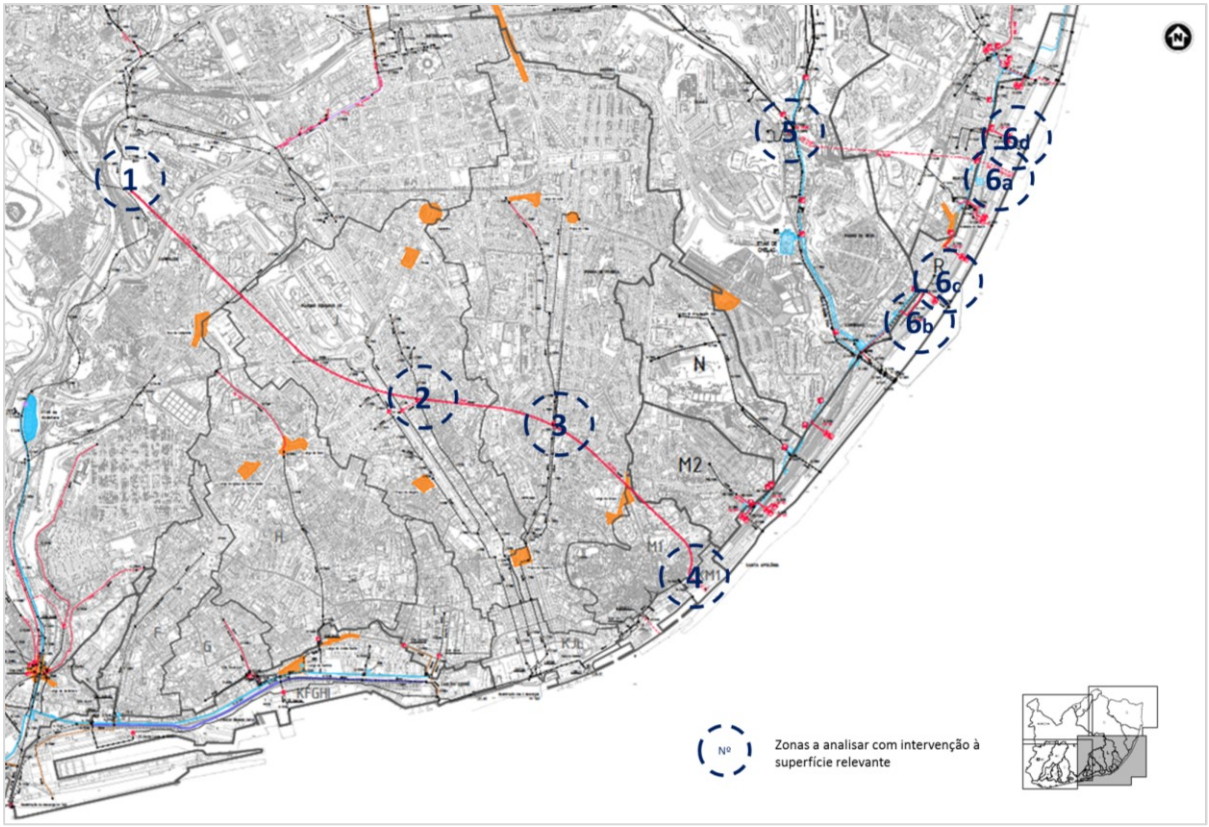


Figura 1.4-2 – Representação das zonas à superfície com análise à escala local e na envolvente imediata

Adaptado de (Consórcio Hidra/Engidro, 2015)

O projeto foi analisado segundo escalas espaciais relacionadas com as áreas de influência dos seus impactes, sendo variáveis consoante o fator ambiental em análise. Neste sentido, consideraram-se para cada área dois níveis espaciais de enquadramento de âmbito geográfico:

- área direta do projeto, na qual são abordados de forma detalhada a situação atual e impactes ambientais que decorrerão da fase de construção/operação do projeto, especialmente para os locais com intervenções à superfície;
- área envolvente (indireta) do projeto, na qual são avaliados a situação atual e os impactes durante a fase de construção/operação, que terá impactes potenciais sobretudo ao nível dos fatores ambientais da qualidade da água subterrânea e superficial, hidrogeologia, qualidade do ar, ruído, paisagem e socio economia. Considerou-se também um limite de envolvência das populações e acessos localizados na envolvente do projeto. Esta área envolvente é ajustada em função dos fatores ambientais analisados.

A caracterização dos fatores foi realizada com base no levantamento da informação disponível, dados de carácter bibliográfico e planos e regulamentos de relevância para a área em análise, bem como nos levantamentos de campo efetuados. As escalas abordadas no estado do ambiente (Capítulo 3) e nos impactes (Capítulo 5) são referenciadas no Quadro 1.4-1.

Quadro 1.4-1- Fatores ambientais e escalas consideradas

Fator ambiental (subcapítulo)	Escala
Clima (Subcapítulo 3.1 e 5.1);	Local, município e região
Geologia e geomorfologia (Subcapítulo 3.2 e 5.2);	Local (regional como enquadramento)
Solos e ocupação do solo (Subcapítulo 3.3 e 5.3);	Local (regional como enquadramento)
Hidrogeologia e recursos hídricos subterrâneos (Subcapítulo 3.4 e 5.4);	Local (enquadramento na escala municipal)
Hidrologia e qualidade das águas superficiais (Subcapítulo 3.5 e 5.5);	Enquadramento na Bacia hidrográfica e análise na zona local
Qualidade do ar (Subcapítulo 3.6 e 5.6);	Local
Ruído (Subcapítulo 3.7 e 5.7);	Local
Fatores biológicos e ecológicos (Subcapítulo 3.8 e 5.8);	Local
Paisagem (Subcapítulo 3.9 e 5.9);	Local e Envolvente (bacia visual)
Património arqueológico e arquitetónico (Subcapítulo 3.10 e 5.10);	Local
Planeamento e ordenamento (Subcapítulo 3.11 e 5.11);	Nacional (a título de enquadramento), regional, municipal e local
Socio economia local e regional (Subcapítulo 3.12 e 5.12);	Local, freguesia e município
Gestão dos resíduos do sistema (Subcapítulo 3.13 e 5.13).	Local
Análise e gestão dos riscos (Subcapítulo 3.14 e 5.14).	Local

No desenvolvimento do projeto, os traçados foram definidos considerando as infraestruturas existentes no subsolo que pudessem condicionar a sua passagem pelo que foram contactadas, pela equipa de projeto, diferentes concessionárias de forma a solicitar os cadastros nas áreas que interessam à obra, nomeadamente: Administração do Porto de Lisboa (APL), Carris – Transportes Públicos de Lisboa, Energias de Portugal (EDP), Empresa Portuguesa das Águas Livres (EPAL), Lisboagás, Metropolitano de Lisboa, NOS, ONI Telecomunicações, Portugal Telecom (PT), Redes de Sinalização Automática e Luminosa de Trânsito (SLAT), Serviço de Telecomunicações Militares (STM), COLT Telecom, Galp Energia, Ar Telecom - Acessos e Redes de Telecomunicações, Vodafone Portugal, Rede Elétrica Nacional (REN) e Infraestruturas de Portugal (IP).

Dos contactos efetuados ao longo da realização do projeto disponibilizam-se no Anexo AIII-1 o parecer da DGPC, assim como o ofício recebido por parte da Infraestruturas de Portugal.

Ao longo do período de elaboração do EIA foram ainda realizadas reuniões e consultadas diferentes entidades, às quais foi solicitada informação com propósito de caracterização do estado do ambiente, com base nos fatores ambientais referidos. Neste sentido, salienta-se as seguintes entidades e contributos:

- Equipas de projeto e projetistas: desenvolvimento de soluções, propostas de medidas, apoio na análise de fatores ambientais;

- Administração do Porto de Lisboa: análise das zonas de descarga consideradas e apoio na seleção de locais alternativos na zona portuária;
- Câmara Municipal de Lisboa: parecer sobre arvoredo do Departamento da Estrutura Verde, análise das questões arqueológicas, hidrogeológicas e urbanismo;
- Direção Geral do Património Cultural: apresentação e aferição do levantamento arqueológico (nomeadamente em Santa Apolónia) e das soluções de salvaguarda a considerar.

Estrutura do estudo

Considerando o disposto no documento "Requisitos técnicos e número de exemplares de documentos a apresentar em suporte digital - Avaliação de Impacte Ambiental" (APA, 2015), o EIA é apresentado em suporte digital de acordo com a seguinte estrutura e designação:

1. Relatório Síntese: RS_EIA_TuneisPGDL
2. Resumo Não Técnico: RNT_EIA_ TuneisPGDL
3. Anexos ao EIA: ANEXO_EIA_ TuneisPGDL
4. Cartografia/Desenhos do EIA: DES_EIA_ TuneisPGDL
5. Índice de Ficheiros do EIA: INDICE_EIA_ TuneisPGDL

Os aspetos estudados e desenvolvidos no presente Relatório Síntese são os seguintes:

Capitulo 1 – INTRODUÇÃO, OBJETIVO E JUSTIFICAÇÃO DO PROJETO

- *Identificação do projeto e do proponente*, onde é apresentado o projeto, o seu proponente e os seus objetivos, bem como os antecedentes do EIA e a metodologia utilizada;
- *Objetivos e justificação do projeto*, que inclui as razões e necessidades da realização deste projeto;

Capitulo 2 – DESCRIÇÃO DO PROJETO E ALTERNATIVAS

- *Descrição do projeto e das alternativas*, com detalhes de projeto, nomeadamente infraestruturas existentes, localização do projeto e apresentação das alternativas consideradas no âmbito do PGDL 2016-2030;

Capitulo 3 – ESTADO DO AMBIENTE

- *Caracterização do ambiente afetado pelo projeto*, com a apresentação da situação de referência, incluindo as características biofísicas e socioeconómicas da área em análise e a sua evolução previsível na ausência do projeto;

Capitulo 4 – CARGAS E PRESSÕES AMBIENTAIS GERADAS PELO PROJETO

- *Cargas e pressões ambientais*, com identificação das ações e atividades previstas no projeto, de forma detalhada, focando nas pressões e cargas geradas para o ambiente, nomeadamente descrição do tipo, quantidade e volume de efluentes, resíduos e emissões previsíveis, nas fases de construção, operação e desativação, para os diferentes meios físicos;

Capitulo 5 – IMPACTES AMBIENTAIS E MEDIDAS

- *Análise de impactes ambientais e medidas,* onde se procede à identificação, análise e avaliação dos impactes (de natureza singular e cumulativa) positivos e negativos sobre o ambiente, com posterior definição de medidas de

minimização e/ou valorização dos impactes identificados, e identificação dos riscos ambientais associados ao projeto; *Proposta de medidas de minimização e/ou valorização especificas dos impactes resultantes do projeto.*

Capitulo 6 – MONITORIZAÇÃO E GESTÃO AMBIENTAL

- *Planos de monitorização* onde se apresentam quais as componentes que deverão possuir um programa de monitorização e acompanhamento, bem como as *medidas de gestão ambiental.*

Capitulo 7 – LACUNAS TÉCNICAS E DE CONHECIMENTO

- *Lacunas técnicas ou de conhecimento*, onde serão expostas a informação e conhecimentos que não se dispõe;

Capítulo 8 - CONCLUSÕES

- *Conclusões*, com resumo do projeto e principais conclusões do EIA, com identificação das principais medidas de mitigação e/ou valorização dos impactes identificados e programas de monitorização, de forma a serem adequadamente preconizados pelo proponente;

BIBLIOGRAFIA

- *Bibliografia*, onde se encontra as referências da principal documentação consultada e utilizada no estudo.

O Resumo Não Técnico (RNT) é uma peça essencial à participação do público no procedimento de Avaliação de Impacte Ambiental (AIA), sendo em muitos casos a única fonte de informação de alguns segmentos do público interessado. O RNT deve ser suficientemente completo para que possa cumprir a função para a qual foi concebido, ou seja, sintetizar o conteúdo do EIA. No entanto, não deverá ser exaustivo, na medida em que não deve abordar, necessariamente, todos os pontos do EIA.

Para além do relatório síntese e resumo não técnico, face à tipologia e dimensão do projeto, de forma a facilitar a compreensão geral do mesmo e dos respetivos impactes resultantes, são disponibilizados anexos que podem ser consultados para uma informação mais específica. Estes incluem os seguintes volumes:

- Anexo I – Síntese das Alternativas do PGDL (2016-2030)
- Anexo II – Estudos e Campanhas de Caracterização realizados

AII-1 - Estudo do descritor hidrogeologia para a construção dos túneis Monsanto-Santa Apolónia e Chelas-Beato, no âmbito do Plano Geral de Drenagem de Lisboa

AII-2 - Estudo do efeito de descarga das águas pluviais dos túneis Monsanto-Santa Apolónia e Chelas-Beato na hidrodinâmica local e na dinâmica sedimentar junto ao rio Tejo

AII-3 – Património Arqueológico, Arquitetónico e Etnográfico:

a. Relatório sobre a Avaliação do Fator Património Arqueológico, Arquitetónico e Etnográfico do Estudo de Impacte Ambiental de dois túneis de drenagem de Lisboa

b. Relatório final das Sondagens Arqueológicas em Santa Apolónia

AII-4 – Fatores biológicos e Ecológicos:

a. Relatório técnico da avaliação visual e avaliação de risco do arvoredo no âmbito das intervenções na Frente Ribeirinha Santa Apolónia – Praça do Comércio

b. Parecer técnico sobre o arvoredo a afetar pela obra do túnel de drenagem no Largo do Museu de Artilharia/Avenida Infante Dom Henrique

AII-5 – Relatórios dos estudos geológico-geotécnicos efetuados pelo LNEC

- Anexo III – Outros elementos

AIII-1 – Ofícios DGPC e IP

AIII-2 – Estudo dos Benefícios do Projeto – Elementos de Apoio

AIII-3 – Avaliação Global de Impactes para as Alternativas de Projeto analisadas

- Anexo IV – Cartografia: Peças desenhadas

AIV-1 - TMSA

AIV-1.1 - DES_EIA_TuneisPGDL_01_TMSA2 (Alternativa selecionada)

DES_EIA_TuneisPGDL_01-1_TMSA2_PlantaGeral

DES_EIA_TuneisPGDL_01-2-1_TMSA2_Perfil-1

DES_EIA_TuneisPGDL_01-2-2_TMSA2_Perfil-2

DES_EIA_TuneisPGDL_01-2-3_TMSA2_Perfil-3

DES_EIA_TuneisPGDL_01-2-4_TMSA2_Perfil-4

DES_EIA_TuneisPGDL_01-2-5_TMSA2_Perfil-5

AIV-2 - TCB

AIV-2.1 - DES_EIA_TuneisPGDL_02_TCB4 (Alternativa selecionada)

DES_EIA_TuneisPGDL_02-1_TCB4_Planta_Perfil

Os Anexos incluem informação complementar necessária ao bom entendimento de aspetos específicos do EIA, sendo parte integrante deste.

1.5 IDENTIFICAÇÃO DOS RESPONSÁVEIS PELA ELABORAÇÃO DO EIA

O presente Estudo de Impacte Ambiental foi desenvolvido pela 4Rs, que reuniu para o efeito uma equipa constituída pelos principais elementos apresentados no seguinte Quadro 1.5-1. No Quadro 1.5-2 apresenta-se também os estudos específicos setoriais complementares relevantes para o EIA e os respetivos autores.

Quadro 1.5-1 – Equipa do EIA

Nome	Formação	Área de intervenção
Prof. Dr.º Manuel Duarte Pinheiro	Eng.º do Ambiente, Doutorado em Engª do Ambiente, Prof. Universitário	Coordenação de Projeto
Eng.ª Deolinda Ramos Chaves	Eng.ª Agrónoma	Apoio geral ao EIA, Solos e Instrumentos do Ordenamento do Território. Aspetos sócio económicos

Nome	Formação	Área de intervenção
Eng.ª Daniela Urbano (DECivil, IST)	Eng.ª do Ambiente	Qualidade do Ambiente. Apoio geral ao EIA e cartografia
Dr.ª Evelina Moura (GEOTPU, FCT, UNL)	Doutorada em Engenharia do Ambiente	Clima, Fatores biológicos e ecológicos
Dr.º Henrique Graça	Geólogo, Mestre em Engª Geológica	Geologia e Hidrogeologia
Eng.º Hugo Leitão Eng.º Ricardo Rodrigues (Inambiente)	Eng.º do Ambiente Eng.º do Ambiente	Ruído
Arqueólogo João Carlos Caninas Arqueólogo, Mário Monteiro (Emérita)	Consultores em Arqueologia	Património Arqueológico, Arquitetónico e Etnológico

Quadro 1.5-2 – Estudos específicos setoriais complementares relevantes para o EIA

Nome	Formação	Área de intervenção
Arqueológo Artur Rocha Arqueológa Nádia Figueira Arqueóloga Joana Inocência (Arqueohoje, Restauro do Património Monumental, Lda)	Consultores em Arqueologia (Santa Apolónia)	Património Arqueológico (Santa Apolónia)
Prof. Dr. Luís Filipe Tavares Ribeiro Dr.ª M. Teresa Condesso de Melo Geólogo Filipe Miguéns (Waterways)	Engenheiro de Minas, PhD, Prof. Associado IST Geóloga, PhD Geólogo, MSc	Hidrogeologia
Eng.º Paulo Chambel Leitão Eng.º José Chambel Leitão	Eng.º Civil, Doutorado Eng.º Civil, Doutorado	Estudo do efeito de descarga das águas pluviais dos túneis
Eng.ª Ana Júlia Francisco	Engenheira Agrónoma	Avaliação do Arvoredo

A elaboração do presente relatório e dos trabalhos a ele associados decorreu durante os meses de julho de 2016 a Março de 2017.

1.6 CONFORMIDADE COM INSTRUMENTOS DE GESTÃO TERRITORIAL E ENQUADRAMENTO COM PLANOS E ESTRATÉGIAS PROPOSTAS

Seguidamente caracteriza-se a conformidade do projeto face aos instrumentos de gestão territorial existentes e em vigor, bem como com outros planos, enquadrando-o ao nível nacional, regional e municipal.

Considerando a especificidade e âmbito do presente projeto, importa considerar outros documentos com orientações estratégicas e setoriais com potencial relevância para o projeto e área em causa. Esses documentos e orientações estratégicas, bem como os instrumentos de gestão territorial e programas que têm incidência na zona onde se insere o projeto identificam-se de seguida.

Instrumentos de âmbito nacional

- Programa Nacional da Politica de Ordenamento do Território – PNPOT;
- Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas - ENAAC;
- Plano Nacional da Água – PNA;

Instrumentos de âmbito regional

- Plano Regional de Ordenamento do Território da Área Metropolitana de Lisboa – PROT-AML;
- Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Tejo - PBH Rio Tejo;
- Plano de Gestão dos Riscos de Inundações - Região Hidrográfica 5 - Tejo e Ribeiras do Oeste - PGRI.

Instrumentos de âmbito municipal

- Plano Diretor Municipal de Lisboa – PDM de Lisboa;
- Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas de Lisboa – EMAAC 2016.

A análise detalhada relativamente à conformidade destes instrumentos e programas/estratégias é apresentada no Subcapítulo 3.11 do presente relatório, onde se analisa a conformidade do projeto de acordo com os objetivos e estratégias propostas em cada instrumento.

O PNPOT inclui nos objetivos específicos do seu Programa de Ação a necessidade de avaliar e prevenir situações de risco, nas quais se incluem as inundações. Privilegia a criação de mecanismos de prevenção, nos quais se incluem os túneis de drenagem, uma vez que potenciam a prevenção dos riscos de cheia, minimizando a necessidade de implementação de medidas reativas.

A PNA nos seus objetivos refere a necessidade de prevenção e proteção contra os riscos de inundações, assim como o PBH Rio Tejo que ressalva a especial relevância que deve ser atribuída às inundações, sobretudo pela importância dos núcleos urbanos sujeitos a este tipo de ocorrências. De igual modo, o PDM destaca a necessidade de reforçar a resiliência da cidade, atenuando os riscos de inundações.

Especificamente salienta-se a ENAAC que nas suas áreas temáticas considera a integração da adaptação na gestão dos recursos hídricos, incorporando a componente de adaptação nos instrumentos de politica, planeamento e gestão da água, dos quais é exemplo o PGDL. Este aspeto vai de encontro ao proposto no PROT-AML cuja Avaliação Ambiental Estratégica destaca a necessidade de uma melhor gestão dos riscos naturais em meio urbano, entre eles o agravamento de inundações. A nível municipal importa referir a EMAAC, cujos princípios orientadores relativos à gestão do ciclo da água se articulam com o PGDL. Dá especial enfoque à gestão do sistema de drenagem, para efeitos de controle das inundações e num contexto de alterações climáticas.

Saliente-se assim que os documentos referidos consideram, nas suas estratégias e objetivos, a previsão da mitigação e adaptação às alterações climáticas e eventos extremos decorrentes, bem como a prevenção e proteção contra riscos de inundações, considerados no presente projeto. O projeto dos túneis de drenagem, enquadrados no âmbito do PGDL 2016-2030, permite assim responder aos objetivos e estratégias referidas.

2 DESCRIÇÃO DO PROJETO E ALTERNATIVAS

2.1 PROPOSTA PARA OS TÚNEIS

A proposta dos dois grandes coletores, designados por túneis (Monsanto-Santa Apolónia e Chelas-Beato), tem como objetivo a melhoria das condições de drenagem na cidade de Lisboa, aumentando a capacidade de drenagem e reduzindo os riscos de inundação em Lisboa, associados a eventos extremos de pluviosidade.

Atualmente em fase de Estudo Prévio, as soluções dos túneis, integradas no âmbito do PGDL (2016-2030), dispõem de um programa base associado a cada solução. Adicionalmente, de forma a confinar a construção às especificações e limitações locais, são apresentadas soluções com um maior grau de detalhe para intervenções mais específicas, nomeadamente, anteprojeto para os locais com poços de ligação e das saídas em Santa Apolónia e no Beato.

O TMSA é, na quase totalidade do seu traçado (à exceção da parte final), efetuado em profundidade e atravessa a cidade de Lisboa entre Campolide e Santa Apolónia (peças desenhadas 07.6[1] e 07.7[2] do PGDL 2016-2030), em algumas zonas a mais de 70 metros, sendo que as intervenções à superfície são localizadas nas zonas de ligação a coletores existentes. A implementação do projeto em fase de construção vai assentar no desenvolvimento localizado de estaleiros e frentes de obra. É de destacar o estaleiro onde se dá inicio à instalação das infraestruturas de apoio ao túnel principal, a localizar nas proximidades de Monsanto, por onde irão entrar os materiais de obra e sair também, em camião, os produtos de escavação utilizando para o efeito as vias rodoviárias na proximidade (essencialmente, o Eixo Norte-Sul).

O TCB (peça desenhada 08.4[3] do PGDL 2016-2030) tem inicio em Chelas e termina no Beato. O seu traçado é também maioritariamente executado em profundidade, sendo a obra de entrada e o troço final executados à superfície.

Seguidamente, precisam-se as principais componentes dos projetos (2.2), a sua localização, as áreas sensíveis na área de intervenção e condicionantes, servidões e restrições de utilidade pública associadas, bem como os equipamentos e infraestruturas eventualmente afetados (2.3), as alternativas consideradas (2.4) e os projetos complementares (2.5). É ainda apresentada a programação temporal prevista e o investimento associado ao projeto (2.6).

2.2 PRINCIPAIS COMPONENTES DO PROJETO

2.2.1.1 Túnel Monsanto-Santa Apolónia

O TMSA tem início junto à Quinta do Zé Pinto, na zona de Campolide, intercetando o Caneiro de Alcântara num troço imediatamente a jusante da confluência dos dois ramos, desenvolvendo-se numa extensão de aproximadamente 5 km até à zona de Santa Apolónia, onde descarrega os caudais transportados para o rio Tejo. O troço final, com cerca de 200 m de extensão, será executado a céu aberto. O diâmetro interno do túnel é de 5.5 m, passando a constituir uma secção retangular no troço realizado em vala, em Santa Apolónia. Esta secção passa sobre o metro e aumenta progressivamente em largura até à descarga final no rio Tejo, onde atinge 28 metros de largura e 3.5 m de altura. O traçado em planta da

[1] http://www.cm-lisboa.pt/fileadmin/PARTICIPAR/plano_drenagem/PGDL_D07.6_-_Sistema_de_Alcantara.pdf

[2] http://www.cm-lisboa.pt/fileadmin/PARTICIPAR/plano_drenagem/PGDL_D07.7_-_Sistema_de_Alcantara.pdf

[3] http://www.cm-lisboa.pt/fileadmin/PARTICIPAR/plano_drenagem/PGDL_D08.4.1_-_Sistema_de_Chelas.pdf

proposta base para o TMSA apresenta-se na Figura 2.2-1, onde a amarelo se representa o troço realizado em profundidade e a vermelho as intervenções à superfície, bem como o troço realizado em vala, em Santa Apolónia.

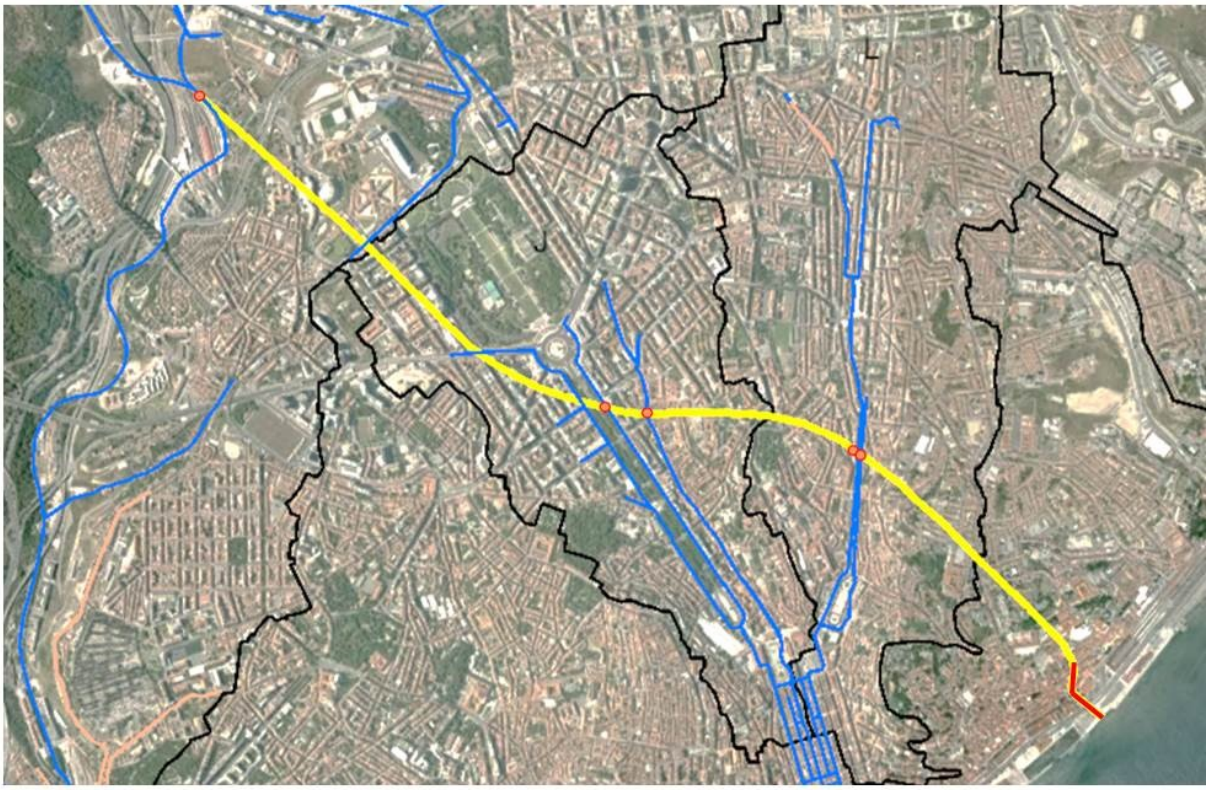


Figura 2.2-1- Traçado do túnel de drenagem Monsanto-Santa Apolónia, de acordo com o previsto no PGDL 2016-2030

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2015)

Prevê-se a construção de poços de ligação para aos principais coletores nas zonas atravessadas pelo túnel: na Rua Alexandre Herculano, na zona de desvio de caudais dos coletores unitários e das margem direita e esquerda da Av. da Liberdade, bem como no coletor da Rua de Santa Marta no cruzamento com a Rua Barata Salgueiro e no coletor situado na Av. Almirante Reis, no cruzamento desta com a Travessa do Maldonado. Como referido, a função destas infraestruturas respeita à interceção e desvio dos caudais pluviais excedentários, a partir dos coletores existentes. Estes caudais são encaminhados para o túnel, para descarga final no estuário do Tejo.

O túnel irá apresentar declives de 0.7% entre Campolide e a Rua de Santa Marta e de 0.45% entre Santa Marta e Santa Apolónia.

Na análise do perfil do túnel (Peças desenhadas 07.6 e 07.7 do PGDL) destacam-se três zonas em que o recobrimento é menor, nomeadamente na Rua de Santa Marta, cruzamento com o túnel do Metro no Intendente, e na zona final do túnel em Santa Apolónia.

2.2.1.2 Túnel Chelas-Beato

O TCB destina-se a transportar o caudal pluvial excedentário da zona norte da bacia O. Tem inicio próximo do cruzamento da Estrada de Chelas com a Av. Santo Condestável, intercetando o grande coletor unitário da bacia O. Promove o alivio de toda a rede para jusante a partir deste ponto e minimizando o risco de ocorrência de inundações que atualmente se registam com muita frequência na zona baixa de Chelas e Xabregas.

O traçado do TCB tem na sua totalidade cerca de 1.5 km, sendo cerca de 1.0 km a executar em profundidade e o restante em vala aberta. Tem um diâmetro interno de 5.5 m e uma inclinação de cerca de 0.5% em toda a sua extensão. Este foi dimensionado para ter a capacidade de escoar caudais de 147 m^3/s, gerados por eventos de pluviosidade com período de retorno de 100 anos.

Na figura seguinte apresenta-se a proposta base do traçado do túnel em planta, onde a amarelo se representa o troço executado em profundidade e a vermelho as intervenções a executar à superfície, que correspondem à obra de entrada (Chelas) e troço final até à descarga no rio Tejo (Beato).

Figura 2.2-2 - Traçado do túnel de drenagem Chelas-Beato, de acordo com o previsto no PGDL 2016-2030
Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2015)

2.3 LOCALIZAÇÃO DO PROJETO, INSTRUMENTOS DE GESTÃO DO TERRITÓRIO E CONDICIONANTES

2.3.1 Localização

A área de interesse para o PGDL (2016-2030) é de 10 239 ha e abrange todo o concelho de Lisboa e parcelas dos concelhos da Amadora, Oeiras e Loures. O concelho da Amadora contribui para o escoamento do vale de Alcântara e do vale de Algés; o concelho de Oeiras para o escoamento do vale de Algés; e a rede de drenagem da zona de Moscavide, no concelho de Loures, descarrega no sistema de Lisboa. O concelho de Odivelas recebe águas do concelho de Lisboa, através da Calçada de Carriche.

As intervenções a realizar à superfície no âmbito da execução dos túneis (Figura 2.3-1) irão decorrer, para o túnel Monsanto-Santa Apolónia, de forma pontual entre Campolide e Santa Apolónia, nomeadamente em Campolide, Avenida da Liberdade, Santa Marta, Avenida Almirante Reis e Santa Apolónia. Para o túnel Chelas-Beato, as intervenções têm inicio em

Chelas, junto à Estrada de Chelas, onde se localiza a obra de entrada e o troço de jusante tem inicio na Rua dos Amigos de Lisboa, no Beato, terminando com o local de descarga no rio Tejo.

Figura 2.3-1 - Planta geral da implantação do traçado dos dois túneis – traçados base

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2015)

2.3.2 Áreas sensíveis na área de intervenção

Do ponto de vista ecológico e patrimonial, de acordo com o Art.º 2 do Decreto-Lei n.º 69/2000, de 3 de maio, alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 197/2005, de 8 de novembro, na área de intervenção dos túneis e sua envolvente direta, não se localizam quaisquer áreas identificadas como "áreas sensíveis", no âmbito das Áreas Protegidas ao abrigo do Decreto-Lei n.º 142/2008, de 24 de julho; Sítios da Rede Natura 2000, Zonas Especiais de Conservação e Zonas de Proteção Especial, classificadas nos termos do Decreto-Lei n.º 140/99, de 24 de abril.

Por outro lado, no que respeita a áreas de proteção dos Monumentos Nacionais e Imóveis de Interesse Público definidos nos termos da Lei n.º 13/85, de 6 de julho, salienta-se a existência da Cerca Fernandina na zona de Santa Apolónia, no caso do TMSA, entre outros Imóveis de Interesse Público na envolvente dos traçados propostos, sendo a análise detalhada na caracterização da situação de referência para o fator ambiental do património arqueológico e arquitetónico (subcapítulo 3.10).

2.3.3 Condicionantes, Servidões e Restrições de Utilidade Pública

A área de intervenção dos túneis em análise no presente EIA localiza-se na sua totalidade no Concelho de Lisboa, encontrando-se sujeito a regulamentações e restrições de uso do solo de carácter geral, decorrentes da legislação nacional e dos instrumentos normativos relacionados com o ordenamento do território e o planeamento e uso do solo.

De acordo com a tipologia de projeto, grande parte da intervenção realiza-se em profundidade, onde as condicionantes em termos de ordenamento são limitadas ou reduzidas. Nas intervenções à superfície o desenvolvimento do projeto assegurou a sua compatibilização com as condicionantes referidas.

2.3.4 Identificação de equipamentos e infraestruturas relevantes potencialmente afetadas pelo projeto

Considerando que as intervenções dos túneis são, na sua generalidade, subterrâneas não afetam equipamentos ou infraestruturas de relevância. No entanto, no caso do TMSA, o seu traçado tem interferência com algumas infraestruturas, tais como linhas do Metropolitano de Lisboa e condutas de abastecimento de água da EPAL. As principais condicionantes na definição do perfil longitudinal são as interceções com o túnel do Metro na zona de Santa Apolónia e na Av. Almirante Reis, onde a distância entre as duas infraestruturas é reduzida.

Salientam-se também os locais com intervenções à superfície que, no caso do TMSA, correspondem à Rua de Santa Marta no cruzamento com a Rua Barata Salgueiro, cruzamento da Rua Alexandre Herculano com Avenida da Liberdade e Rua de Santa Marta, cruzamento da Avenida Almirante Reis com a Travessa do Maldonado, assim como a localização do troço final em Santa Apolónia. Nestes locais, existem os normais equipamentos e infraestruturas à superfície que poderão ser afetados durante a fase de construção, das quais se salientam as infraestruturas rodoviárias existentes.

Também o TCB, nos troços inicial e final realizados em vala, poderá afetar sobretudo as vias rodoviárias onde decorrerão os trabalhos, nomeadamente Estrada de Chelas, Rua Amigos de Lisboa e a Avenida Infante D. Henrique. Considera-se que o traçado base apresentado considera três questões críticas principais: a travessia do Porto de Lisboa com abertura de vala, os locais de execução dos poços de ataque do túnel, a travessia da Av. Infante D. Henrique e o eventual desvio de conduta da EPAL.

2.4 EVOLUÇÃO DO PROJETO E ALTERNATIVAS DESENVOLVIDAS

Ao longo da elaboração das soluções em programa base e anteprojeto dos dois túneis, foram desenvolvidas alternativas de projeto, apresentadas de seguida. Estas alternativas resultam da evolução do projeto decorrente da sua compatibilização com as condicionantes identificadas nos locais atravessados pelo traçado proposto. As alternativas de projeto constituem, assim, uma adaptação das soluções às limitações locais, com ajustes nos traçados base (referidos nos subcapítulos anteriores) inicialmente propostos no PGDL e alterações no local e modos de descarga.

2.4.1 Túnel Monsanto-Santa Apolónia

Para o TMSA as soluções diferem essencialmente no troço final, com ajustes pontuais ao longo do restante traçado proposto. Da evolução do projeto resultam duas opções para o seu traçado, designadas Alternativa TMSA1 e Alternativa TMSA2. A implantação do traçado das duas alternativas apresenta-se na Figura 2.4-1.

Figura 2.4-1 - Planta síntese de implantação das alternativas TMSA1 e TMSA2 para o TMSA

Adaptado de (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

2.4.1.1 Alternativa de base - TMSA1

A Alternativa TMSA1 corresponde ao traçado base inicialmente proposto. O traçado junto a Santa Apolónia provém da Rua do Museu de Artilharia, iniciando o troço em vala ainda nesta via (Figura 2.4-2).

No decorrer da evolução do projeto e com os estudos sectoriais efetuados, o traçado inicialmente proposto apresentou condicionantes ao nível do património e ao nível da execução da parte final do troço em profundidade, pela largura da Rua do Museu de Artilharia, que poderia dificultar os trabalhos neste local.

Assim, o traçado foi ajustado de forma a responder às condicionantes identificadas, evoluindo para a Alternativa TMSA2.

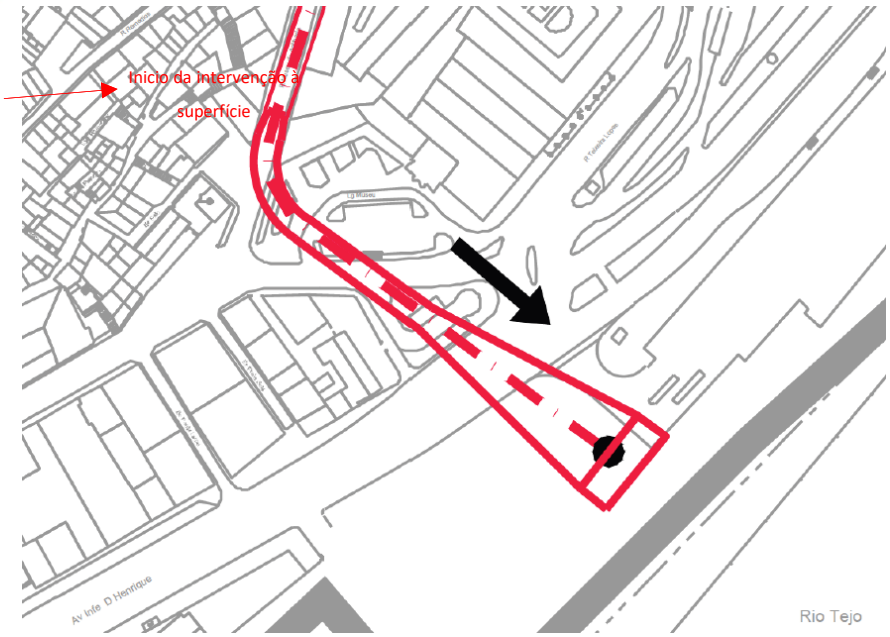


Figura 2.4-2 - Troço final do túnel Monsanto-Santa Apolónia para a Alternativa 1 (TMSA1)

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

2.4.1.2 Alternativa TMSA2

De acordo com as características e condicionantes identificadas no local (entre outros, de forma a evitar afetação do troço de Cerca Fernandina), a solução inicial foi ajustada, propondo-se uma alternativa, designada Alternativa TMSA2, que considera variações, maioritariamente, na parte final do traçado em zona de menor recobrimento.

Foi assim proposto um traçado cujo troço à superfície se inicia com uma orientação diferente. O trecho final do túnel desenvolve-se desde o Beco do Belo até ao Terminal de Cruzeiros em Santa Apolónia. Este mesmo traçado foi ainda ajustado após a realização das sondagens arqueológicas (Figura 2.4-2) que permitiram identificar com maior detalhe a localização dos potenciais condicionamentos no local, correspondentes à localização dos elementos da Cerca Fernandina, permitindo assim a sua preservação, uma vez que o túnel se localiza sob a muralha.

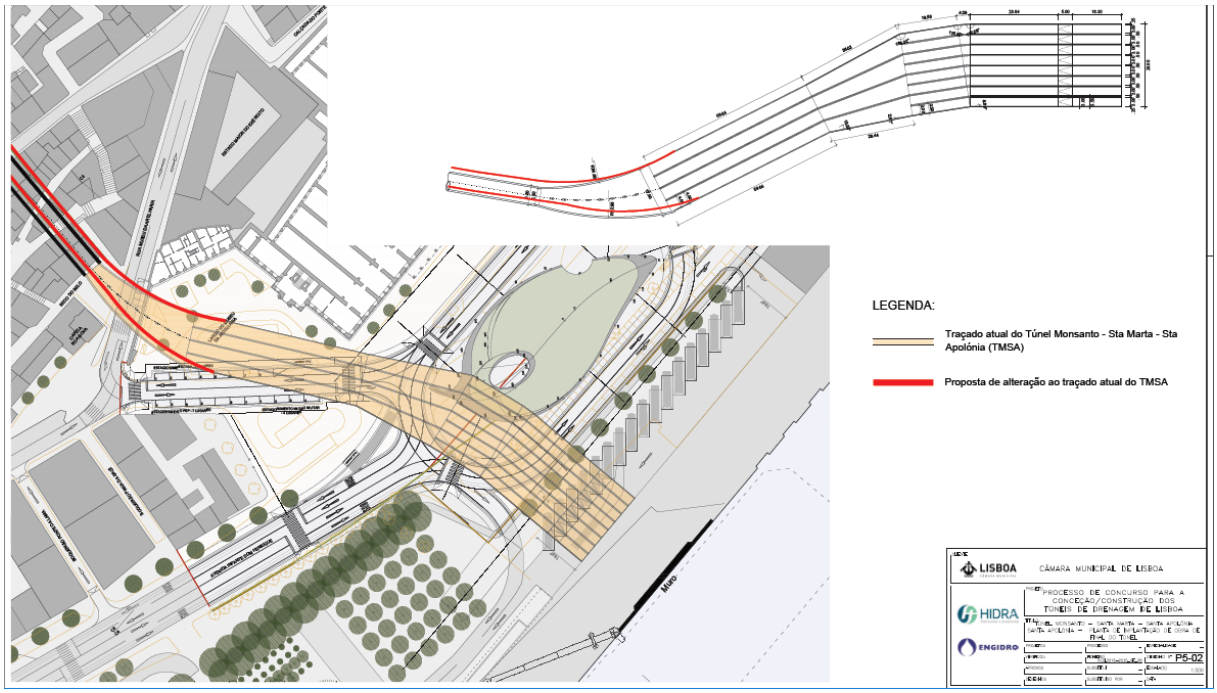


Figura 2.4-3 - Solução e traçado para a Alternativa TMSA2 para o troço final em Santa Apolónia

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

Alternativa selecionada e desenvolvida em projeto

Resultante da evolução do projeto e ajustes face às condicionantes identificadas, a alternativa selecionada e desenvolvida no projeto foi, assim, a Alternativa TMSA2, com a execução em vala a iniciar-se no Beco do Belo e a terminar junto ao Terminal de Cruzeiros, em Santa Apolónia. O traçado foi ajustado de modo a que não intercetasse os elementos da Cerca Fernandina identificados no local e de forma a minimizar os potenciais constrangimentos associados à obra de saída na Rua do Museu de Artilharia. Não obstante, no EIA considera-se a análise da alternativa base do traçado (TMSA1) e da alternativa que resultou da evolução do projeto (TMSA2), evidenciando-se pela análise efetuada (Subcapítulo 5.18) que a Alternativa TMSA2 é a que globalmente permite concretizar os objetivos do projeto, minimizando os impactes decorrentes.

Soluções de descarga

Com base na modelação da descarga e tendo em vista assegurar a minimização da afetação portuária e do estuário foram estudadas soluções distintas no que respeita ao modo e geometria da descarga, ajustados de acordo com as características do local. As soluções consistiam essencialmente na introdução, ou não, de um muro/antepara em frente à descarga, com objetivo de limitar a sua influência no meio recetor. Esta solução foi desde logo analisada no estudo sectorial apresentado para o fator ambiental "Hidrologia, drenagem e qualidade da água", cuja análise se apresenta no subcapítulo 5.5.

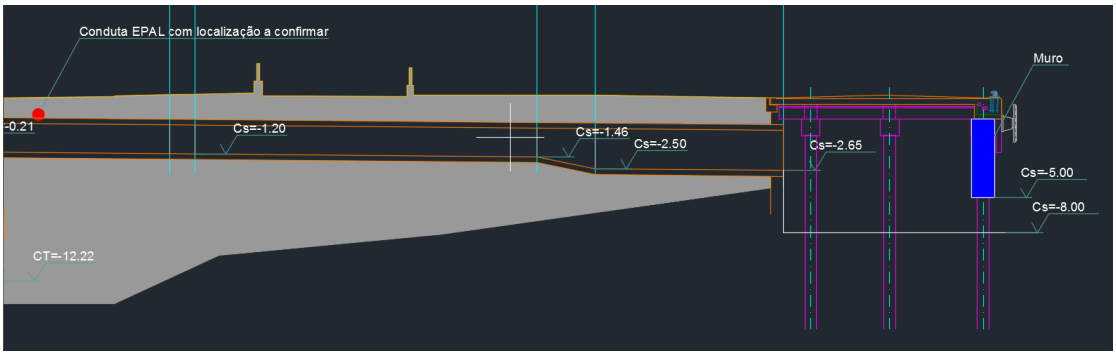


Figura 2.4-4– Corte da zona terminal do túnel de Santa Apolónia com representação do muro em frente à descarga

Fonte: (Hidromod, 2017)

2.4.2 Túnel Chelas-Beato

Com a evolução do projeto, para o traçado base do TCB foram sendo desenvolvidas e analisadas diferentes alternativas, de modo a reduzir a afetação das atividades portuárias na zona da descarga e outras perturbações decorrentes das intervenções a realizar. O traçado base (Alternativa TCB1) e as 3 alternativas desenvolvidas (TCB2, TCB3 e TCB4) apresentam-se na Figura 2.4-5. Todas as alternativas têm em comum a zona de início do túnel, junto à Estrada de Chelas, variando o traçado a partir desse local, assim como a zona de saída e o local de descarga no rio.

Figura 2.4-5 - Planta síntese de implantação das alternativas TCB1, TCB2, TCB3 e TCB4

Adaptado de (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

2.4.2.1 Alternativa de base - TCB1

A Alternativa TCB1 corresponde ao traçado previsto no âmbito do PGDL 2016-2030, sendo a saída do túnel na Rua Amigos de Lisboa. Esta zona de saída apresenta algumas condicionantes do ponto de vista da descarga no rio, uma vez que o ponto de descarga se localiza numa área concessionada pela APL onde atracam embarcações de carga a granel.

Apesar de se ter previsto uma saída no rio com velocidades similares à existente no estuário do Tejo, a proposta de traçado inicial para esta alternativa apresentou reservas por parte da APL, reservas essas transmitidas em reunião realizada no decorrer dos trabalhos, já que a orientação da descarga podia vir a condicionar as atividades portuárias na zona.

Esta proposta inicial de traçado foi ajustada, tendo-se desenvolvido uma solução de descarga que mitiga os efeitos sobre os barcos que possam atracar ou estar atracados no porto. As alterações e ajustes considerados na presente alternativa constituem a Alternativa TCB4.

Na reunião realizada foi ainda identificada, por parte da APL, uma zona onde não atracam barcos junto ao Terminal Multiusos do Beato. Perante esta nova variável desenvolveram-se também outras duas alternativas com descarga prevista para esta zona, nomeadamente as Alternativas TCB2 e TCB3 descritas de seguida.

2.4.2.2 Alternativa TCB2

Na Alternativa TCB2 prevê-se que a obra de saída do túnel se localize junto à Calçada D. Gastão, sendo a principal condicionante a necessidade de se demolirem entre 1 a 3 edifícios e a expropriação de uma zona de terreno urbano.

A passagem do túnel numa zona que iria ser alvo de requalificação urbanística para albergar a sede da Web Submmit e indústrias criativas, levanta a dúvida da sua compatibilidade com o desenvolvimento urbanístico previsto pelo município de Lisboa, o que gerou também a necessidade de considerar outra alternativa (Alternativa TCB4).

Refira-se que, posteriormente, foi identificada uma outra condicionante relativamente à zona de descarga considerada na Alternativa TCB2, relacionada com o projeto para a Terceira Travessia do Tejo, cujos pilares se preveem vir aí assentar. Devido a este constrangimento foram estudadas várias hipóteses para a saída, que se apresentam na Figura 2.4-6.

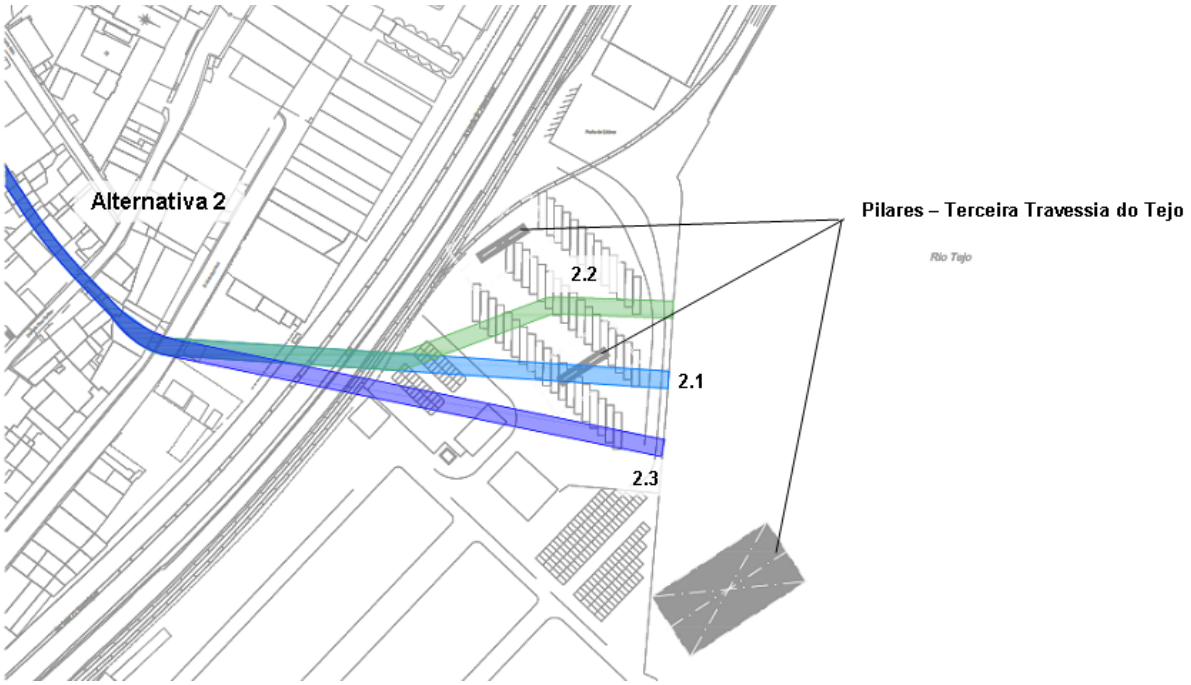


Figura 2.4-6 - Alternativas de descarga no rio para o traçado com saída na Calçada D. Gastão (Alternativa TCB2)

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2016)

2.4.2.3 Alternativa TCB3

Na Alternativa TCB3 prevê-se que a obra de saída do túnel se localize em frente ao Convento do Grilo, onde a principal condicionante é a necessidade de se construir o túnel sob este edifício, que está classificado como Imóvel de Interesse Público desde o ano de 2002.

A localização da zona de descarga no Tejo é semelhante para as Alternativas TCB2 e TCB3, pelo que também para a Alternativa TCB3 houve a necessidade de estudar várias hipóteses para a saída, que se apresentam na Figura 2.4-7.

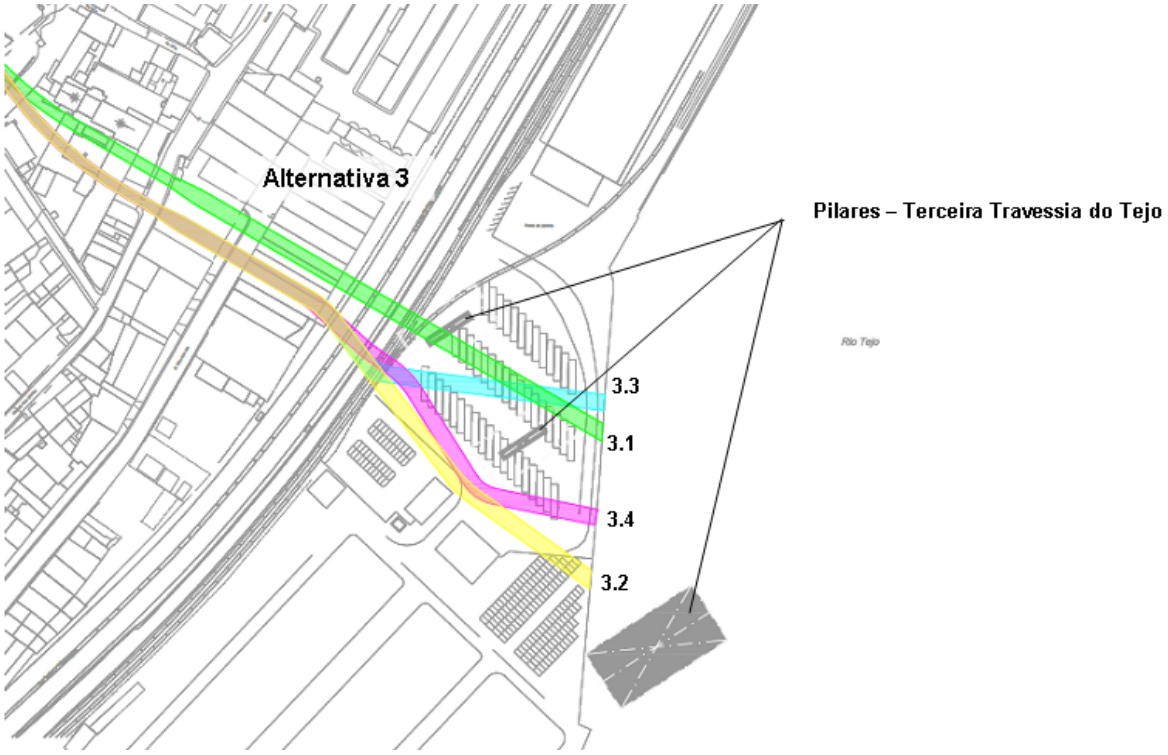


Figura 2.4-7 - Alternativas de descarga no rio para o traçado com saída em frente ao Convento do Grilo (Alternativa TCB3)

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2016)

2.4.2.4 Alternativa TCB4

Como referido, a proposta inicial de traçado para a Alternativa TCB1 foi ajustada devido aos potenciais constrangimentos na zona de descarga inicialmente selecionada. A Alternativa TCB4 integra uma solução de descarga que mitiga os efeitos sobre os barcos que possam atracar ou estar atracados no porto, utilizando uma zona com menos atividade portuária.

A evolução do traçado para a Alternativa TCB4 considera também ajustes de acordo com as condicionantes ao nível da geologia, nomeadamente os geomonumentos existentes na cidade de Lisboa. O troço final do traçado sofre um ligeiro ajuste ainda em profundidade, de forma a não intercetar o Geomonumento da Rua Capitão Leitão. Após a passagem do geomonumento e da Rua Amigos de Lisboa, já à superfície, o traçado é desviado para norte e contempla uma extensão de aproximadamente 500 m.

A Alternativa TCB4 tem saída na Rua Amigos de Lisboa, salvaguarda o geomonumento, desviando depois o traçado para norte, com a descarga a efetuar-se junto à Doca do Poço do Bispo. Para além da APL foi ainda aferida com as Infraestruturas de Portugal, S.A. a possibilidade de passagem do túnel numa zona com um ramal ferroviário desativado. Esta solução mereceu a aprovação da IP.

Como referido, esta alternativa permite responder também aos constrangimentos que se verificam para as Alternativas TCB2 e TCB3, destacando-se, no caso da Alternativa TCB2, o desenvolvimento urbanístico previsto para a zona do Beato.

Alternativa selecionada e desenvolvida em projeto

A alternativa selecionada e desenvolvida no projeto foi, assim, a Alternativa TCB4, com saída na Rua Amigos de Lisboa e descarga na Doca do Poço do Bispo. O traçado foi ajustado para que não coincidisse com o geomonumento da Rua Capitão Leitão localizado próximo da zona de saída do túnel e foi selecionado um local e opção de descarga que minimiza os impactes na fase de operação. Além da minimização de impactes e afetação de património, esta alternativa surge também da concertação com as várias entidades consultadas. De igual modo, também para o TCB, no EIA considera-se a análise das quatro alternativas que foram resultando da evolução do projeto, evidenciando-se pela análise efetuada (Subcapítulo 5.18) que a Alternativa TCB4 é a que globalmente permite concretizar os objetivos do projeto, minimizando os impactes decorrentes.

Soluções de descarga

À semelhança do que se efetuou para Santa Apolónia, também para a descarga do TCB foram estudadas soluções distintas para o modo e geometria da descarga, ajustadas de acordo com as características do local. A solução de descarga proposta considera:

- aumento da curvatura do troço final (mais tangente) junto à zona de descarga;
- alargamento da secção e estrangulamento para que escoamento seja em profundidade (Figura 2.4-8).

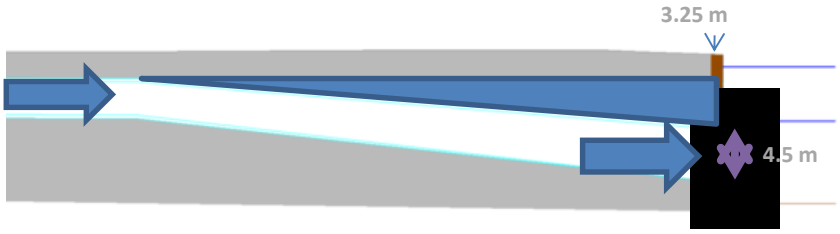


Figura 2.4-8 - Corte da zona terminal do túnel do Beato, com variação na geometria da descarga

Fonte: (Hidromod, 2017)

À semelhança da solução de descarga proposta para o TMSA, esta solução foi desde logo analisada no estudo sectorial apresentado para o fator ambiental "Hidrologia, drenagem e qualidade da água", cuja análise se apresenta no subcapítulo 5.5.

2.5 PROJETOS COMPLEMENTARES

Relativamente aos projetos complementares importa referir as restantes intervenções previstas no âmbito do PGDL, que não são alvo de análise no presente EIA, mas que se considera terem um contributo importante para a concretização dos objetivos do PGDL.

Como projetos na envolvente, é de referir os projetos "Uma Praça em cada Bairro", "Pavimentar Lisboa 2015-2020" e o Plano de Acessibilidade Pedonal, com os quais se poderá concertar objetivos e desenvolvimentos futuros previstos para as zonas com intervenção. Deste modo, é possível que sempre que se intervenha numa determinada zona da cidade, se resolvam integralmente os problemas urbanísticos e de drenagem diagnosticados.

De seguida apresenta-se, sumariamente, as intervenções/projetos referidos.

Outras intervenções previstas no PGDL

Para além do projeto dos túneis, o PGDL inclui ainda outras intervenções relevantes, nomeadamente a construção de reservatórios, a beneficiação do troço marítimo do Caneiro de Alcântara, a desconexão de zonas baixas a grandes emissários pluviais, o reforço hidráulico dos coletores da Av. de Berlim/Via Recíproca e separação e controle de caudais (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

Em simultâneo, revela-se fundamental a implementação de diversas intervenções e ações complementares. Estas intervenções e ações visam a resolução local de problemas de desempenho da rede de drenagem, com repercussões, mais ou menos gravosas, a nível local. Neste contexto, prevê-se a construção de bacias de infiltração/retenção a céu aberto nas bacias D e S, bem como a adoção de soluções de controlo na origem, nomeadamente nas bacias A e E (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

São ainda recomendados o reforço e reabilitação de coletores e redes secundárias praticamente por toda a cidade, assim como a separação e controlo de caudais, concretizada através da construção de novas câmaras descarregadoras e/ou da instalação de válvulas de controlo de caudal nos descarregadores que ainda não dispõem deste tipo de equipamento. Prevêem-se também intervenções pontuais de minimização de perdas de carga localizadas em determinados locais críticos (como sejam a Rua das Pretas e a Praça da Figueira, junto ao Hotel Mundial) (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

São igualmente importantes intervenções de beneficiação da captação de escoamento de superfície (reforço de dispositivos intercetores de escoamento superficial, nomeadamente a construção de sumidouros rebaixados) e a beneficiação de algumas descargas no rio Tejo (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

Em determinadas situações muito pontuais, a resolução dos problemas diagnosticados não pode ser tecnicamente assegurada através de medidas de beneficiação e reforço do sistema de drenagem, recomendando-se nesse tipo de situação o recurso a ações de relocalização de estruturas/soluções urbanísticas (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

Adicionalmente, são recomendadas (Consórcio Hidra/Engidro, 2015) ações de atualização de cadastro e inspeção CCTV de infraestruturas, a implementação de um sistema de monitorização e aviso e o investimento em capacitação e gestão de ativos.

"Uma Praça em cada Bairro"

O Programa "Uma praça em cada bairro" prevê a realização de um conjunto de intervenções no espaço público de Lisboa, mais concretamente em 30 praças, replicando a requalificação levada a cabo na Av. Duque d'Ávila, que se traduziu na promoção desta artéria da cidade como um ponto de encontro da comunidade local.

Como as intervenções previstas podem conflituar com o disposto no PGDL, foi feita a sua análise para evitar a realização de obras nas praças que viessem mais tarde a ser total ou parcialmente destruídas por intervenções na rede de drenagem e identificar situações em que as intervenções pudessem ser aproveitadas para resolver problemas de drenagem da cidade.

"Pavimentar Lisboa 2015-2020" e Plano de Acessibilidade Pedonal

O Plano de Pavimentação pretende repavimentar arruamentos e realizar pequenas recargas e tapa buracos na cidade de Lisboa. Está prevista a intervenção em 195 arruamentos identificados pelas freguesias da cidade como prioritários, tendo já sido reabilitadas 17 vias, à data de elaboração do PGDL. O Plano de Acessibilidade Pedonal encontra-se em fase de execução e pretende tornar Lisboa uma cidade para todas as pessoas.

As intervenções previstas nestes dois planos foram cruzadas com as reabilitações e substituição de coletores previstas no PGDL de forma a ajustar-se o cronograma das intervenções em cada zona. Como a rede concetual analisada no PGDL cobre apenas cerca de 10% da rede total de drenagem, recomenda-se a realização de inspeção CCTV e avaliação da necessidade de substituir ou reabilitar os coletores existentes nos projetos de execução de todas as repavimentações não contempladas pelo PGDL para, caso seja necessário intervir nos coletores, estes trabalhos sejam realizados em conjunto com os trabalhos de repavimentação.

2.6 PROGRAMAÇÃO TEMPORAL - FASES DE CONSTRUÇÃO, OPERAÇÃO E DESATIVAÇÃO – PRINCIPAIS ATIVIDADES

As principais atividades previstas nas diferentes fases do projeto são referenciadas seguidamente e detalhadas no Capítulo 4 que específica as cargas e atividades do projeto.

2.6.1 Fase de construção

As intervenções a realizar, na fase de construção, consistem na instalação do estaleiro principal para inicio dos trabalhos de escavação por tuneladora ou método de escavação sequencial; abertura do túnel; intervenções de desvio de infraestruturas, contenções periféricas, reforço de fundações e pequenos estaleiros em locais pontuais; abertura dos troços em vala; acabamentos e enquadramento das intervenções à superfície. Esta fase termina com a receção da obra (sendo explicado em maior detalhe no Capitulo 4).

Durante a fase de construção, as principais frentes de obra são:

- Fabrico de aduelas para os túneis (no caso de serem escavados por tuneladora);
- TMSA:
    - Obra de entrada;
    - Descarregador na Av. da Liberdade/Rua Alexandre Herculano;
    - Descarregador em Santa Marta;
    - Descarregador na Av. Almirante Reis;
    - Obra de saída.
- TCB:
    - Obra de entrada;
    - Obra de saída.

2.6.2 Fase de operação e modelo de gestão

Na fase de operação efetua-se a gestão e manutenção das diferentes componentes do projeto, nomeadamente dos poços de ligação à rede de drenagem existente construídos em locais específicos. O modelo de gestão específico a implementar será definido no âmbito da equipa de projeto e interligado ao modelo de gestão municipal das infraestruturas municipais, assegurando a sua manutenção e gestão.

Funcionamento do túnel (Fonte: CML, 2017)

Em períodos de elevada intensidade pluvial (que ocorre algumas vezes por ano) os caudais gerados são elevados podendo não existir, na rede de drenagem atual, a necessária capacidade de transporte, de modo a assegurar a condução dos mesmos a destino final (o estuário do Tejo), sem prejuízo de pessoas e bens. A situação ocorre não porque os atuais

sistemas de drenagem não permitem dar a resposta esperada, mas sim porque o crescimento urbano da cidade, com a consequente impermeabilização das zonas de cabeceira das bacias de drenagem de Lisboa (zonas altas), contribuíram para um aumento significativo do escoamento superficial, sendo as zonas baixas da cidade aquelas que mais sofrem com este fenómeno e onde se observam as maiores catástrofes. Na verdade, as redes de drenagem das áreas que, do ponto de vista da inundação pluvial urbana se revelam mais críticas (Baixa Pombalina, zona baixa de Alcântara, Xabregas) foram dimensionadas e construídas para uma condição de funcionamento muito diversa da atual. Refira-se, a título de exemplo, a canalização do troço final da ribeira de Alcântara, construída nos inícios do século passado, numa altura em que a ocupação urbana da bacia era muito reduzida. Da mesma forma, o dimensionamento e construção dos grandes coletores e intercetores da cidade, durante as décadas de "60" e "70", conforme soluções constantes do "Projecto de Celestino da Costa, 1955", designadamente ao longo do Vale de Chelas, não previa a forte ocupação urbana da zona alta que se verificou com o desenvolvimento da Alta de Lisboa.

Com o sucessivo aumento da ocupação das zonas altas das bacias de drenagem, e a crescente impermeabilização das mesmas, os caudais pluviais foram também aumentando, mantendo-se, em geral, a configuração das redes nas zonas baixas, condicionando e reduzindo, a sua capacidade de transporte. Na condição de funcionamento atual, e perante eventos de pluviosidade mais intensos, os caudais gerados nas zonas altas das bacias, transportados pelas principais linhas de drenagem, que correspondem à canalização de antigas linhas de água, podem esgotar, ou mesmo ultrapassar, a capacidade de transporte desses mesmos coletores nas zonas baixas. Deste modo, a entrada, nos coletores, dos caudais pluviais associados à precipitação nas zonas baixas, é dificultada ou mesmo impedida. Nestas circunstâncias, pode assistir-se à acumulação da água da chuva, por escoamento superficial, nas zonas de cotas mais baixas das bacias (por exemplo, no Largo das Fontainhas em Alcântara, na rua das Portas de Santo Antão, no Rossio, etc.), e, bem assim, à ocorrência de fenómenos de extravasamento através dos sumidouros, grades ou tampas das caixas de visita, contribuindo para a acumulação de água à superfície e inundações Acresce que, por si só, e mesmo para caudais pluviais relativamente reduzidos, a capacidade de escoamento dos coletores nas zonas baixas das bacias de drenagem se encontra fortemente condicionada; em primeiro lugar porque as pendentes dos coletores são reduzidas (nas zonas de baixos declives topográficos) e; em segundo lugar porque os níveis de maré no estuário do Tejo condicionam fortemente a descarga, em particular, em preia-mar. Tendencialmente, as condicionantes à descarga agravar-se-ão, em cenários de alterações climáticas, na medida em que se perspetiva a subida do nível médio das águas do mar e a ocorrência de eventos de precipitação de maior intensidade. Tal determinará, nos termos da configuração atual dos sistemas de drenagem, uma maior frequência da ocorrência dos fenómenos de inundação pluvial urbana referidos, com impactes negativos crescentes do ponto de vista da integridade de pessoas e bens.

Pelas razões acima descritas, os fenómenos de inundação são visíveis essencialmente nas zonas baixas, mas as suas causas são transversais e comuns a toda a cidade, não podendo ser vistas apenas como um fenómeno localizado e desintegrado do sistema global de drenagem pluvial de Lisboa.

De modo a minimizar a ocorrência de inundações pluviais urbanas, em termos da sua magnitude e frequência, importa garantir que os caudais gerados nas bacias de drenagem são rapidamente conduzidos ao seu destino final (estuário do Tejo), sem que haja lugar a acumulação de água à superfície, extravasamentos e aos danos daí decorrentes.

A solução que se apresenta, objeto de análise no presente EIA, compreende o desvio dos caudais pluviais gerados nas zonas altas das bacias de drenagem, através dos túneis de drenagem Monsanto – Santa Apolónia (TMSA) e Chelas – Beato (TCB), criando assim uma espécie de barreira que impede a sobrecarga das zonas baixas com estas contribuições. Esta solução recupera os princípios da "Revisão do Plano Geral de Esgotos da Cidade de Lisboa (Drena, 1999)", segundo o qual as zonas altas da cidade de Lisboa seriam dotadas de emissários pluviais, sem serviço de percurso nas zonas baixas marginais. Assim,

as contribuições de drenagem das zonas altas associadas a eventos de pluviosidade mais intensos são diretamente encaminhadas para os túneis de drenagem pluvial, através de obras de desvio nos grandes coletores das respetivas bacias (Caneiro de Alcântara no caso do TMSA – bacia "E", e grande coletor pluvial da bacia "O" no caso do TCB; o TMSA recebe ainda contribuições das zonas altas das bacias de drenagem da Avenida da Liberdade/Rua de Santa Marta – bacia "J" – e da Av. Almirante Reia – bacia "L"). Os túneis promovem o transporte e descarga das contribuições pluviais excedentárias para o rio Tejo. A drenagem das zonas baixas das bacias de drenagem interessadas (E, J, L, O) continuará a ser assegurada, sem condicionamentos, pelas redes de drenagem existentes. Uma vez que estas, genericamente, possuem capacidade hidráulica adequada ao transporte destas contribuições, reduzir-se-ão muito significativamente as situações de ocorrência de acumulação de água à superfície e de extravasamentos, minimizando-se o risco de ocorrência de inundações pluviais urbanas.

2.6.3 Fase de Desativação

Usualmente os projetos de infraestruturas na fase final de operação do horizonte de projeto (100 anos) ou vão sendo atualizados através de intervenções periódicas de renovação ou no seu fim de vida são avaliados e ajustam-se ou reconvertem-se para os usos adequados ao momento e aos próximos anos, pelo que a fase de desativação é considerada nesta perspetiva. Não se prevendo, à partida, a sua desativação.

2.6.4 Programação temporal

O plano pretende assegurar o desenvolvimento entre 2016 e 2030. Já o horizonte de projeto dos túneis é de 100 anos. Assim, as infraestruturas no âmbito deste estudo foram dimensionadas com base nos seguintes anos de referência:

- ano inicial: 2018 + 4 anos;
- ano horizonte de projeto: 2121.

O cronograma envolve as principais etapas:

- Desenvolvimento do EIA, Projeto;
- Avaliação de Impacte Ambiental e Declaração de Impacte Ambiental;
- Concurso e contratação da empreitada (com Projeto de Execução do adjudicatário):
    - Projeto de execução;
    - Relatório de Conformidade Ambiental do Projeto de Execução (RECAPE);
    - Licenças;
    - Fase de Construção;
    - Receção de obra.
- Fase de Operação;
- Desativação/Reabilitação.

O modelo de planeamento previsto (e cronograma) para a execução do projeto na fase de obra está estimado entre 36 a 40 meses e acomoda as atividades previstas e referenciadas anteriormente, sendo o respetivo cronograma precisado em fase de Concurso Público Internacional/Projeto de Execução. De igual modo, a calendarização para implementação das medidas de minimização e dos programas de monitorização será precisada em fase de Projeto de Execução.

2.6.5 Investimento

Para o período da fase de construção dos dois túneis, sem incluir as soluções de reserva, equipamentos e intervenções complementares (redes de drenagem), o investimento previsto é de 85 milhões de euros. Em fase de projeto de execução será precisado o orçamento, bem como o orçamento para manutenção, gestão, monitorização e reabilitação periódica, de forma a assegurar as boas condições de funcionamento destas infraestruturas.

3. ESTADO DO AMBIENTE

Neste capítulo efetua-se a caracterização do estado atual do ambiente suscetível de ser afetado pelo projeto na área de influência do mesmo. Perante as características do projeto em estudo, a caracterização do estado do ambiente será realizada primeiramente com um enquadramento geral, referente à área do PGDL (incidindo sobretudo na cidade de Lisboa) e, sempre que se justifique, será detalhada para os sistemas em análise, nomeadamente, áreas de análise entre Campolide e Santa Apolónia e entre Chelas e Beato, incidindo nas áreas em estudo associadas à localização das intervenções à superfície.

Deste modo, considera-se o espaço físico envolvente às intervenções até onde se façam sentir os seus efeitos, pelo que a área considerada afetada não será necessariamente igual para todos os fatores ambientais considerados. Assim, consoante a componente ambiental a analisar, poderão existir diferentes enquadramentos: a nível local, envolvente e regional. De seguida, apresenta-se a situação de referência, no que se refere aos seguintes fatores ambientais:

- Clima (subcapítulo 3.1);
- Geologia e Geomorfologia (subcapítulo 3.2);
- Hidrogeologia e recursos hídricos subterrâneos (subcapítulo 3.3)
- Solos e Ocupação do Solo (subcapítulo 3.4);
- Hidrologia, Drenagem e Qualidade das Águas Superficiais (subcapítulo 3.5);
- Qualidade do Ar (subcapítulo 3.6);
- Ruído (subcapítulo 3.7);
- Fatores Biológicos e Ecológicos (subcapítulo 3.8);
- Paisagem (subcapítulo 3.9);
- Património Arqueológico e Arquitetónico (subcapítulo 3.10);
- Planeamento e Ordenamento (subcapítulo 3.11)
- Socio Economia Local e Regional (subcapítulo 3.12)
- Gestão de Resíduos do Sistema (subcapítulo 3.13);
- Análise e Gestão de Riscos (subcapítulo 3.14);

A descrição da situação do estado de o ambiente foi realizada com base na sistematização e pesquisa de informação, bem como levantamento da situação atual para os diferentes fatores ambientais nos locais de implantação do projeto, nomeadamente, nos locais com intervenções à superfície, através da realização de visitas de campo e campanhas de caraterização.

De um modo geral, recolheu-se ainda informação na Carta Geológica de Portugal, folha 34-D (escala 1:50 000), Carta de Solos de Portugal, folha 34-D (escala 1:50 000), Carta de Ocupação do Solo (COS 2007) (escala 1:25 000), Carta Militar n.º 431 (escala 1:25 000), na cartografia de base do Plano Regional de Ordenamento do Território (PROT) de Lisboa e Plano Diretor Municipal (PDM) de Lisboa, assim como no Plano Geral de Drenagem de Lisboa e documentos que o acompanham.

Ao longo do presente capítulo, para cada fator ambiental será também precisada a metodologia usada na sua caracterização e respetivas fontes de informação.

3.1 CLIMA

A caracterização do fator ambiental referente ao clima da cidade de Lisboa teve como base a caracterização realizada no Relatório de Caracterização síntese do Plano Diretor Municipal de Lisboa (CML, 2012b) e o Relatório "Orientações Climáticas para o Ordenamento em Lisboa (Alcoforado, Lopes, Andrade, & Vasconcelos, 2005). A localização do Sistema de Alcântara e do Sistema de Chelas insere-se na área de abrangência das estações meteorológicas consideradas, pelo que se procede à análise dos dados de uma forma geral, para a cidade de Lisboa.

3.1.1 Enquadramento

Em termos de parâmetros meteorológicos em análise, apresentam-se de seguida a temperatura, a precipitação, o vento, o nevoeiro e a nebulosidade. De forma a caracterizar os parâmetros referidos, consideram-se os registos disponibilizados pelo Instituto de Meteorologia (atualmente, Instituto Português do Mar e da Atmosfera, IPMA) para as estações meteorológicas automáticas (ETA) do Geofísico e da Gago Coutinho, em Lisboa. E, ainda, das Estações Automáticas Urbanas (RUEMA) de Alvalade, Baixa, Benfica, Estrela e Estefânia, também em Lisboa. O período temporal em estudo compreende os 30 anos das normais de referência, nomeadamente de 1961 a 1990 (CML, 2012b), complementadas pelas normais climatológicas 1981-2010 (provisórias) da estação de Lisboa - Geofísico[1] (IPMA, 2016).

Em termos genéricos, a cidade de Lisboa tem um clima de tipo mediterrâneo, caracterizado por um verão quente e seco e pela concentração da maior parte da precipitação no período entre outubro e abril. Apresenta as seguintes características (CML, 2012b):

- **Temperatura** média anual da ordem dos 16°C, com mínimos a ocorrer durante os meses de dezembro, janeiro e fevereiro (com 10°C) e máximos nos meses de julho a setembro (com valores médios de 20 a 25°C);
- Valores médios anuais de **precipitação** da ordem dos 650 mm aos 760 mm, com máximos mensais a registarem-se durante os meses de novembro (com 160 mm) a fevereiro e mínimos, nos meses de julho e agosto (valores de 3 a 7 mm);
- **Ventos** predominantes do quadrante norte (N), embora os rumos noroeste (NO) e nordeste (NE) apresentem igualmente algum significado; (segundo (Alcoforado, 1987), no verão, a nortada sopra em 70% das tardes e continuamente durante todo o dia, em 45% dos dias e, no inverno, os rumos N e NE atingem cerca de 27%, enquanto o vento sopra de sudoeste (SW) e sul (S) em aproximadamente 29% das ocasiões.
- Ventos predominantes de norte durante a época de verão, ventos de nordeste na estação de inverno e ventos de sudoeste, oeste e noroeste durante as estações intermédias;
- Baixo número de registo de situações de **nevoeiro**. Estes momentos ocorrem especialmente nos meses de dezembro e janeiro, por oposição ao período de verão;
- **Nebulosidade** durante todo o ano, com maior intensidade durante o período de inverno, onde se registam 10 a 15 dias por mês com nebulosidade de índice 8 (num intervalo compreendido entre 0 a 10).

Para além desta caracterização genérica, Lisboa é, por vezes, influenciada por estados do tempo, imprevisíveis, que conduzem a condições excecionais. Encontram-se nesta situação os momentos de registo de (CML, 2012b):

[1] Lisboa, Geofísico - Estação: sinóptica; Número: 535; Localização: Lat.: 38º43'N; Lon.: 09º08'W; Alt.: 77m; Periodo de funcionamento: 1941 até à data.

- Valores extremos de temperatura de mínima (onde se chega a atingir valores negativos) ou de máxima (quando os registos elevam-se a valores superiores a 40°C);
- Valores elevados de pluviosidade para períodos curtos, sendo variáveis nas diferentes sub-bacias;
- Vento forte, muito forte e rajadas com velocidades muito elevadas;
- Situações de trovoada.

Dado o âmbito do projeto em análise, importa considerar em mais detalhe as condições de precipitação em Lisboa, apresentando-se de seguida, entre outros elementos, os dados de precipitação para a série dos anos hidrológicos 2000/01-2014/15 que contempla eventos de pluviosidade extrema.

3.1.2 Clima Urbano

As características do clima da região de Lisboa, estudadas em Alcoforado (1992), dependem de fatores geográficos regionais como a latitude e a proximidade do Oceano Atlântico, o qual lhe confere uma certa amenidade térmica (temperatura máxima média de julho 27.4°C em Lisboa/Gago Coutinho; mínima média de janeiro, 8.2°C) e um regime de ventos marcado por uma elevada frequência de ventos de norte e noroeste (Alcoforado et al., 2005).

Dois outros fatores condicionam, na escala mesoclítica e local, o clima de Lisboa: a topografia acidentada da cidade e a sua posição à beira-Tejo (Alcoforado, 1987; Alcoforado, 1992; Andrade, 2003).

3.1.2.1 A temperatura na atmosfera urbana inferior: Ilha de calor

A ilha de calor (IC) é o exemplo melhor documentado de uma modificação climática induzida pelo Homem (Oke, 1987). Ocorre em todas as cidades e é o resultado cumulativo de modificações na cobertura do solo e na composição da atmosfera, devida ao desenvolvimento urbano e as atividades antrópicas (Alcoforado et al., 2005).

Segundo Oke (1987; 1988) e Sailor e Lu (2004), as principais causas da IC urbano da atmosfera urbana inferior são:

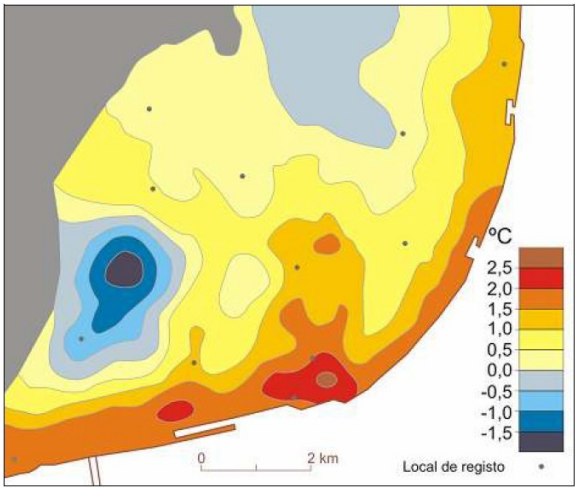
- Geometria urbana;
- Poluição do ar;
- Emissão de calor a partir dos edifícios, tráfego e metabolismo dos organismos vivos;
- Cobertura do solo e materiais de construção.

Os estudos levados a cabo no Centro de Estudos Geográficos, indicam a existência de IC urbano (da atmosfera inferior, superior e das superfícies) em Lisboa, sendo sobretudo noturna a primeira, mas podendo ocorrer também durante o dia (Alcoforado et al., 2005).

A intensidade média da IC noturna da atmosfera urbana inferior situa-se em geral entre 1°C a 4°C, embora se possam verificar intensidades muito superiores (Alcoforado, 1992 a e b; Andrade, 2003; Alcoforado & Andrade, 2005).

A IC é mais frequente de noite do que de dia. De noite, ocorre tanto com situações de calma atmosférica (devido às causas acima apontadas), como em situação de vento fraco a moderado (neste caso, principalmente por efeito de abrigo dos ventos dominantes do quadrante norte, sempre frios ou frescos), tanto de verão como no inverno. De dia, alternam situações de ilha de calor, com "ilhas de frescura", tanto no inverno como no verão (Alcoforado et al., 2005).

De noite, o núcleo da IC situa-se, ora na Baixa, ora mais para Norte, nas Avenidas Novas. As áreas mais frescas localizam-se em geral em Monsanto ou na periferia Norte de Lisboa ((Figura 3.1-1). A IC tem uma forma tentacular, prolongando-se ao longo dos principais eixos de crescimento da cidade (Alcoforado et al., 2005).



(Figura 3.1-1 - Ilha de calor noturna de Lisboa: Temperaturas normalizadas da atmosfera referentes a noites com vento Norte moderado

Fonte: (H. Andrade, 2003)

O gradiente térmico em direção à periferia depende muito da ocupação do solo. O decréscimo de temperatura é muito mais rápido entre a Baixa e o Parque Eduardo VII do que em direção às Avenidas Novas. Em virtude da sua forma topográfica deprimida e da existência de relva permanentemente húmida, as temperaturas são quase tão baixas no Parque Eduardo VII como nos fundos de vales, ainda não construídos, do setor oriental de Lisboa ou da Avenida de Ceuta (Alcoforado et al., 2005).

Durante alguns dias de verão, em ocasiões muito frequentes de ventos de norte, a Baixa e os bairros ribeirinhos, mais abrigados, apresentam as temperaturas do ar mais altas da cidade (padrão semelhante ao da figura anterior). Noutras situações, e por influência de brisas provenientes do Oceano e do estuário do Tejo, a temperatura na Baixa e em outros bairros ribeirinhos pode ser bastante menos elevada do que no Norte: uma 'ilha de frescura' substitui então a ilha de calor, podendo a Baixa estar 3 a 4 °C mais fresca que o Aeroporto (Figura 3.1-2) (Alcoforado, 1992; Alcoforado e Dias, 2002).

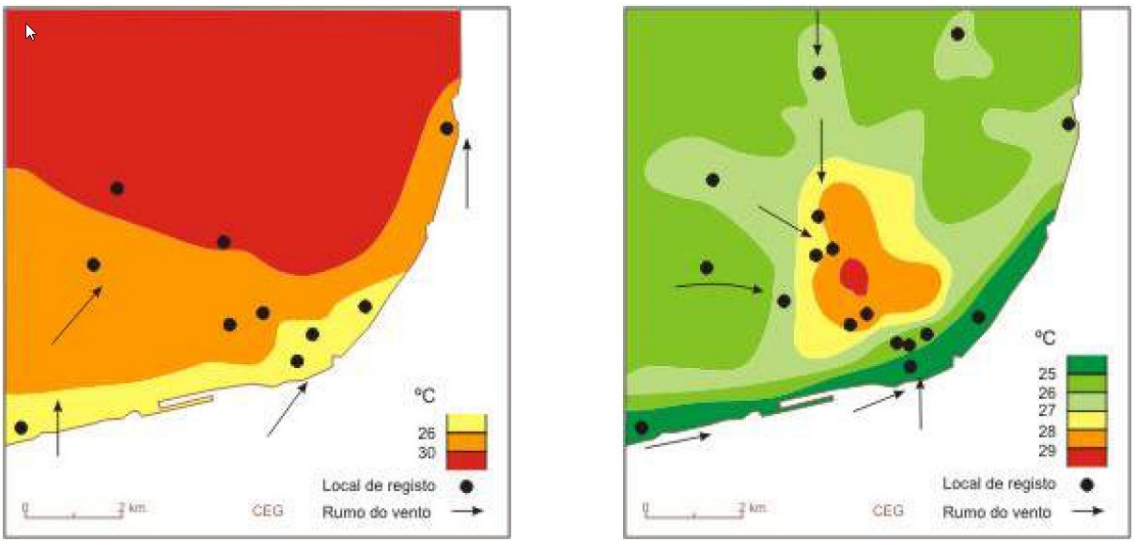


Figura 3.1-2 - Padrões térmicos em Lisboa num dia de verão

Fonte: (Alcoforado e Dias, 2002)

Nos dias de Inverno, alterna igualmente uma IC, quando sopram ventos de norte e o céu está limpo, com 'ilhas de frescura' em ocasiões de nevoeiro no Tejo (Figura 3.1-3) (Alcoforado et al., 2005).

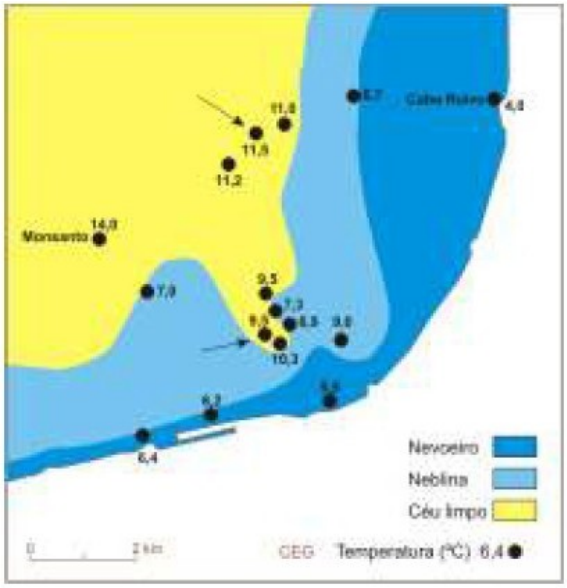


Figura 3.1-3 -Padrão térmico num dia de inverno com nevoeiro

Fonte: (Alcoforado e Dias, 2002)

Em situações de forte instabilidade com nebulosidade elevada e ventos de diversos quadrantes, a influência urbana na temperatura do ar é menos evidente.

3.1.2.2 Importância e consequências do vento no ambiente da cidade

O vento desempenha um papel fundamental no ambiente climático das cidades, promovendo o necessário arejamento; particularmente pela ação das brisas do mar ou do estuário, que transportam ar fresco e húmido do oceano e/ou do estuário do Tejo. No entanto, no inverno, um vento forte atua como fator desfavorável no conforto térmico da população (Alcoforado et al., 2005).

As consequências do vento são normalmente benéficas para a remoção de poluentes (Andrade, 1994 e 1996), como é o caso da nortada. Pelo contrário, a circulação fechada associada às brisas do mar (tal como nas brisas campo/cidade) pode ser ineficiente na remoção da poluição atmosférica e levar mesmo ao seu incremento (Oke, 1987; Simpson, 1994).

Em vales muito densamente construídos (como por exemplo a Avenida Almirante Reis e, em menor escala, a Avenida da Liberdade), a drenagem de ar frio é menos intensa, devido à falta de áreas a montante onde o ar frio seja produzido e aos obstáculos da sua progressão para jusante, constituídos pelos blocos de edifícios (H. Andrade, 2003).

3.1.2.3 Características do vento em Lisboa

Em termos anuais, dominam em Lisboa os ventos provenientes dos quadrantes N e NW, cujas frequências de ocorrência totalizam 41% (Figura 3.1-4).

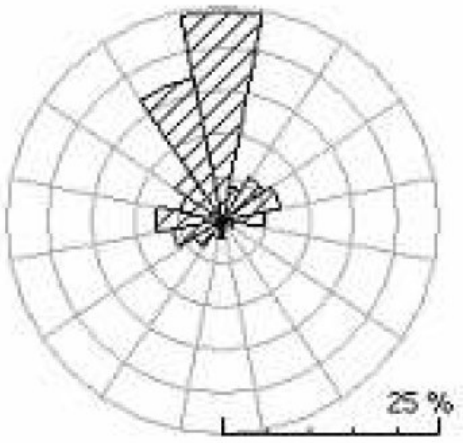


Figura 3.1-4 - Rumos do vento em Lisboa/Portela (médias horárias, período de 1971-1980)

Fonte: (Lopes, 2003)

No entanto, estes valores mascaram alguma variabilidade estacional. No verão, a nortada sopra em 70% das tardes e continuamente durante todo o dia em 45% dos dias (Alcoforado, 1987). As brisas do Oceano e do estuário do Tejo ocorrem em cerca de 35% dos dias de verão, entre o fim da manhã e o princípio da tarde, com uma redução ao fim da tarde, período em que a nortada é mais frequente (Alcoforado, 1987; Vasconcelos, Lopes, Neto, & Salgado, 2004). No inverno, os rumos N e NE atingem cerca de 27%, enquanto o vento sopra de SW e S em aproximadamente 29% das ocasiões.

3.1.2.4 Precipitação e variabilidade em Lisboa

A precipitação e a sua intensidade, leva a níveis de precipitação que função das condições de drenagem podem dar origem a chuvas e riscos de cheia intensos.

Os valores podem ser varáveis, embora se possa referenciar que esta intensidade elevada pode ocorrer cerca de seis vezes por ano. Estes valores são varáveis com o período de retorno considerado.

Os dados da precipitação dos anos hidrológicos mais atuais (desde 2000/01), nomeadamente a série dos anos 2000/01-2014/15, medidos na estação S. Julião do Tojal, referentes à cidade de Lisboa, apresentam-se de seguida.

Os dados de precipitação anual apresentados para a série indicada (Quadro 3.1-1) revelam uma média anual de 742 mm e uma variabilidade significativa ao longo do período em análise (Figura 3.1-5). Destes salienta-se os anos hidrológicos de 2009/10 e 2011/12 em que a precipitação anual registada (1 195 e 1 157 mm, respetivamente) ultrapassa os 1 000 mm.

Quadro 3.1-1 - Dados de precipitação anual para os anos hidrológicos entre 2000/01 – 2014/15

Fonte: (SNIRH, 2016)

Ano Hidrológico	Precipitação Anual (mm)
2000/01	952.8
2001/02	556.6
2002/03	698.3
2003/04	636.6
2004/05	306.7
2005/06	944.6
2006/07	843.6
2007/08	670.7

Ano Hidrológico	Precipitação Anual (mm)
2008/09	573.9
2009/10	1195.2
2010/11	1157
2011/12	706.2
2014/15	406.7

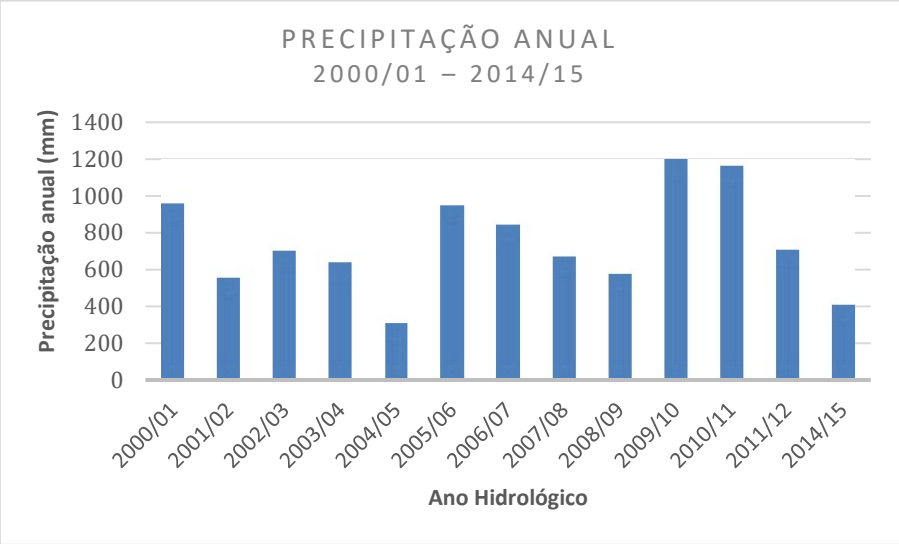


Figura 3.1-5 - Variação da precipitação ao longo da série de anos hidrológicos 2000/01-2014/15

Fonte: (SNIRH, 2016)

Refira-se também as médias mensais para igual período (Quadro 3.1-2) que apresentam igualmente uma grande variabilidade (Figura 3.1-6) neste caso, ao longo dos vários meses do ano. Os valores mensais variam entre 2 mm em Julho a 121 mm em Novembro.

Quadro 3.1-2 - Dados de precipitação média mensal relativos aos anos hidrológicos entre 2000/01 – 2014/15

Fonte: (SNIRH, 2016)

Média Mensal (mm)	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
	113.55	121.39	103.12	89.22	77.05	73.42	57.25	42.58	18.88	2.03	6.78	36.95

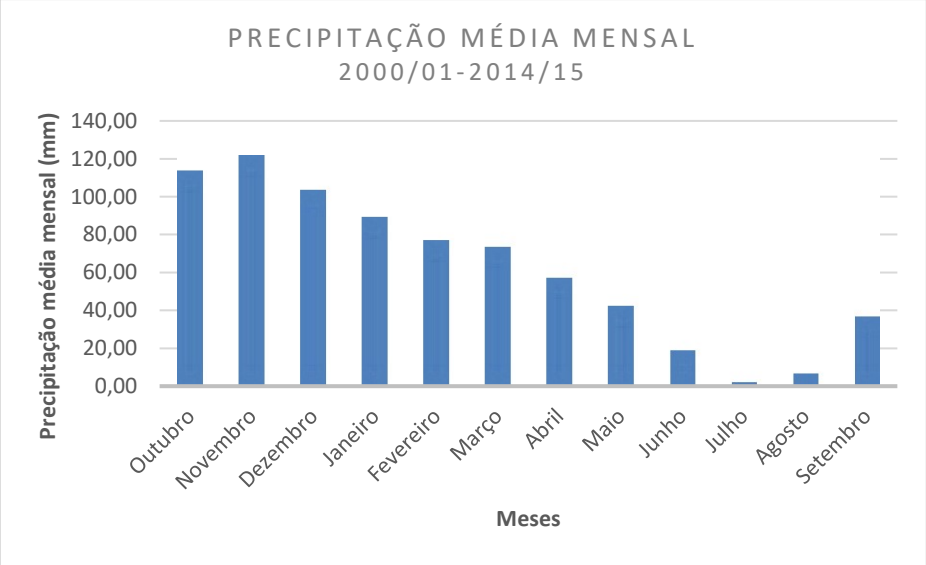


Figura 3.1-6 - Evolução da precipitação média mensal em Lisboa

Fonte: (SNIRH, 2016)

Refira-se que a intensidade de precipitação num curto período de tempo pode originar chuvadas intensas e dar origem a inundações. Por exemplo a análise das normais climatológicas (1981-2010) evidencia que em Fevereiro a quantidade máxima diária atingiu 118.4 mm enquanto o valor da média da quantidade total foi de 84.9 mm (Figura 3.1-7).

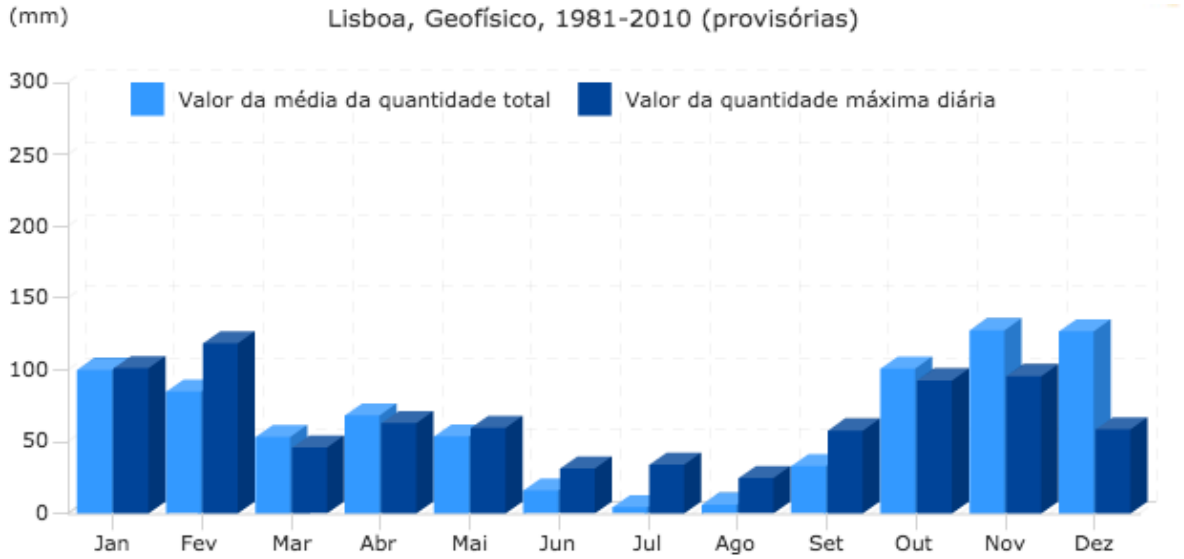


Figura 3.1-7 – Valor médio e quantidade máxima diária da precipitação segundo as normais climatológicas provisórias 1981-2010

Fonte: (IPMA, 2016)

3.1.3 Evolução climática prevista para Lisboa

O município de Lisboa localiza-se na margem direita do estuário do rio Tejo e tem, como referido, um clima mediterrâneo, do tipo Csa (temperado com verão seco e quente) segundo a classificação de Köppen-Geiger.

As principais alterações climáticas projetadas para o município de Lisboa são apresentadas na figura seguinte.

Variável climática	Sumário	Alterações projetadas
	Diminuição da precipitação média anual	**Média anual** Diminuição da precipitação média anual, sendo mais acentuada no final do séc. XXI , e podendo variar entre 4% e 51% nesse período. **Precipitação sazonal** Nos meses de inverno não se verifica uma tendência clara (podendo variar entre -40% e +6%), projetando-se uma diminuição no resto do ano, que pode variar entre 9% e 66% na primavera e entre 6% e 50% no outono. **Secas mais frequentes e intensas** Diminuição do número de dias com precipitação, entre 11 e 35 dias por ano. Aumento da frequência e intensidade das secas no sul da Europa [IPCC, 2013].
	Aumento da temperatura média anual, em especial das máximas	**Média anual e sazonal** Subida da temperatura média anual, entre 1ºC e 4ºC, no final do século. Aumento acentuado das temperaturas máximas no outono (entre 2ºC e 5ºC). **Dias muito quentes** Aumento do número de dias com temperaturas muito altas (≥ 35ºC), e de noites tropicais, com temperaturas mínimas ≥ 20ºC. **Ondas de calor** Ondas de calor mais frequentes.
	Subida do nível médio da água do mar	**Média** Aumento do nível médio do mar entre 0,17m e 0,38m para 2050, e entre 0,26m e 0,82m até ao final do séc. XXI (projeções globais) [IPCC, 2013]. Há estudos que projetam um aumento até 1,10m em 2100 no cenário mais extremo (projeções globais) [Jevrejeva *et al.*, 2012]. **Eventos extremos** Subida do nível médio do mar com impactos mais graves, quando conjugada com a sobrelevação do nível do mar associada a tempestades (*storm surge*) (projeções globais) [IPCC, 2013].
	Aumento dos fenómenos extremos de precipitação	**Fenómenos extremos** Aumento dos fenómenos extremos, em particular de precipitação intensa ou muito intensa [Soares *et al.*, 2015]. Tempestades de inverno mais intensas, acompanhadas de chuva e vento forte (projeções globais) [IPCC, 2013].

Figura 3.1-8 - Resumo das principais alterações climáticas projetadas para o município de Lisboa até ao final do século.

Fonte: (CML, 2016a)

Especificamente no que diz respeito à precipitação, a EMAAC 2016 apresenta projeções com base em dois modelos e dois cenários, sendo que ambos projetam uma diminuição da precipitação média anual no município de Lisboa, até ao final do século.

Consoante o cenário e modelo escolhido, as projeções apontam para uma redução que pode variar de entre 4% a 51%, relativamente aos valores observados no período 1976-2005, durante o qual foi registada uma precipitação média anual de 708 mm no município (Figura 3.1-9).

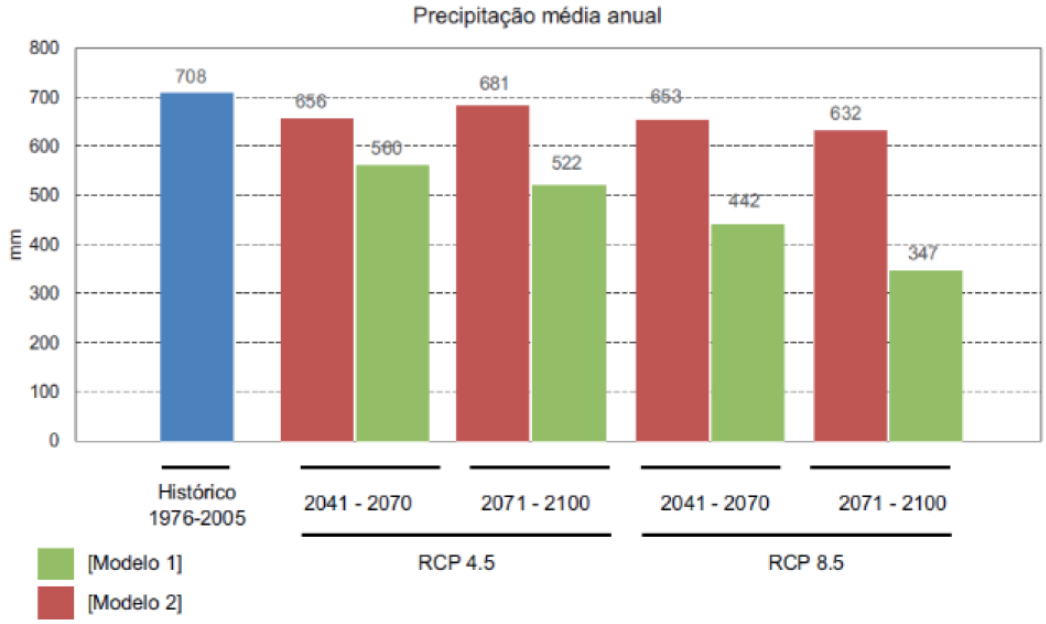


Figura 3.1-9 - Precipitação média anual observada no período entre 1976-2005, e projeções até ao final do século. Os dados são relativos a dois modelos climáticos e dois cenários – EMAAC 2016

Fonte: (CML, 2016a)

Em ambos os modelos e cenários é projetada uma diminuição (entre 11 e 35 dias) no número médio anual de dias com precipitação, até ao final do século. Em termos sazonais, é projetado um decréscimo no número de dias com precipitação em todas as estações, sendo esta diminuição mais acentuada no inverno (até 10 dias) (CML, 2016a).

No contexto dos extremos de precipitação, existem vários estudos (ver e.g. Dias, 2016; Soares, Cardoso, Ferreira, & Miranda, 2015) que concluem um aumento de episódios de precipitação intensa ou muito intensa para a cidade de Lisboa. Esta situação verifica-se não só para a intensidade como para a frequência desses episódios, uma vez que a precipitação associada a um período de retorno de 100 anos no presente passará a ocorrer em média de 20 em 20 anos, no meio do século, e a precipitação associada a um período de retorno de 2 anos, no presente, terá um aumento de 18% também para o meio do século (Dias, 2016).

3.2 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

A caracterização do presente fator ambiental, à semelhança do que se efetuou para o Clima, será realizada a duas escalas distintas. Primeiramente será feito um enquadramento regional analisando a área abrangida pelo Concelho de Lisboa e, sempre que se justifique, esta análise será detalhada e realizada à escala local, de forma a caracterizar especificamente as áreas em estudo associadas ao traçado dos túneis.

A caracterização deste fator ambiental é sustentada pelo estudo realizado para o descritor hidrogeologia, elaborado no âmbito da realização do presente EIA (Waterways, 2017). Este estudo referente ao presente descritor ambiental é disponibilizado em anexo, no Anexo AII-1.

Adicionalmente, a caracterização do presente fator ambiental será complementada com um trabalho do LNEC que efetua uma análise própria relativa com execução de trabalhos de campo, nomeadamente sondagens e ensaios de laboratório, de modo a obter uma adequada caracterização dos materiais atravessados pelos túneis, que servirá de base ao projeto de

execução. Os estudos geológico-geotécnicos estão atualmente em execução, no entanto, no Anexo AII-5 apresentam-se os relatórios relativos aos estudos já finalizados e relevantes para o presente EIA.

3.2.1 Geologia regional e local

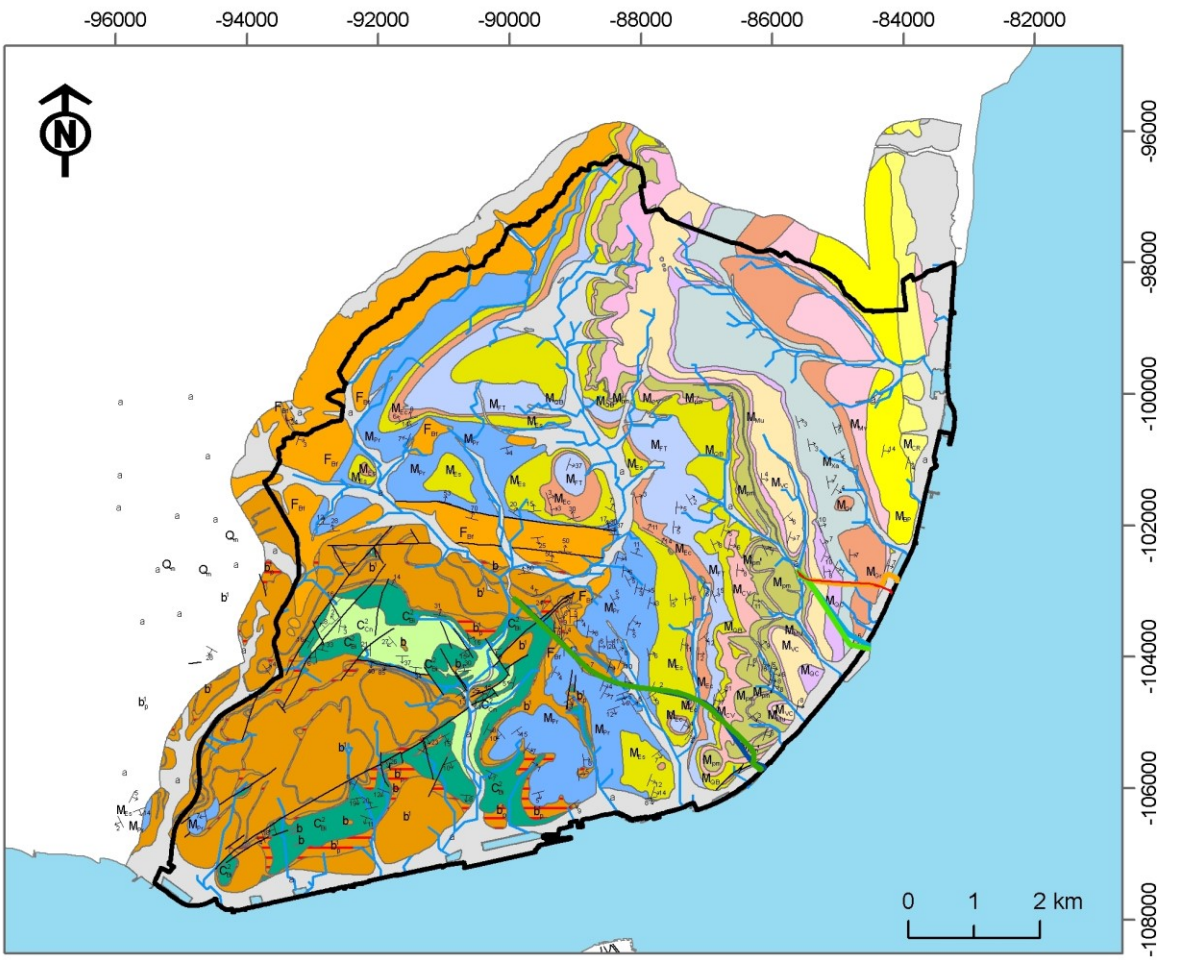
3.2.1.1 Enquadramento geológico regional

A cidade de Lisboa faz parte da Orla Mesocenozóica Ocidental e é caracterizada pela alternância de rochas de diferentes litologias e idades geológicas, afetada por falhas e alguns dobramentos importantes, numa região de estuário onde as margens rio Tejo apresentam características geológicas muito diferenciadas (Figura 3.2-1). Os terrenos mais antigos, cujos principais afloramentos se encontram nas zonas de Monsanto, Ajuda e Vale de Alcântara, são predominantemente constituídos por calcários, calcários margosos e margas com níveis fossilíferos, e são o resultado da grande transgressão marinha do Cretácico Superior (97-91 Ma). Estas formações geológicas são seguidas por formações mais recentes do Cretácico final e de natureza vulcânica (escoadas basálticas e piroclastos do 'Complexo Vulcânico de Lisboa') e por uma alternância de depósitos essencialmente detríticos (conglomerados, areias e argilas) de origem continental reunidos no designado 'Complexo de Benfica' (Paleogénico) e por níveis de areias, areolas, argilas e calcários, em proporções variáveis, ricas em fósseis animais e vegetais (Neogénico).

Toda a região é afetada por uma tectónica que lhe confere um relevo vigoroso e uma litoestratigrafia diversificada, testemunho de uma história geológica e ambiental muito diversificada, caracterizada por ambientes marinhos de pequena profundidade e recifais durante o início do Cretácico Superior (~95 Ma), vulcanismo basáltico subaéreo ainda também no Cretácico superior (~72 Ma), ambientes continentais fluviais e lacustres no Paleogénico (entre 30 a 40 Ma) e ambientes marinhos costeiros de baixa profundidade, lagunares, fluviais e continentais durante o Neogénico (entre 7 a 20 Ma).

Os terrenos mais recentes são do Pliocénico e Quaternário (5 Ma e 2.58 Ma, respetivamente) e correspondem a sedimentos ainda pouco consolidados, essencialmente de natureza arenosa ou conglomerática, fluviais e continentais acumulados no rio Tejo e nas diversas linhas de água (ribeiras) que atravessam a cidade. Parte da zona ribeirinha da cidade de Lisboa foi conquistada ao rio e assenta sobre materiais de aterro que contribuíram para mudar a fisiografia natural do terreno.

No âmbito deste estudo e para a caracterização geológica detalhada da área envolvente do projeto na cidade de Lisboa recorreu-se à cartografia e notícia explicativas das Cartas Geológicas de Portugal à escala 1:50 000 (Folhas 34-A Sintra, 34-B Loures, 34-C Cascais e 34-D Lisboa) e à escala 1:10 000 (Folhas 1, 2, 3 e 4 da Carta Geológica do concelho de Lisboa, tendo-se consultado também diversas publicações Choffat (1950), Zbyszewski (1963), Ramalho *et al*. (1990), Kullberg *et al.* (1991), Ramalho *et al.* (1993 e 2001), Moitinho de Almeida (1986), Almeida e Almeida (1997), Pais *et al.* (2006), Marrero-Diaz *et al.* (2014), Marrero-Diaz & Ramalho, (2015) e LNEG (2016).



Legenda:

Limite Concelho Lisboa

Rede hidrográfica

Traçado túnel Campolide - Sta Apolónia

- Alternativa de base (TMSA1)
- Alternativa 2 (TMSA2)

Traçado túnel Chelas

- Alternativa de base (TCB1)
- Alternativa 2 (TCB2)
- Alternativa 3 (TCB3)
- Alternativa 4 (TCB4)

SISTEMA DE REFERÊNCIA

Datum 73 Hayford Gauss IPCC

Geologia

- Qf - Depósitos de terraços fluviais
- a - Aluviões e/ou aterros
- MCR - Formação das Areolas de Cabo Ruivo (MVIIb)
- MBP - Formação das Areolas de Braço de Prata (MVIIa)
- MMv - Formação dos Calcários de Marvila (MVIc)
- MGr - Formação dos Grés de Grilos (MVIb)
- MXa - Formação das Argilas de Xabregas (MVIa)
- MQC - Formação dos Calcários de Quinta das Conchas (MVc)
- MVC - Formação das Areias de Vale de Chelas (MVb)
- MMu - Formação dos Calcários de Musgueira (MVa3)
- Mpm - Formação das Areias com Placuna miocenica (MVa2)
- Mpm_i - Formação das Areias com Placuna miocenica (MVa2): intercalações calcárias
- MCV - Formação dos Calcários de Casal Vistoso (MVa1)
- MQB - Formação das Areias de Quinta do Bacalhau (MIVb)
- MFT - Formação das Argilas de Forno do Tijolo (MIVa)
- MEc - Formação dos Calcários de Entrecampos ("Banco Real")(MIII)
- MEs - Formação das Areolas de Estefânia (MII)
- MPr - Formação das Argilas dos Prazeres (MI): argilitos e calcários
- (phi)Bf_a - Formação de Benfica: intercalações calcárias (Calcários de Alfornelos)
- (phi)Bf - Formação de Benfica: conglomerados, arenitos e argilitos
- (beta)1 - Complexo Vulcânico de Lisboa
- (beta)1_p - Complexo Vulcânico de Lisboa: rochas piroclásticas
- basalto - Filões e chaminés de basalto
- C2Bi - Formação da Bica: calcários com rudistas
- C2Cn - Formação de Caneças: calcários, margas, arenitos e dolomitos

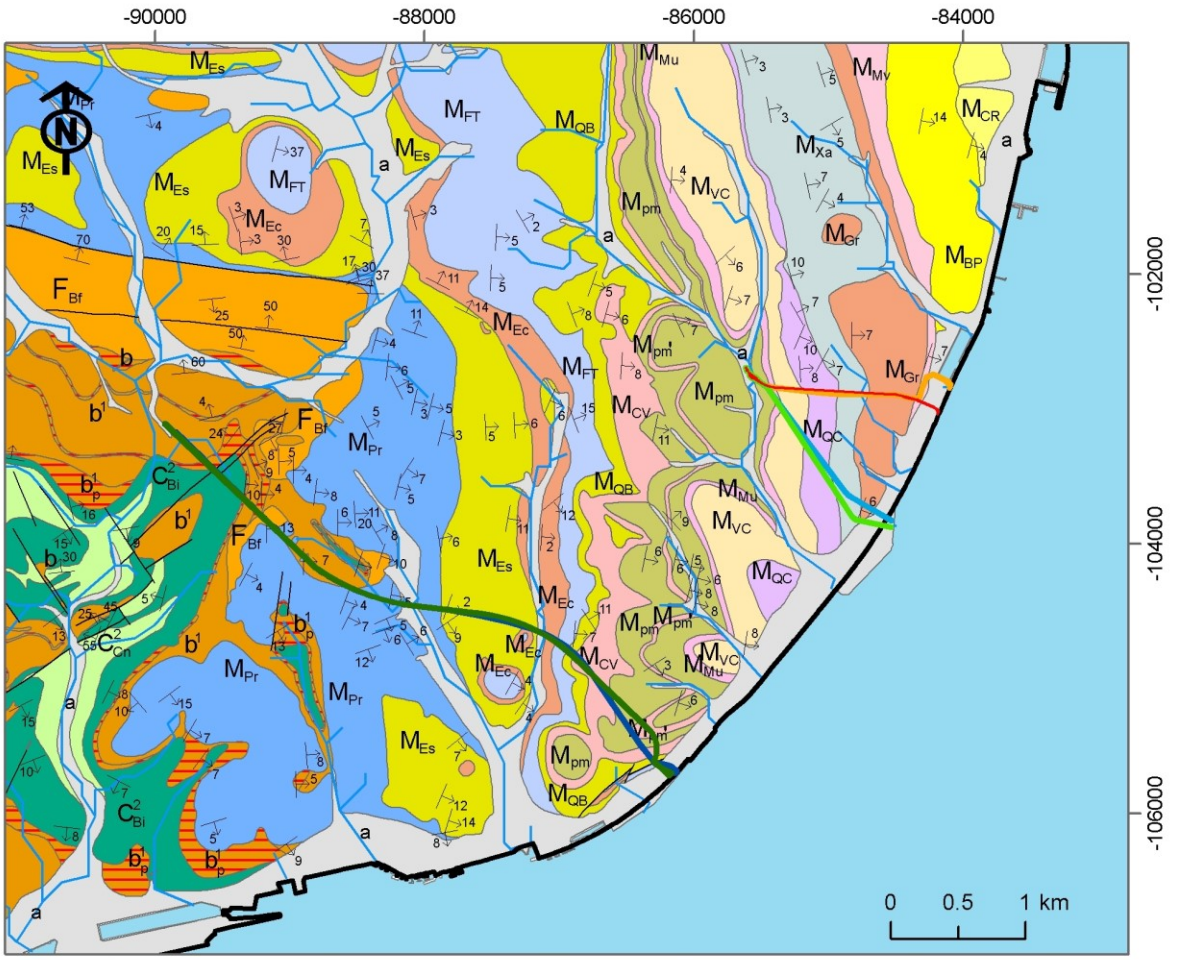
Figura 3.2-1 - Carta Geológica do Concelho de Lisboa à escala 1: 10 000 (folhas 1, 2, 3 e a 4) com indicação dos traçados dos túneis

Fonte: (Moitinho de Almeida, 1986)

3.2.1.2 Geologia local ao longo do traçado dos túneis

No que respeita à geologia, interessa analisar em maior detalhe as unidades geológicas presentes ao longo do traçado dos túneis.

De acordo com a carta geológica de Lisboa à escala 1:10 000, o traçado proposto para o TMSA interceta em planta, de montante para jusante, a seguinte sequência de formações geológicas: a - Aluviões e/ou aterros; (beta)1 - Complexo Vulcânico de Lisboa; (beta)1_p - Complexo Vulcânico de Lisboa: rochas piroclásticas; C2Bi - Formação da Bica: calcários com rudistas ; C2Cn - Formação de Caneças: calcários, margas, arenitos e dolomitos; (phi)Bf - Formação de Benfica: conglomerados, arenitos e argilitos; MPr - Formação das Argilas dos Prazeres (MI): argilitos e calcários; MEs - Formação das Areolas de Estefânia (MII); MEc - Formação dos Calcários de Entrecampos ("Banco Real")(MIII); MFT - Formação das Argilas de Forno do Tijolo (MIVa); MQB - Formação das Areias de Quinta do Bacalhau (MIVb); MCV - Formação dos Calcários de Casal Vistoso (MVa1); Mpm - Formação das Areias com Placuna miocénica (MVa2); Mpm_i - Formação das Areias com Placuna miocénica (MVa2): intercalações calcárias e por fim novamente a - Aluviões e/ou aterros (Figura 3.2-2).



Legenda:

Limite Concelho Lisboa

Rede hidrográfica

Falha geológica

Traçado túnel Campolide - Sta Apolónia

- Alternativa de base (TMSA1)
- Alternativa 2 (TMSA2)

Traçado túnel Chelas

- Alternativa de base (TCB1)
- Alternativa 2 (TCB2)
- Alternativa 3 (TCB3)
- Alternativa 4 (TCB4)

SISTEMA DE REFERÊNCIA

Datum 73 Hayford Gauss IPCC

Geologia

- Qf - Depósitos de terraços fluviais
- a - Aluviões e/ou aterros
- MCR - Formação das Areolas de Cabo Ruivo (MVIIb)
- MBP - Formação das Areolas de Braço de Prata (MVIIa)
- MMv - Formação dos Calcários de Marvila (MVIc)
- MGr - Formação dos Grés de Grilos (MVIb)
- MXa - Formação das Argilas de Xabregas (MVIa)
- MQC - Formação dos Calcários de Quinta das Conchas (MVc)
- MVC - Formação das Areias de Vale de Chelas (MVb)
- MMu - Formação dos Calcários de Musgueira (MVa3)
- Mpm - Formação das Areias com Placuna miocenica (MVa2)
- Mpm_i - Formação das Areias com Placuna miocenica (MVa2): intercalações calcárias
- MCV - Formação dos Calcários de Casal Vistoso (MVa1)
- MQB - Formação das Areias de Quinta do Bacalhau (MIVb)
- MFT - Formação das Argilas de Forno do Tijolo (MIVa)
- MEc - Formação dos Calcários de Entrecampos ("Banco Real")(MIII)
- MEs - Formação das Areolas de Estefânia (MII)
- MPr - Formação das Argilas dos Prazeres (MI): argilitos e calcários
- (phi)Bf_a - Formação de Benfica: intercalações calcárias (Calcários de Alfornelos)
- (phi)Bf - Formação de Benfica: conglomerados, arenitos e argilitos
- (beta)1 - Complexo Vulcânico de Lisboa
- (beta)1_p - Complexo Vulcânico de Lisboa: rochas piroclásticas
- basalto - Filões e chaminés de basalto
- C2Bi - Formação da Bica: calcários com rudistas
- C2Cn - Formação de Caneças: calcários, margas, arenitos e dolomitos

Figura 3.2-2 - Extrato da Carta Geológica do Concelho de Lisboa à escala 1: 10 000 com indicação dos traçado dos túneis

Fonte: (Moitinho de Almeida, 1986)

Segundo o perfil exposto na Figura 3.2-3, poderão ainda ser reconhecidas em profundidade outras formações, como é o caso da Formação de Caneças (C2Cn). Por outro lado, de acordo com o mesmo perfil, as formações dos Calcários do Casal Vistoso (MVC), das Areias com Placuna miocénica (Mpm), e os Calcários da Musgueira (MMu) são passiveis de não serem reconhecidas ao longo do traçado proposto.

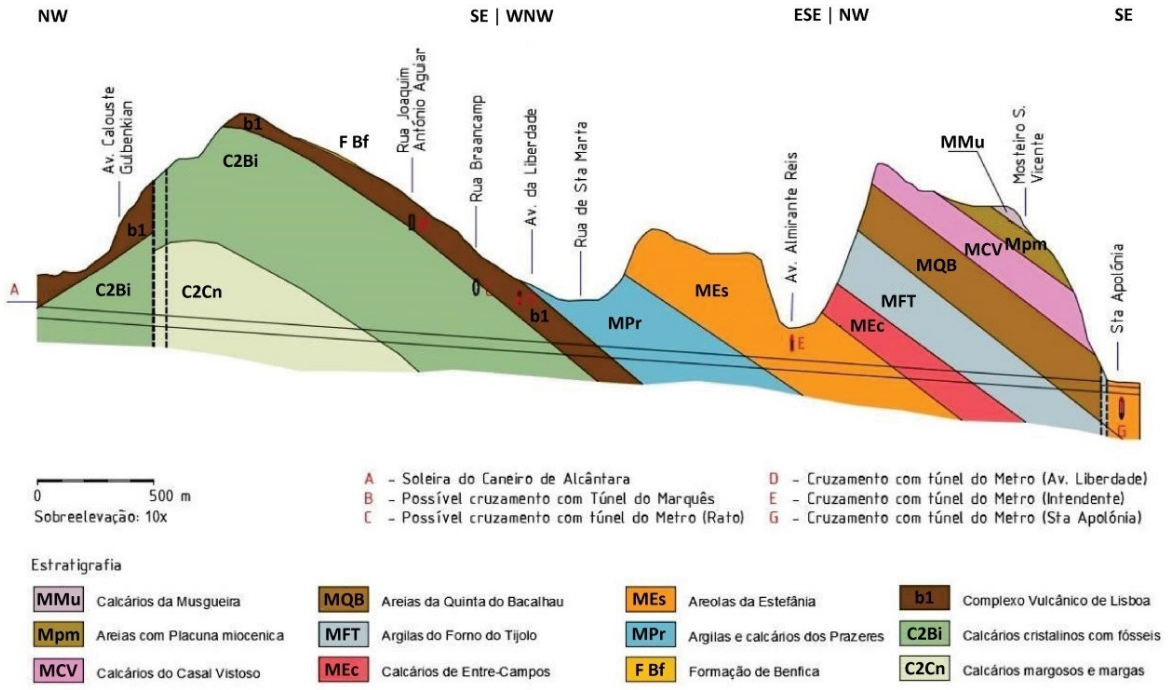


Figura 3.2-3 - Perfil geológico esquemático relativo ao traçado proposto para o TMSA

Adaptado de (Consórcio Hidra/Engidro, 2015)

De acordo com a carta geológica de Lisboa à escala 1:10 000, o traçado proposto para o TCB e respetivas alternativas intercetam em planta, de montante para jusante, a seguinte sequência de formações geológicas: a - Aluviões e/ou aterros; Mpm - Formação das Areias com Placuna miocénica (MVa2); MMu - Formação dos Calcários de Musgueira (MVa3); MVC - Formação das Areias de Vale de Chelas (MVb); MQC - Formação dos Calcários de Quinta das Conchas (MVc); MXa - Formação das Argilas de Xabregas (MVIa); MGr - Formação dos Grés de Grilos (MVIb); MMv - Formação dos Calcários de Marvila (MVIc) e novamente a - Aluviões e/ou aterros (Figura 3.2-2). Prevê-se que esta seja a mesma sequência a ser intercetada em perfil (Figura 3.2-4).

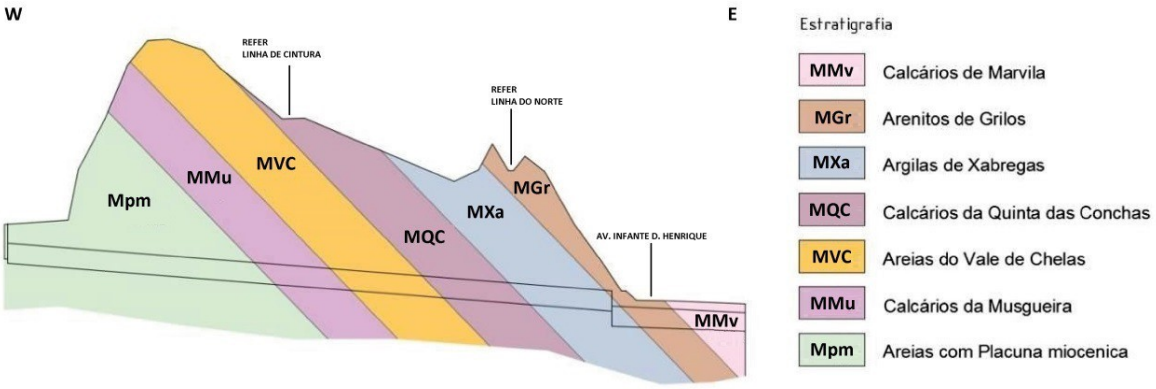


Figura 3.2-4 - Perfil geológico esquemático relativo ao traçado proposto para o TCB

Adaptado de (Consórcio Hidra/Engidro, 2015)

Em seguida far-se-á uma breve descrição, por ordem geocronológica (mais recente para o mais antigo) das diversas formações geológicas, de acordo com os traçados propostos para os dois túneis. A descrição completa das diferentes formações geológicas poderá ser consultada no relatório completo, no Anexo AII-1.

Quaternário

a - Aluviões e/ou aterros

Estes depósitos são reconhecidos cartograficamente em ambos os traçados dos túneis nos seus troços finais junto às zonas ribeirinhas e ainda no início do traçado do túnel de Chelas no seu sector mais a montante, e nos vales da Av. Almirante Reis e da Av. da Liberdade no traçado do TMSA.

Neogénico

MMv - Formação dos Calcários de Marvila (MVIc)

De acordo com a carta geológica 1: 10 000 de Lisboa, no local onde está previsto passar o ultimo troço (jusante) do túnel de Chelas, antes de se chegar às aluviões ribeirinhas, uma estreita faixa orientada norte-sul aflora sub-horizontalmente ao longo da Av. Infante Dom Henrique, perto da fronteira das freguesias de Marvila e Beato.

MGr - Formação dos Grés de Grilos (MVIb)

No que toca ao traçado proposto para o túnel de Chelas corresponde aos terrenos que afloram sub-horizontalmente no sector oriental do dito traçado, entre os Calcários de Marvila (MMv) a jusante e as Argilas de Xabregas (MXa) a montante.

MXa - Formação das Argilas de Xabregas (MVIa)

Na freguesia de Marvila, junto ao campo de futebol do Ferroviário de Marvila, o traçado do túnel de Chelas, no seu sector intermédio, interceta em planta esta formação.

MQC - Formação dos Calcários de Quinta das Conchas (MVc)

Em Marvila, onde o traçado do túnel de Chelas cruza a linha de Caminhos de Ferro a sudoeste da estação de Marvila, esta formação encontra-se cartografada na carta geológica 1: 10 000 de Lisboa.

MVC - Formação das Areias de Vale de Chelas (MVb)

No que respeita ao traçado proposto para o túnel de Chelas esta formação surge cartografada na área onde o viaduto da Azinhaga Salgada passa por cima da linha de Caminhos de Ferro, o que corresponde ao sector ocidental do referido traçado.

MMu - Formação dos Calcários de Musgueira (MVa3)

Tal como as Areias de Vale de Chelas (MVC) surge na cartografia geológica 1: 10 000 de Lisboa na área do sector ocidental do traçado do TCB.

Mpm - Formação das Areias com Placuna miocénica (MVa2) e Mpm_i - Formação das Areias com Placuna miocénica (MVa2): intercalações calcárias

Esta formação é intercetada em planta pelo traçado do TMSA no sector jusante entre a Escola Básica e Secundária Gil Vicente e a Igreja de São Vicente de Fora ambas perto da Rua da Voz do Operário (freguesias de São Vicente de Fora e Graça).

MCV - Formação dos Calcários de Casal Vistoso (MVa1)

De acordo com a carta geológica 1: 10 000 de Lisboa, esta formação ocorre ao longo de todo o sector da Graça onde está previsto passar o último troço (jusante) do TMSA.

MQB - Formação das Areias de Quinta do Bacalhau (MIVb)

Relativamente ao traçado do TMSA importa referir que esta formação surge em planta em dois locais distintos, ambos no troço inferior/jusante. O primeiro junto à zona ribeirinha, onde contacta diretamente com as aluviões, e com as Argilas de Forno do Tijolo (MFT) por intermédio de um acidente tectónico do tipo falha, e o segundo local perto do Miradouro da Senhora do Monte na Graça, onde o traçado faz a primeira inflexão.

MFT - Formação das Argilas de Forno do Tijolo (MIVa)

Esta formação é reconhecida na base da colina do Castelo de S. Jorge subjacente às Areias da Quinta do Bacalhau (MQB). É intercetada em planta pelo túnel proposto de Campolide a meia encosta (esquerda) do vale da Av. Almirante Reis.

MEc - Formação dos Calcários de Entrecampos ("Banco Real")(MIII)

Os calcários de Entrecampos são reconhecidos cartograficamente no fundo do vale da Av. Almirante Reis, sobrepostos pelos depósitos aluvionares, no sector da primeira inflexão do traçado do TMSA.

MEs - Formação das Areolas de Estefânia (MII)

Esta sequência deposicional (B0), ocorre de acordo com a cartografia geológica 1: 10 000 de Lisboa na maior parte do sector intermédio do túnel de Campolide, desde a Av. Almirante Reis até quase à Av. da Liberdade onde contacta com a Formação das Argilas dos Prazeres (MPr).

MPr - Formação das Argilas dos Prazeres (MI): argilitos e calcários

Surge em planta no final do sector intermédio e na zona de inflexão para o sector montante do traçado do TMSA

Paleogénico

(phi)Bf - Formação de Benfica: conglomerados, arenitos e argilitos

De acordo com a Carta geológica do Concelho de Lisboa à escala 1: 10 000, a Formação de Benfica (phi Bf), juntamente com os calcários da Formação da Bica (C2Bi), afloram no sector montante do traçado do TMSA.

Cretácico

(beta)1 - Complexo Vulcânico de Lisboa

O CVL é reconhecido exclusivamente, em planta, no início e no final do sector montante do traçado do TMSA, ladeando a Formação da Bica (C2Bi), localizada no centro deste troço.

(beta)1_p - Complexo Vulcânico de Lisboa: rochas piroclásticas

As rochas piroclásticas do CVL são o produto da atividade vulcânica explosiva. Traduz-se essencialmente na região de Lisboa por depósitos não consolidados, de espessura variável, e sempre muito alterados de matérias do tipo lapilli (fragmentos de lava consolidada com dimensões entre os 4 e os 32 mm) e cinza vulcânica. Brechas grosseiras na base das escoadas e outros aglomerados vulcânicos podem também ocorrer localmente mas sempre muito alterados.

C2Bi - Formação da Bica: calcários com rudistas

A Formação da Bica (C2Bi) aflora na zona intermédia do sector do traçado do TMSA, entre o Bairro de Campolide e o Estabelecimento Prisional de Lisboa.

C2Cn - Formação de Caneças: calcários, margas, arenitos e dolomitos

No que respeita ao traçado do TMSA e de acordo com o corte geológico apresentado na Figura 3.2-3, esta formação deverá ser intercetada em profundidade entre a Av. Calouste Gulbenkian e a Rua Joaquim António Aguiar, no bairro de Campolide.

Ainda sobre o presente traçado, importa referir, de acordo com a carta geológica 1:10 000 do concelho de Lisboa que se prevê a interceção de pelo menos dois acidentes tectónicos do tipo falha (Figura 3.2-2).

3.2.2 Geomorfologia

A erosão diferencial das diferentes litologias definiram o que é hoje a Cidade de Lisboa, ou seja um conjunto de relevos com forte controlo litológico e estrutural, tradicionalmente designados como as sete colinas (Castelo, Graça, Monte, Penha de França, São Pedro de Alcântara, Santa Catarina e Estrela).

A área Metropolitana de Lisboa apresenta diferentes elevações, desde a zona ribeirinha (de cota +3 m a +4 m) até ao cume de Poiais (+108 m), Castelo de São Jorge (+110.7 m), Penha de França onde manifesta uma cota de +127.9 m, Monte Claros (+170.3 m) e Monsanto com uma cota de +227.8 m (Cruces, Lopes, Freitas, & Andrade, 2002) (Figura 3.2-5).

A cidade de Lisboa pode-se dividir em três regiões (Cruces et al., 2002):

1. Região oriental e setentrional, onde predominam as litologias miocénicas. As formas de relevo são condicionadas pelos contrastes litológicos e pela estrutura geológica, marcada pela presença de dobramentos suaves. A rede de drenagem instalou-se nas formações menos resistentes, que evoluíram para vales assimétricos, uma vez que as mais resistentes geraram planaltos e alinhamentos de cornijas;
2. Região central, salienta-se o relevo da colina do Castelo de São Jorge, formado por rochas com elevada componente carbonatada, mais resistente. Vale este circundado pelo vale da ribeira que segue ao longo da Avenida Almirante Reis/ Rua da Palma e pelo esteiro da Baixa. E onde se estabeleceram em formações mais brandas, com uma maior componente detrítica;
3. Região sudoeste, onde afloram materiais do Cenomaniano e do Complexo Vulcânico de Lisboa, predominam os relevos da serra de Monsanto e da colina da Ajuda, neste caso, o relevo é controlado por uma estrutura geológica complexa, afetada por falhas e dobras e definido por uma rede de drenagem frequentemente condicionada pela fracturação.

A carta de declives (Figura 3.2-6), gerada a partir do modelo digital de terreno, dá conta no interior do perímetro do concelho de Lisboa de uma superfície onde os valores das vertentes raramente excedem os 18°, encontrando-se estes associados às ribeiras da cidade, evidenciando um encaixe de idade pós Tortoniano, provavelmente plio-quaternário. Esta carta dá ainda conta da aplanação das zonas situadas a cotas mais altas com declives suaves entre os 0° e os 2°.

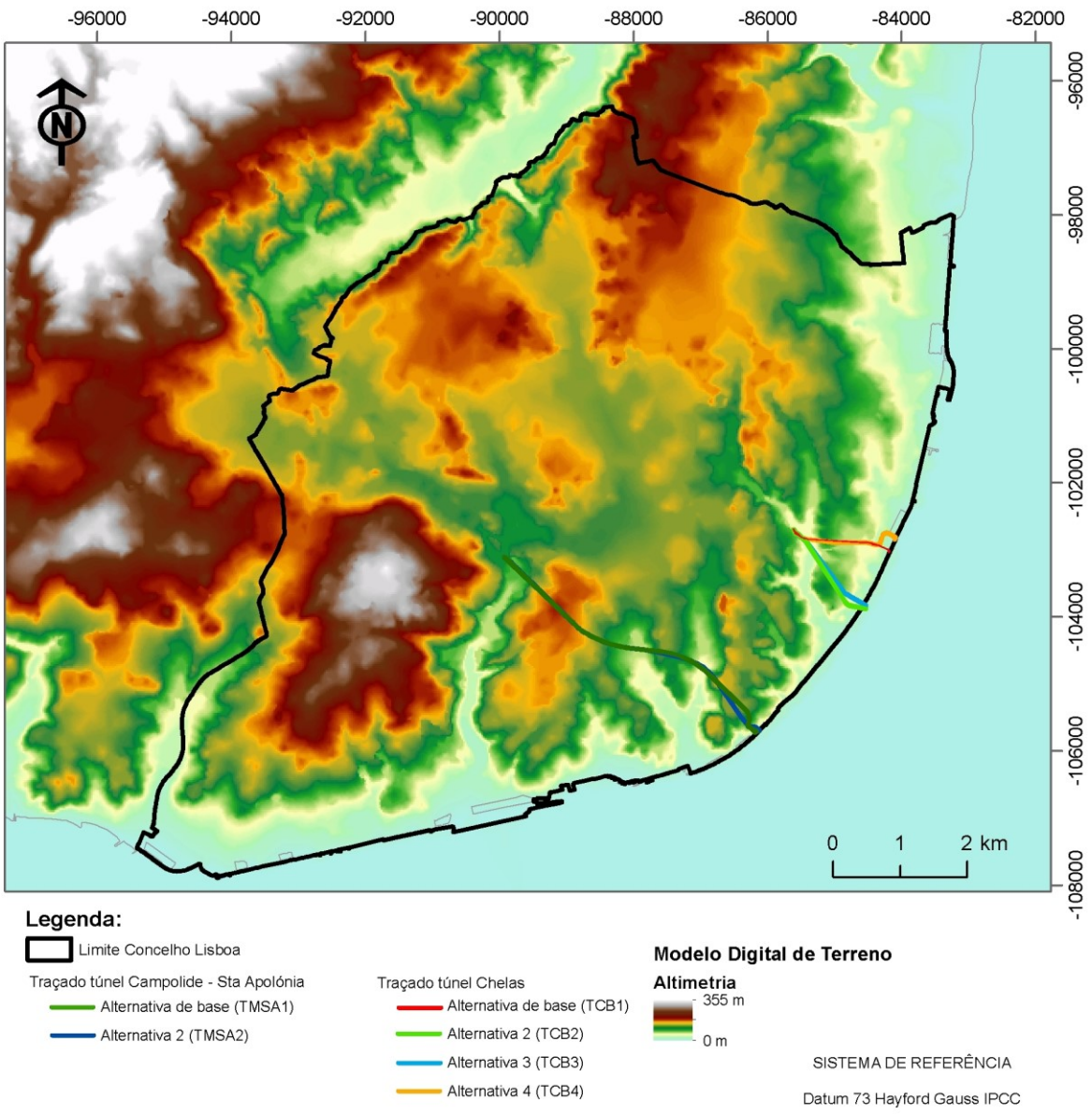


Figura 3.2-5 - Altimetria da região envolvente da cidade de Lisboa, com indicação dos traçados dos dois túneis

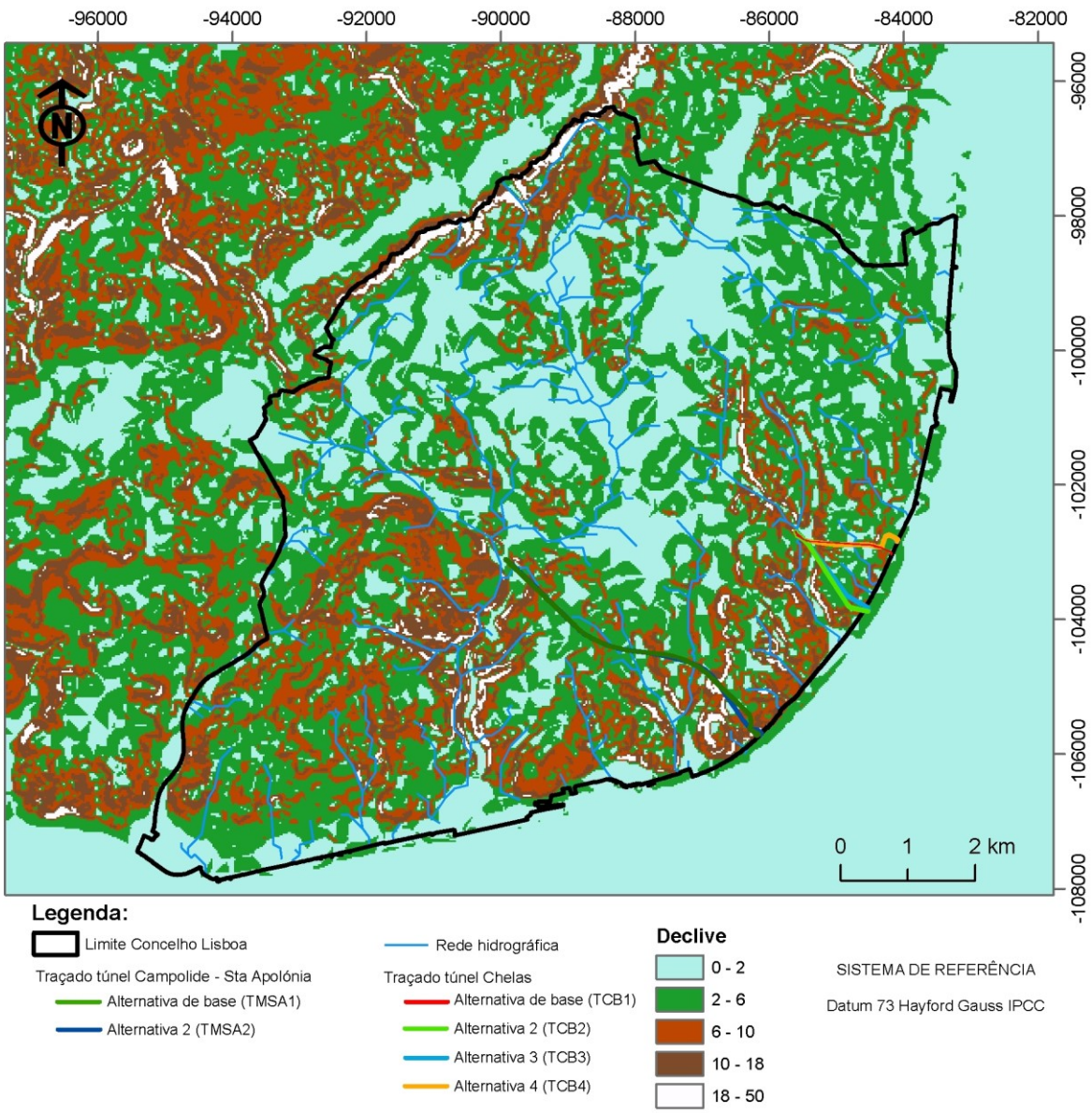


Figura 3.2-6 - Carta de declives gerada a partir do Modelo Digital do Terreno (MDT), os valores da escala inserida são em graus, com indicação dos traçados dos dois túneis

Por sua vez, o relevo (Figura 3.2-7) desenvolve-se entre o nível do mar até à cota dos 220 m, que se atinge na Serra de Monsanto. O território é caracterizado pela presença de um sistema de colinas (cota máxima não ultrapassa os 70 m) paralelo à frente ribeirinha em toda a sua extensão (20 554m). Os principais vales de Lisboa, diretamente tributários do estuário do Tejo encontram-se em Alcântara, Chelas, Valverde (Av. Liberdade), Arroios (Almirante Reis) Marvila e Olivais. Os vales ao longo da margem oriental da cidade definem colinas, de declives relativamente acentuados e variados (Figura 3.2-7), distribuídas irregularmente ao longo da costa, sendo as principais a colina do Castelo, da Graça e Senhora do Monte (Monte de S. Gens). Destaca-se a Serra de Monsanto na zona ocidental de Lisboa, limitada a poente pelo Vale da Ribeira de Alcântara (CML, 2016a)

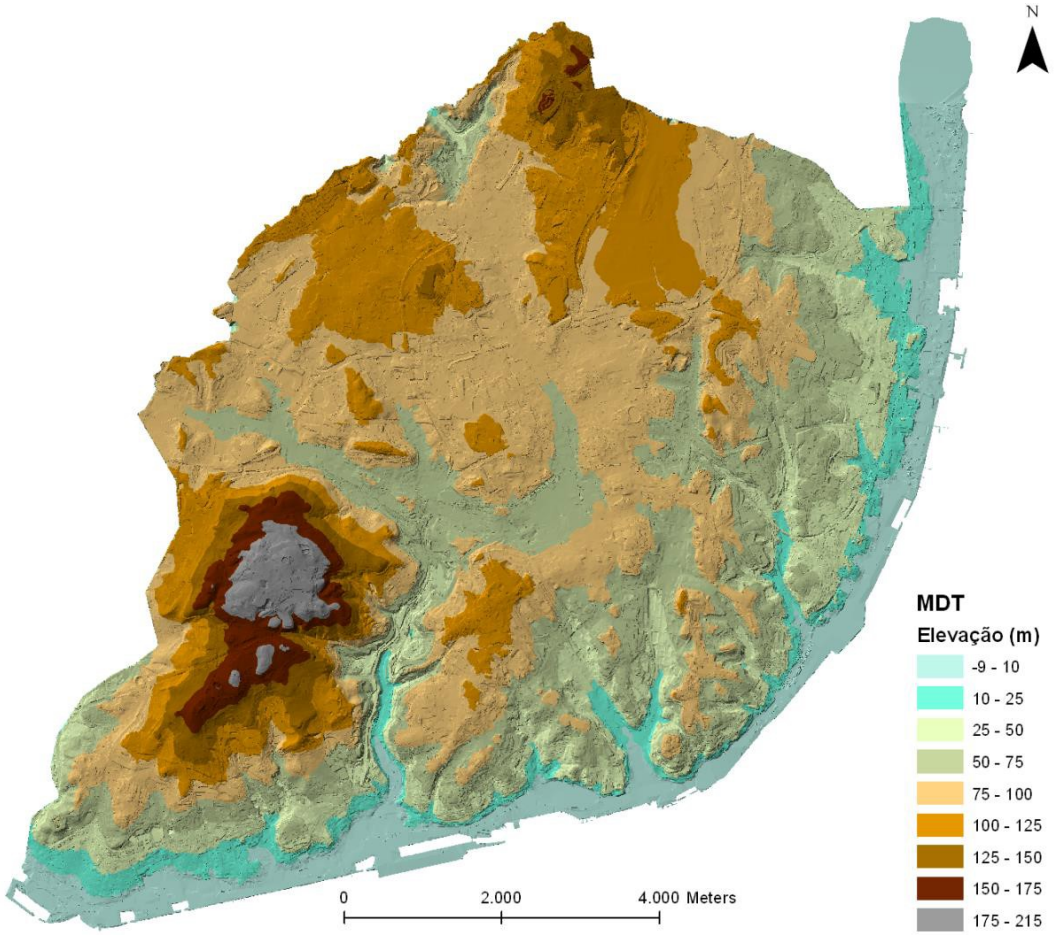


Figura 3.2-7 - Relevo da cidade de Lisboa. Imagem do modelo digital do terreno (MDT)

Fonte: (CML, 2016a)

3.2.3 Tectónica

Lisboa situa-se aproximadamente a meio da costa ocidental da península Ibérica, que adquiriu o seu carácter litoral atlântico no final do Cretácico inferior (120 Ma), quando se formou o primeiro segmento de oceano nestas latitudes por regime tectónico do tipo rifting ou distensão tectónica intra-continental na continuação dum ambiente tectónico que se iniciou na península Ibérica no Triásico (245 Ma). A província geológica do litoral ocidental ibérico mais importante que se formou nessa altura designa-se por Bacia Lusitânica (ou Lusitaniana, segundo os diferentes autores), no interior da qual a cidade de Lisboa se situa.

Desta fase tectónica de grande longevidade, mais de 220 Ma, a cidade de Lisboa quase não apresenta vestígios de carácter tectónico, visto a cidade assentar sobre rochas de idade mais recente, formadas quase exclusivamente entre os 7 a 100 Ma. Neste intervalo de tempo ocorreram, do ponto de vista tectónico, três eventos de grande importância para a região: o primeiro, um evento tectono-magmático, durante o qual se instalaram, principalmente, as lavas do Complexo Vulcânico de Lisboa (CVL), há cerca de 72 Ma (no Campaniano, Cretácico Superior); o segundo, de idade mais incerta terá ocorrido há cerca de 30 Ma (entre o Eocénico e o Oligocénico), durante o qual se depositaram os sedimentos continentais detríticos de Complexo de Benfica e; o terceiro, um evento tectónico neogénico, provavelmente entre os 2 e os 7 Ma atrás, durante o qual a região da oriental da cidade se terá soerguido de cotas altimétricas próximas do nível do mar até às que atualmente atinge.

Do primeiro evento tectónico mencionado, do Cretácico superior, Lisboa regista quase exclusivamente, lavas e piroclastos do CVL, cujos aparelhos alimentadores se situariam, crê-se, na região da presente serra de Sintra e, eventualmente, na região de Loures.

O segundo evento tectónico, ocorrido durante a deposição do Complexo de Benfica, regista a deformação tectónica mais importante nas formações que constituem o substrato onde se edifica a cidade. De facto, as dobras e as falhas de origem tectónica, ou seja, associadas à deformação do substrato geológico imposta por um campo de tensões associado à colisão entre as placas litosféricas Eurásia e África, afetam o CVL e as formações geológicas anteriores, encontrando-se seladas pelas formações mais recentes. As variações importantes de espessura do Complexo de Benfica, assim como as discordâncias angulares intra-formacionais, atestam a deformação tectónica sin-sedimentar. Deste modo, a este evento tectónico atribui-se uma idade Oligocénica, podendo eventualmente ter-se iniciado durante o Eocénico. Durante esta fase tectónica formaram-se as estruturas tectónicas mais conspícuas evidentes na cidade e concelhos limítrofes, a norte e a oeste, que, posteriormente, durante o Miocénico superior (pós-Tortoniano), foram reativadas, durante o terceiro evento tectónico.

Este último evento, o mais recente, foi certamente pós-Tortoniano, como se deduz da sequência estratigráfica presente na cidade, fundamentalmente no seu centro e oriente, onde se encontram cartografadas as séries miocénicas, desde a sua base, o Aquitaniano até ao Tortoniano. A parte mais superior do Miocénico, o Messiniano, não se encontra representado, assim como também não se encontra o Pliocénico e, do Quaternário apenas existem as aluviões das ribeiras de Lisboa. A importante discordância angular entre o Miocénico e o Cretácico não deixa dúvidas da existência dum relevo anterior ao Miocénico, de origem tectónica compressiva, posterior ao CVL. As baixas e generalizadas inclinações dos estratos miocénicos e os escassos exemplos de deformação tectónica mesoscópica corroboram este facto.

Concluindo, existem claras evidências de tectónica compressiva de idade Eo-Oligocénica e pós-Tortoniana na região da cidade de Lisboa. Esta última, certamente associada a importante levantamentos tectónicos, eventualmente de idade Miocénica terminal, Pliocénica e mesmo Quaternária, como os materializados na estruturas activas do vale do baixo Tejo (e.g. falha inversa de Vila Franca de Xira - Lisboa). Outros levantamentos de idade Quaternária, importantes a nível regional, foram recentemente propostos, em trabalhos realizados na região litoral entre a Nazaré e Peniche e nas regiões da plataforma continental na região algarvia (Terrinha et al., 2009).

3.2.4 Sismicidade

A distribuição de ocorrências sísmicas permite a realização de um zonamento sob a forma de isossistas. Assim sendo, e de acordo com a Carta de Isossistas de Intensidade Máxima, do Instituto de Meteorologia, o local dos traçados situa-se numa zona de intensidade IX (Figura 3.2-8).

A Figura 3.2-9 apresenta a Carta de Intensidades de Lisboa, correspondente a um cenário sísmico possível: sismo de magnitude 7.5 na escala de Richter, originado a 220 km de distância, no Banco de Gorringe. A análise da distribuição das intensidades nesta carta mostra a existência de contrastes no interior da cidade, resultantes do comportamento sísmico dos diferentes tipos de formação geológicas superficiais. Assim, a zona ocidental da cidade regista, em média, menores intensidades do que a zona oriental. Baixa e colinas circundantes apresentam, em geral, intensidades um pouco superiores. A zona ribeirinha ocidental e os vales correspondentes às antigas linhas de água registam intensidades ainda mais elevadas.

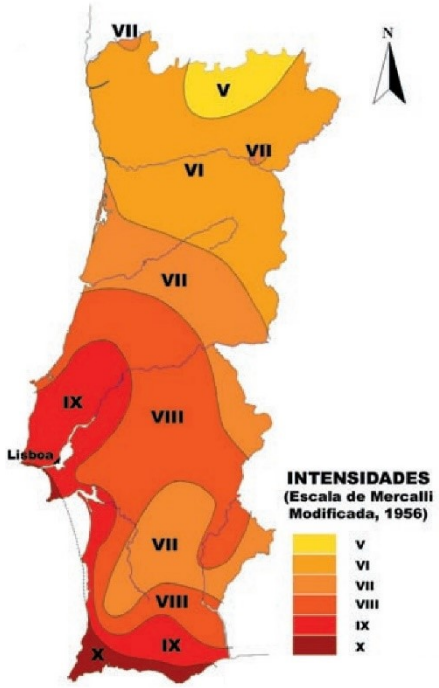
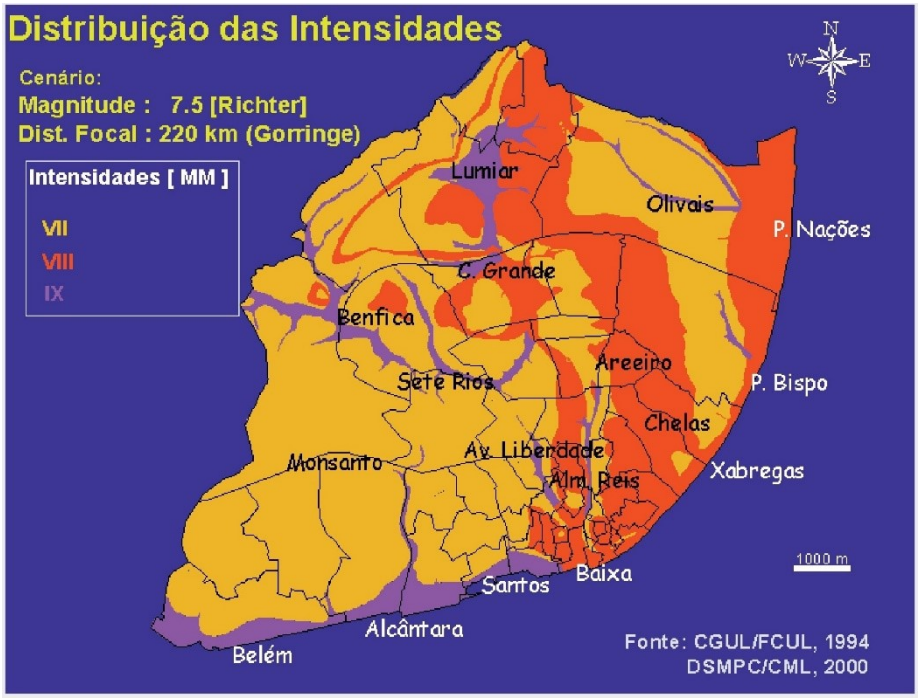


Figura 3.2-8 - Carta de Isossistas de Intensidade Máxima (sismicidade histórica e atual)

Fonte: antigo Instituto de Meteorologia

Figura 3.2-9 - Carta de Isossistas de Intensidade Máximas para a cidade de Lisboa



Fonte: (CGUL/FCUL, 1994) e (DSMPC/CML, 2000).

Do ponto de vista da sismicidade, a região do concelho de Lisboa é afetada sobretudo pela atividade sísmica de duas zonas sismotectónicas, a saber:

- Zona 1: Bacia do baixo Tejo e Sado;
- Zona 2: Atlântico.

A Zona 1 (interplacas) inclui a região do vale do Tejo e Sado e a zona atlântica adjacente, onde se inclui a falha do vale Inferior do Tejo, e onde se registam vários sismos de magnitude superior a 5, com epicentros distribuídos ao longo da falha e da zona costeira.

A Zona 2 (intraplacas) corresponde à zona ao longo da fronteira Açores-Gibraltar, responsável pela atividade sísmica no mar, nomeadamente na zona do banco de Gorringe, que tem dado origem aos maiores sismos históricos que atingiram o continente (1356, 1755 e 1969).

Em termos regulamentares e de acordo com o Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSA) e com o Eurocódigo 8 (EC8-DNA, 1998), a área em estudo situa-se na zona sísmica A (Figura 3.2-10), identificada com um risco sísmico alto, a que corresponde um coeficiente de sismicidade, α, igual a 1 (Quadro 3.2-1).

Quadro 3.2-1 - Valores do coeficiente de sismicidade α

Fonte: (RSA, 2005)

Zona Sísmica	α
A	1.0
B	0.7
C	0.5
D	0.3

Para efeito da definição do coeficiente sísmico de referência β0, apresenta-se no Quadro 3.2-2 o enquadramento da natureza dos terrenos de fundação das obras a projetar, na tipologia estabelecida por aqueles documentos regulamentares.

Neste contexto e de acordo com o EC8-DNA, as acelerações máximas nominais a considerar para as ações sísmicas do tipo 1 (sismos intraplacas, de magnitude moderada a pequena distância focal) e do tipo 2 (sismos interplacas, de maior magnitude a uma maior distância focal) são de 1.5 e 1.7 ms^{-2}, respetivamente.

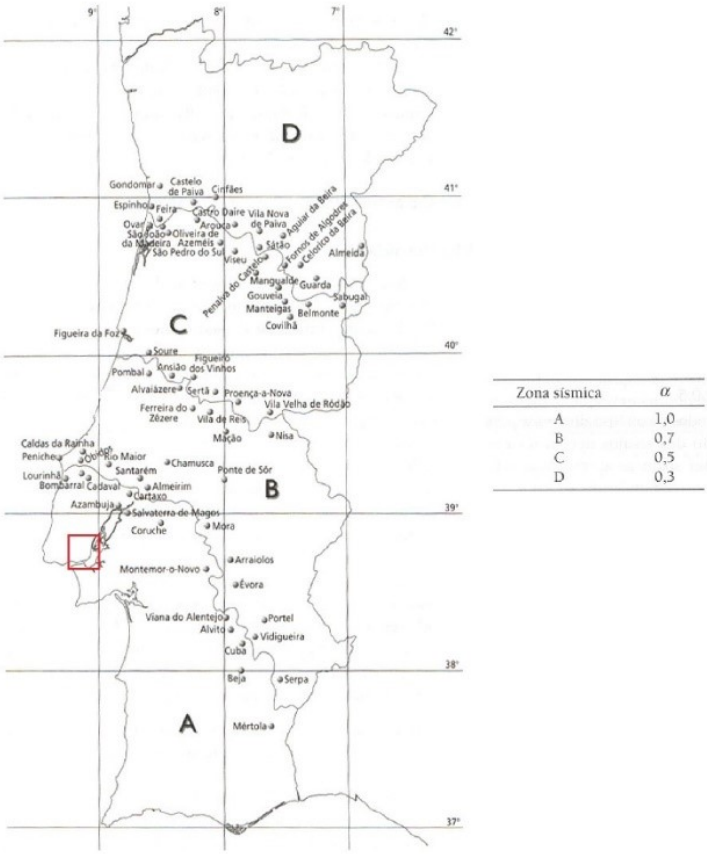


Figura 3.2-10 - Zonas sísmicas de Portugal Continental e respetivos coeficientes de sismicidade

Adaptado de (Cabral & Ribeiro, 1988)

Em termos de casualidade sísmica da zona, estes valores das acelerações máximas correspondem a um período de retorno de 3 000 anos (período adotado no EC8-DNA), equivalentes aos valores adotados no RSA para um período de retorno da ordem de 1 000 anos, afetados por um fator de majoração de 1.5.

Quadro 3.2-2 - Tipologia de terrenos a considerar no estabelecimento do coeficiente sísmico

	Tipo de terreno		
Unidade	**I**	**II**	**III**
	Rocha e solos coerentes rijos	Solos coerentes muito duros, duros e de consistência média; Solos incoerentes compactos	Solos coerentes moles e muito moles; Solos incoerentes soltos
Aluviões atuais		*	**
Depósitos de terraço recentes		**	*
Pliocénico	**	*	
Miocénico	*	**	
Cretácico	**	*	

Legenda: * - menos provável ** - mais provável

Segundo Oliveira (1997), as acelerações máximas para um período de retorno de 1 000 na zona em estudo variam entre 125 e 150 cm/s^2. Ainda segundo o mesmo autor as velocidades e os deslocamentos esperados no terreno são respetivamente 18 cm/s e 8 cm.

Para outros períodos de retorno que intervenham no dimensionamento de projeto, vários são os métodos que permitam calcular os mesmo valores. De uma forma expedita e segundo Oliveira (1997), define-se no Quadro 3.2-3 e com base no período de retorno de 1 000 anos, os fatores médios de correção para os valores da aceleração, velocidade e deslocamentos correspondentes a diferentes períodos de retorno.

Quadro 3.2-3 - Valores corretivos para obtenção dos valores de aceleração, velocidade e deslocamento correspondentes a diferentes períodos de retorno, com base no período de 1 000 anos

Período de Retorno (anos)	1 000	500	200	100	50	20	10
Fator de Correção	1	0.75 ± (5%)	0.54 ± (8%)	0.4 ± (12%)	0.27 ± (16%)	0.15 ± (20%)	0.10 ± (25%)

3.2.5 Estratigrafia

O Mesozóico da cidade de Lisboa é exclusivamente representado pelo Cretácico, de natureza sedimentar ou vulcânica.

O Cretácico sedimentar aflora na encosta do bairro de Ajuda e na serra de Monsanto. As formações aflorantes encontram-se cartografadas como Formação de Caneças (C2Cn) e Formação de Bica (C2Bi), respetivamente do Albiano superior a Cenomaniano médio e Cenomaniano superior. A Formação de Caneças é essencialmente constituída por calcários margosos e a Formação de Bica por calcários compactos com tendência a mais margosos para o topo da unidade (Pais et al., 2006).

O Cretácico vulcânico, designado por Complexo Vulcânico de Lisboa (beta1 e beta1_p), foi datado radiometricamente, através do método K/AR, indicando a idade de 72.6+/- 3.1 Ma, ou seja, do Cretácico superior, Campaniano. As lavas do Complexo estão provavelmente associadas à intrusão das rochas plutónicas alcalinas da serra de Sintra, provavelmente correlativas (Terrinha et al., 2009). O Complexo cobre uma área importante da cidade nas zonas de Monsanto, Ajuda e Alcântara, tendo sido identificado nas sondagens da Ponte 25 de Abril.

O Cenozóico da cidade de Lisboa encontra-se essencialmente representado pelos sedimentos da Formação de Benfica (phi Bf) de idade paleogénica e pelas formações miocénicas.

O Paleogénico é constituído pela Formação de Benfica. De acordo com Zbyszewski (1963) esta formação tem aproximadamente 400 m de espessura, assenta sobre o Cretácico superior e é recoberta discordantemente pelos sedimentos marinhos do Miocénico inferior. Segundo Reis et al (2001) a base desta formação é de idade eocénica superior e o topo de idade oligocénica. Trata-se duma formação constituída exclusivamente por sedimentos continentais (arenitos, margas, conglomerados siliciclásticos e calcários, e calcários lacustres). O Paleogénico aflora em continuidade entre as zonas de Palhavã, Benfica, Alfornelos e Loures (Figura 3.2-1).

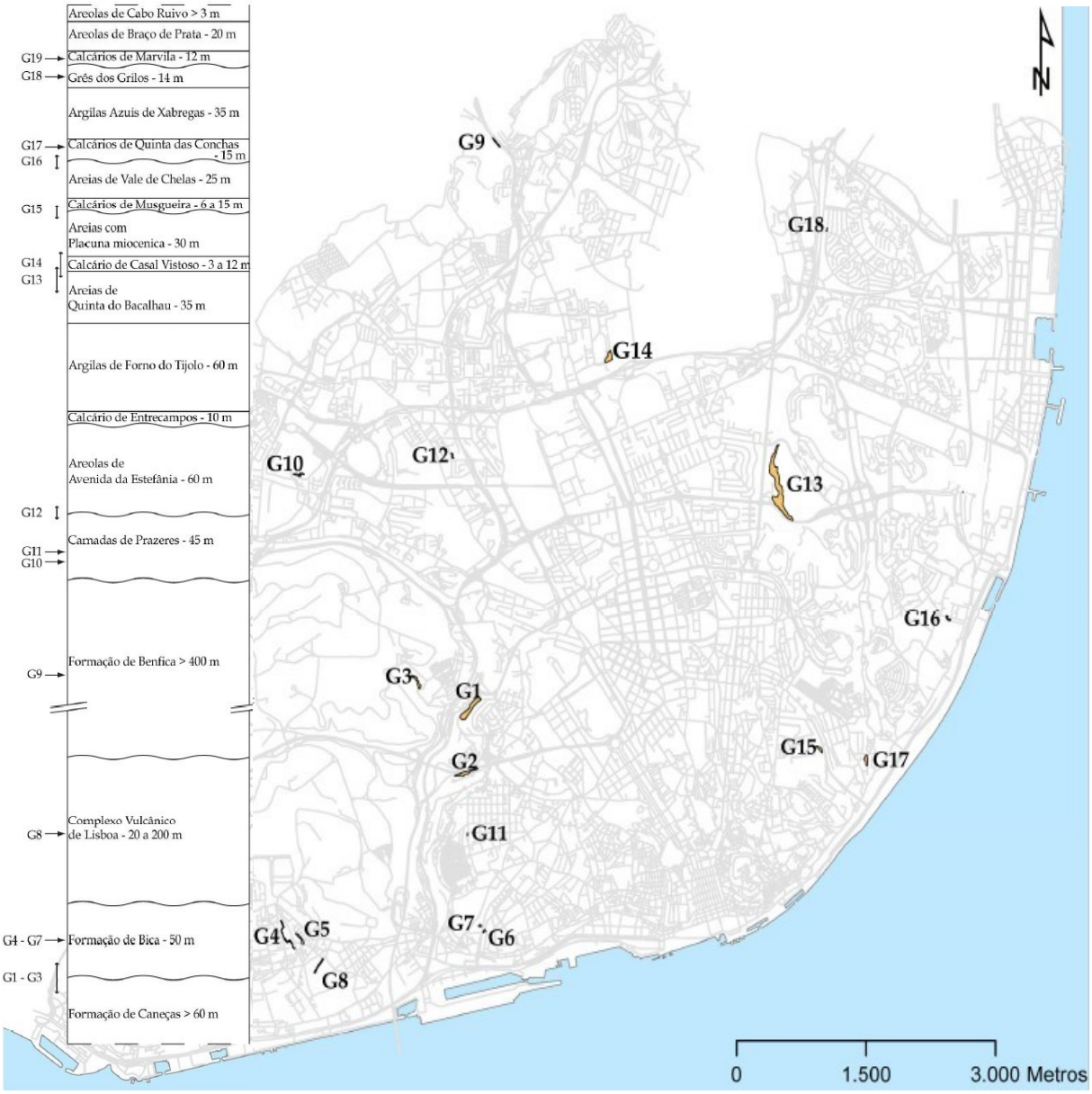
O Miocénico de Lisboa cobre a parte a parte ocidental da cidade e a parte central (Figura 3.2-1). De acordo com (Pais et al., 2006) na cidade de Lisboa o Miocénico apresenta-se subdividido em dez sequências deposicionais, desde a base do Miocénico (Aquitaniano) até ao Tortoniano.

O Pliocénico e o Quaternário encontram-se escassamente representados na zona da cidade de Lisboa, essencialmente através de depósitos siliciclásticos do Plio-Plistocénico - prolongamentos de unidades bem desenvolvidas a montante no rio Tejo e na margem sul – e pelas aluviões das ribeiras de Lisboa. Os depósitos arenosos e lodosos associados à transgressão marinha e condições de alto nível do mar do Plisto-Holocénico encontram-se sobretudo no estuário e delta submarino do rio Tejo que preservam evidências de erosão importante causada pela passagem de tsunamis (Terrinha et al., 2009).

3.2.6 Recursos Geológicos

Com base no levantamento de informação e bibliografia consultada refira-se que no que respeita a situações relevantes associadas à existência de bens culturais imóveis de interesse predominantemente geológico, nomeadamente a existência de Geomonumentos ao longo do traçado dos túneis, apesar de existirem várias ocorrências no Concelho de Lisboa, na zona do Beato se verifica que o traçado do TCB inicialmente era coincidente, ainda que em profundidade, com a localização do Geomonumento G16 – Geomonumento da Rua Capitão Leitão. Como referido no Capitulo 2 e analisado em maior detalhe no Capitulo 5, o traçado foi ajustado de forma a que a passagem do túnel seja efetuada de acordo com o previsto no Regulamento do PDM de Lisboa.

Na Figura 3.2-11 apresenta-se a localização dos 18 Geomonumentos identificados no Concelho de Lisboa.



Legenda

Geomonumentos | Estuário do Tejo

G1 - Geomonumento da Av. Duarte Pacheco
G2 - Geomonumento da Av. Calouste Gulbenkian
G3 - Geomonumento do Parque da Pedra
G4 - Geomonumento do Rio Seco 1
G5 - Geomonumento do Rio Seco 2
G6 - Geomonumento da Av. Infante Santo 1
G7 - Geomonumento da Av. Infante Santo 2
G8 - Geomonumento da Rua Aliança Operária
G9 - Geomonumento da Calçada de Carriche
G10 - Geomonumento da Quinta da Granja
G11 - Geomonumento do Rua Sampaio Bruno
G12 - Geomonumento da Rua Virgílio Correia
G13 - Geomonumento do Parque da Bela Vista
G14 - Geomonumento da Quinta do Lambert
G15 - Geomonumento da Rua Mouzinho de Albuquerque
G16 - Geomonumento da Rua Capitão Leitão
G17 - Geomonumento do Forte de Sta. Apolónia
G18 - Geomonumento da Rua dos Eucaliptos

Figura 3.2-11 - Planta de localização dos Geomonumentos de Lisboa

Fonte: (CML, 2010a)

3.2.7 Programa de reconhecimento geológico-geotécnico

3.2.7.1 Programa de prospeção

Para precisar as caraterísticas as condicionantes geológicas, morfológicas e estruturais existentes ao longo dos traçados dos dois túneis a construir, foram efetuados trabalhos de campo, nomeadamente sondagens e ensaios de laboratório, de modo a obter uma adequada caracterização dos materiais atravessados pelos túneis. O programa de reconhecimento elaborado pelo LNEC – "Programa de reconhecimento geológico-geotécnico" - visa fundamentalmente uma caracterização global das condições geológicas e geotécnicas ao longo dos traçados dos túneis, de modo a reunir os elementos de informação considerados necessários para a instrução do concurso internacional de conceção-construção (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

Os trabalhos de prospeção iniciaram-se a 23 de Agosto de 2016, estando concluídas até à data de 24 de Outubro de 2016 as sondagens e ensaios que se apresentam nas tabelas seguintes. Até essa data estavam concluídas cerca de 11 sondagens (incluindo destrutivas) no TMSA e 7 sondagens (incluindo destrutivas) para o TCB, ou seja, cerca de 50% da furação definida no programa de prospeção. Os resultados das sondagens carecem de interpretação, visto que se trata da informação em bruto, descrita nas partes diárias.

Embora os estudos ainda continuem em execução, como referido, no Anexo AII-5 apresentam-se os relatórios geológico-geotécnicos relativos aos estudos já finalizados e relevantes para o presente EIA.

Quadro 3.2-4- Quadro resumo das sondagens e ensaios realizados no Túnel de Monsanto – Santa Apolónia (via partes diárias da Geocontrole)

Sondagem	Comprimento total de furação	Ensaios SPT	Ensaios Lefranc	Ensaios Lugeon	Ensaio pressiométrico	Recolha de amostras intactas	Instalação de piezómetro
SMP1	29.5	x					
SMP2	29.5	x	x				
SMP3	25.1	x					
SMP4	28	x			x	x	
SMT1	39.63			x			x
SMT2	72.1			x			
SMT3	98.48						
SMT5	69.3		x				x
SMEH3	25	x	x				x
SMT7	37.4		x	x			x
SMV1	26.5	x				x	x

Quadro 3.2-5 - Quadro resumo das sondagens e ensaios realizados no Túnel Chelas – Beato (via partes diárias da Geocontrole)

Sondagem	Comprimento total de furação	Ensaios SPT	Ensaios Lefranc	Ensaios Lugeon	Ensaio pressiométrico	Recolha de amostras intactas	Instalação de piezómetro	Ensaios cross-hole
SCBV1	19.5	x				x	x	
SCBP1	20	x	x		x	x	x	
SCBP2	20						x	x
SCBT2	23.8	x			x			
SCBT3	30	x	x		x			x
SCBT3-A	30							x
SCBT3-B	17.5						x	

3.2.7.2 Informação pré-existente

Aspetos gerais

Além do Programa de Reconhecimento Geológico-Geotécnico descrito, deve ser considerado também para o Estudo Geológico-Geotécnico final o estudo da bibliografia existente publicada e uma avaliação dos estudos geológico-geotécnicos realizados nos últimos 20 anos na cidade de Lisboa, e em particular nas proximidades dos troços de túnel a escavar (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

O documento "Modelação e Zonamento Geológico-Geotécnico dos Terrenos a Atravessar pelos Futuros Túneis de Drenagem de Lisboa, com base em Informações Pré- Existentes" (Dinis da Gama & Matos, 2016), constitui uma memória descritiva desse conjunto de informação geológico-geotécnica pré-existente e pretende ser um complemento ao Estudo Geológico-Geotécnico, onde serão descritos, analisados e interpretados os trabalhos de prospeção realizados no âmbito do Projeto atual, a partir do Programa de reconhecimento geológico- geotécnico dos Túneis de Drenagem de Lisboa descrito no capítulo anterior, contribuindo para a definição do modelo geológico e zonamento geotécnico final (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

Os trabalhos existentes e utilizados como elementos de base desse relatório datam do período compreendido entre 1995 e 2015, respeitando genericamente a estudos e projetos de variados edifícios, projetos do Metropolitano de Lisboa, projetos das Infraestruturas de Portugal (ex-Refer e ex-EP), da Câmara Municipal de Lisboa, entre outros (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

A fiabilidade e relevância da prospeção existente não é homogénea, variando em função de critérios como sejam (Consórcio Hidra/Engidro, 2016):

- O rigor da sua localização, visto que alguns dos trabalhos efetuados não se encontram georreferenciados, pelo que a sua localização é aproximada.
- A sua antiguidade, tendo em conta possíveis intervenções posteriores que condicionam/alteram os resultados obtidos.
- A distância da sua localização, em planta e cota, ao eixo dos túneis a executar.
- A qualidade e forma da apresentação da informação geotécnica, considerando-se indispensável a existência de pelo menos os boletins das sondagens.

Modelo geológico e zonamento geotécnico preliminar

Com base nos resultados apresentados no relatório da informação pré-existente, foi elaborado (Consórcio Hidra/Engidro, 2016) um modelo geológico e zonamento geotécnico das formações correntes ao longo dos traçados dos túneis de Monsanto e de Chelas.

Na prospeção realizada nas várias campanhas próximas dos traçados verificou-se que a presença de água nem sempre se fez sentir e que, nas sondagens onde foi detetado, o nível de ocorrência era muito variável, quer de local para local, quer no mesmo local ao longo do ano hidrológico. No troço correspondente ao túnel de Monsanto, o nível de água mais próximo da superfície foi detetado a 2 m na sondagem Z11 do projeto 657 (dada a sua proximidade ao rio Tejo), enquanto que a sondagem que revelou nível mais distante da superfície (retirando aquelas onde não foi detetado) foi a S23 do projeto 691, com o nível a 26.22 m de profundidade. Já no Túnel de Chelas, apenas 1 nível freático foi medido (S01- ST2 do proj.222) a 9 m de profundidade (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

Numa análise expedita constata-se que o nível freático surgiu na maioria dos furos de sondagem entre os 9-15 m de profundidade. Comparando a profundidade a que o nível de água foi detetado com as cotas de escavação previstas, verifica-se que grande parte da escavação desenvolvem-se abaixo dos níveis de água detetados (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

Procurou-se para cada zona agrupar as formações com características geotécnicas semelhantes, considerando não só a litologia e o estado de fracturação, mas especialmente a resistência, expressa pelos resultados dos ensaios SPT. Além destes resultados, consideraram-se também os parâmetros geotécnicos obtidos com os ensaios de laboratório nas amostras recolhidas, tais como a peso específico, resistência à compressão uniaxial, módulo de deformabilidade, ângulo de atrito e coesão. No entanto, estes parâmetros deverão ser analisados com espírito crítico face aos resultados das novas sondagens que se vão realizar no âmbito do programa base e anteprojeto dos túneis de drenagem. A parametrização com vista à caracterização dinâmica do maciço não foi alvo de estudo nos programas de prospeção pré-existentes analisados (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

O zonamento geotécnico tem a finalidade de definir maciços geológicos com idênticas respostas geotécnicas a curto e a longo prazo. Esta forma de repartir o maciço em zonas que exibem comportamentos geomecânicos semelhantes, é um valioso auxiliar dos técnicos ligados à Engenharia de Túneis, uma vez que permite a aplicação das mesmas técnicas em zonas com características comparáveis, fornecendo facilidade no dimensionamento e permitindo a otimização da execução. Trata-se assim de balizar o maciço rochoso dentro de limites bem definidos e aceitáveis, relativos à deformabilidade, resistência, permeabilidade e estado de tensão. Este zonamento deve ainda ser utilizado de forma mais abrangente no que respeito à definição dos métodos de escavação, equipamentos a utilizar, tempos despendidos, taxas de avanços, entre outros (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

Foram assim definidas 4 zonas geotécnicas ao longo da escavação do túnel, representadas nos perfis geológico-geotécnicos do referido documento (ZGGP-TM-S.E.T.-01 e ZGGP-TC-S.E.T.-02), onde foram inferidos os parâmetros geotécnicos mais representativos para as necessidades do projeto. Assim, ZG3 é a zona geotécnica que apresenta piores características geomecânicas, e ZG1 a zona que apresenta melhores características geotécnicas (ou seja, ZG1 não representa necessariamente um maciço de boa qualidade, mas sim um maciço de melhor qualidade em comparação com ZG3 e ZG2A/B) (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

Abaixo descrevem-se sumariamente as características dessas zonas e no Quadro 3.2-6 resumem-se os parâmetros adotados para cada zona geotécnica (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

Zona geotécnica 3 (ZG3)

Corresponde à zona superficial, com permeabilidade variável (baixa a alta), onde é possível encontrar aterros, aluviões e/ou maciço muito descomprimido, ou seja, onde os parâmetros geomecânicos apresentam valores baixos, com valores Nspt inferiores a 30 pancadas (podendo no entanto alcançar valores superiores, de Nega brusca, que são atribuídos à presença de fragmentos de rocha, quer *in situ* quer transportada durante a furação das sondagens).

Corresponde também a zonas de atravessamento de falhas geológicas, cujas características geomecânicas não se encontram descritas na bibliografia estudada, mas que à partida apresentam características geotécnicas muito fracas.

Incluem-se também nesta zona geotécnica troços dos túneis que se desenvolvam a menos de 2 diâmetros de profundidade de depósitos aluvionares, depósitos espessos de aterro ou de estruturas existentes (túneis do Metropolitano), e nas zonas de emboquilhamentos.

Zona geotécnica 2B (ZG2B)

Corresponde a formações detríticas e carbonatadas do Miocénico. Nos vários trabalhos foi possível distinguir as características geotécnicas associadas aos solos rijos - que integram essencialmente grés argilosos, areias, argilas e margas - e às rochas brandas - que correspondem às litologias de natureza calcária, margosa e arenítica. Os terrenos enquadrados nesta zona geotécnica caracterizam-se por apresentar valores de Nspt superiores a 30 podendo alcançar as Negas. Em termos de permeabilidade, esta é muito variável, considerando-se para termos de dimensionamento média.

Incluem-se também nesta zona geotécnica troços dos túneis que se desenvolvam a menos de 2 diâmetros da linha de superfície do terreno (incluindo depósitos de aterro pouco espessos).

Zona geotécnica 2A (ZG2A)

Corresponde a formações detríticas e carbonatadas do Miocénico. Nos vários trabalhos foi possível distinguir as características geotécnicas associadas aos solos rijos - que integram essencialmente grés argilosos, areias, argilas e margas - e às rochas brandas - que correspondem às litologias de natureza calcária, margosa, arenítica, e vulcânica (tufos pouco compactos e basaltos alterados). O maciço enquadrado nesta zona geotécnica caracteriza- se por apresentar valores de Nspt iguais ou superiores a 60. Em termos de permeabilidade, esta é muito variável, considerando-se para termos de dimensionamento média.

Zona geotécnica 1 (ZG21)

Corresponde ao domínio francamente rochoso, com permeabilidade média a alta, de natureza calcária, calcarenítica e margosa (Cenomaniano), e aos tufos e basaltos pouco a medianamente alterados do Complexo Vulcânico de Lisboa. Em termos de fracturação, o maciço rochoso apresenta-se muito fraturado e com descontinuidades abertas, preenchidas com argilas. Em termos de RMR (Rock Mass Rating - Bieniawsky, 1984), estima-se que este cenário geotécnico se inclua em valores entre 40 e 60 (i.e., maciço de qualidade razoável). Esta zona ocorre normalmente subjacente à ZG2A, e raramente a menos de 20 Metros de profundidade. O módulo de deformabilidade é muito variável e localiza-se acima dos 100 MPa para os tufos vulcânicos e acima dos 10 GPa para os basaltos e calcários. Os valores de resistência à compressão uniaxial podem variar entre 50 e 100 MPa. Apresentam-se no quadro seguinte o resumo dos parâmetros adotados para cada zona geotécnica.

Quadro 3.2-6 - Zonamento Geotécnico preliminar, com base na informação geológico-geotécnica existente na região de Lisboa e proximidades do traçado dos Túneis de Drenagem de Lisboa

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2016)

Zona		Litologias comuns	Estado de alteração	Estado de fracturação	Nspt	Módulo de Deformabilidade (MPa)	Ângulo de atrito (º)	Coesão (kPa)	Peso Específico (kN/m³)
ZG3		Solo residual; Aterros; Aluviões lodosos, arenosos e argiloso	-	-	<30	-	25-28	0	18-21
ZG2	B	Biocalcarenitos, calcarenitos, margas, Argilas, Areias e arenitos argilosos/siltosos, tufos pouco compactos	-	-	30-60	<50	30-35	mai.20	20-21
	A			F4-5	>60	50-100	30-35	30	20-21
ZG1		Calcários cristalinos, calcários margosos, basaltos e tufos compactos	W3 a W4	F3 a F4-5	>60	> 100 (> 10 GPa)	35-40	>30	23-30

Nesta primeira abordagem à informação existente e à definição de um zonamento geotécnico preliminar, estima-se que a escavação em túnel, no troço do TMSA deverá intercetar cerca de 39% em ZG1, 44% em ZG2A, 7% em ZG2B, e 10% em ZG3 (Figura 3.2-12). No caso do TCB, este deverá intercetar terrenos do tipo ZG3 em cerca de 5% da escavação total, 17% em ZG2B e cerca de 78% em ZG2A (Figura 3.2-12). A escavação em vala não está contemplada nestas estimativas, e deverá desenvolver-se em terrenos inseridos em ZG3 (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

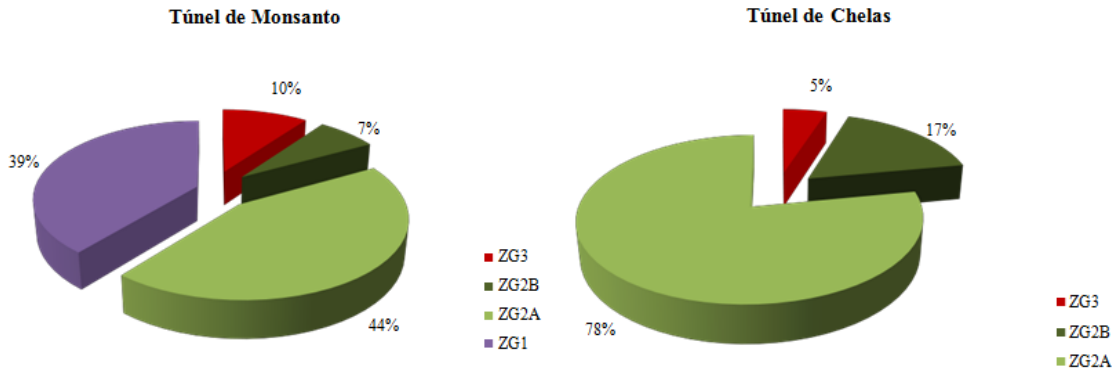


Figura 3.2-12 - Estimativas de zonas geotécnicas intercetadas pela escavação dos túneis: Monsanto-Santa Apolónia (esq.) e Chelas-Beato (dta.)

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

Tratando-se de uma obra linear, e sendo o acesso ao terreno obtido apenas através de sondagens, por maior que seja o número, a informação será sempre escassa, comparada com a extensão da obra e tendo em conta da heterogeneidade do maciço a escavar (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

Salienta-se que o zonamento apresentado é apenas uma primeira abordagem, e deve ser profundamente refinado com os resultados da campanha de prospeção que se encontra em execução para os túneis de drenagem. A adoção eficaz desta metodologia carece igualmente de reconhecimento e instrumentação contínuos do maciço a escavar, que terá de ir muito para além da mera classificação geológica das frentes de desmonte, por si só insuficiente para a aferição das condições mecânicas e estruturais do maciço rochoso (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

3.3 HIDROGEOLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

A análise das características hidrogeológicas do local, bem como dos recursos hídricos subterrâneos foi realizada com base no estudo hidrogeológico elaborado no âmbito da realização do presente EIA (Waterways, 2017), por forma a caracterizar o fator ambiental da hidrogeologia, considerando o traçado dos túneis em estudo. De um modo geral, este estudo teve por base a informação disponível no SNIRH e a informação contida no PGRH do Tejo, assim como bibliografia especifica da área, a qual é apresentada ao longo da caracterização. A avaliação do estado das águas subterrâneas teve também como fonte o PGRH do Tejo e os dados disponibilizados no SNIRH. Tal como referido, o relatório com o estudo completo referente ao presente descritor ambiental é disponibilizado em Anexo, no Anexo AII-2.

3.3.1 Enquadramento hidrogeológico regional

A região de Lisboa enquadra-se na Região Hidrográfica 5 (RH5). A RH5 abrange três unidades hidrogeológicas, que coincidem com as três unidades morfo-estruturais – Maciço Antigo, Orla Ocidental e Bacia do Tejo-Sado, e nas quais se reconhecem 16

massas de água (MA) subterrânea. Das 16 MA delimitadas, 13 foram identificadas por Almeida *et al.*(2000) como sistemas aquíferos. As restantes, designadamente "Maciço Antigo Indiferenciado da Bacia do Tejo", "Orla Ocidental Indiferenciado da Bacia do Tejo", e "Bacia do Tejo-Sado Indiferenciado da Bacia do Tejo", agregam todas as formações geológicas que não foram consideradas como sistemas aquíferos.

Na RH5 predominam as MA do tipo fissurado/poroso e poroso, ocupando no total cerca de 89% da área da região. O meio fissurado/poroso predomina nesta região hidrográfica, devido à extensa área ocupada pela MA Maciço Antigo Indiferenciado da Bacia do Tejo. Por outro lado, o meio poroso encontra-se associado principalmente às MA incluídas na Bacia do Tejo-Sado (PGRH Tejo, 2011).

3.3.1.1 Identificação e caracterização das unidades hidrogeológicas e da massa de água subterrânea

O concelho de Lisboa situa-se na Orla Meso-Cenozóica também designada por Orla Ocidental, uma das quatro Unidades Hidrogeológicas de Portugal Continental (Figura 3.3-1), a qual é constituída por espessas séries de sedimentos de natureza carbonatada, arenítica e argilosa, que chegam a ultrapassar os 3 000 m de espessura.

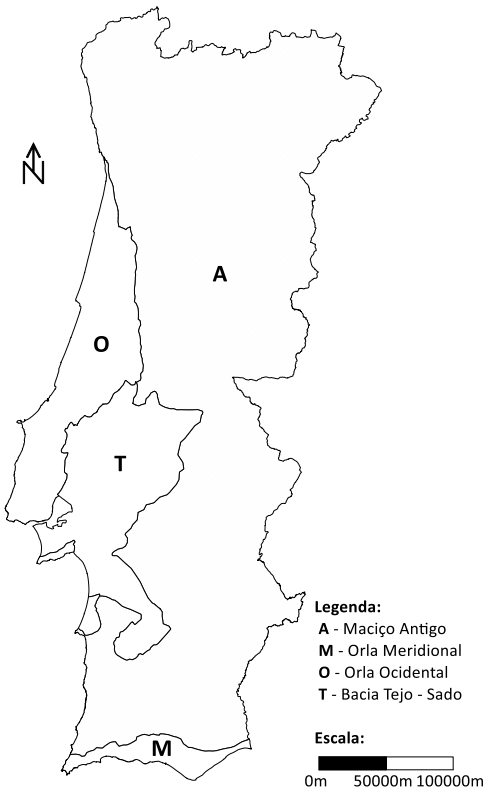


Figura 3.3-1 - Unidades hidrogeológicas de Portugal Continental

Fonte: (SNIRH, 2017)

Esta unidade é caracterizada por dois tipos de formações com comportamentos hidrogeológicos distintos. Por um lado, as formações com porosidade primária, representadas por rochas sedimentares com espaços entre os grãos, por outro, as formações com porosidade secundária que correspondem às rochas ígneas e metamórficas fissuradas.

A área urbanizada de Lisboa localiza-se na MA subterrânea Orla Ocidental Indiferenciado da Bacia do Tejo (O01RH5) em terrenos essencialmente compostos por formações detríticas, carbonatadas e por rochas ígneas. Esta heterogeneidade litológica, é responsável por diferenças de permeabilidade do meio, logo, a capacidade de armazenamento de água é diferente consoante o tipo de formação. O regime hidrológico é largamente influenciado pelas condições estruturais,

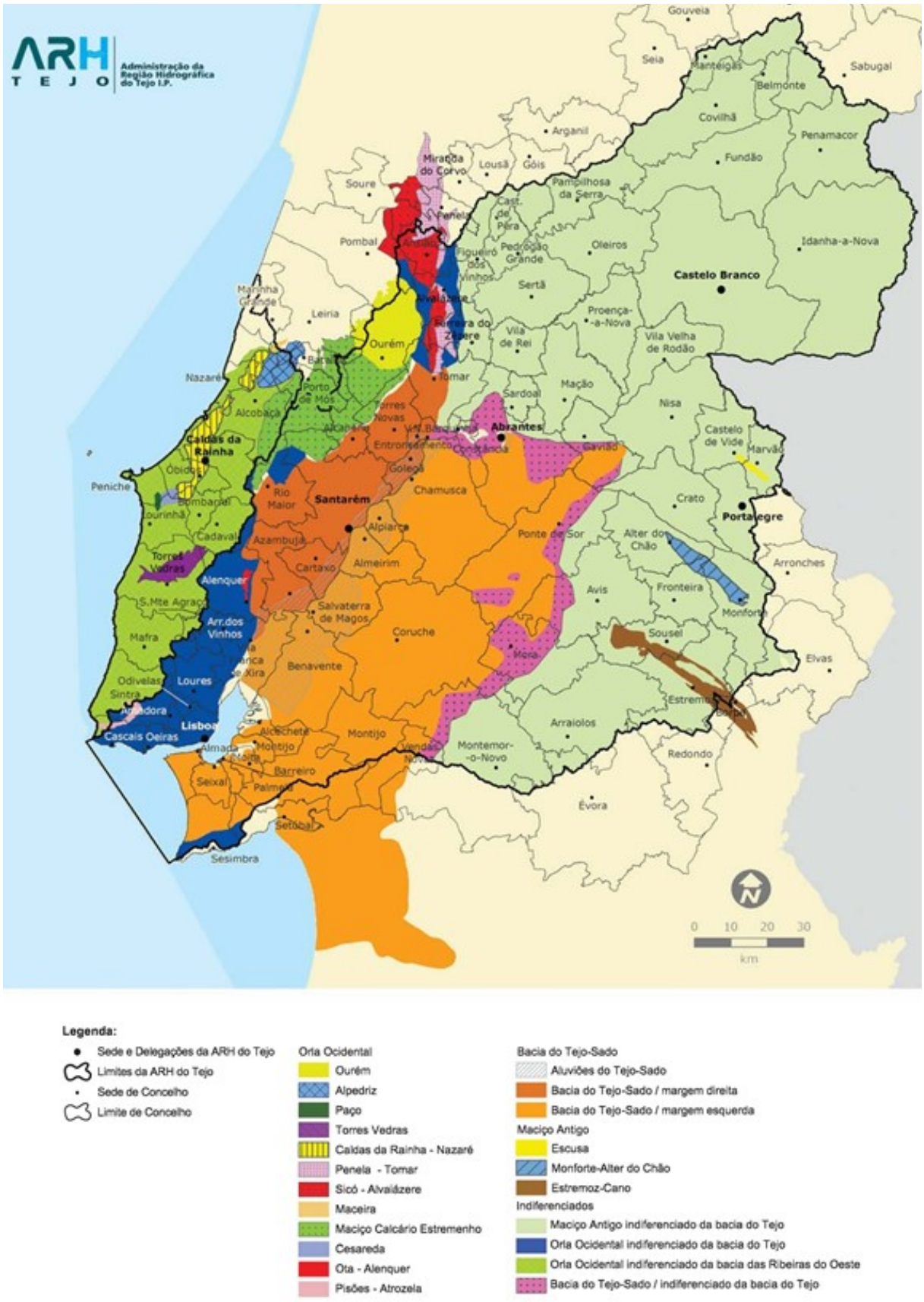
topográficas e litológicas das formações atravessadas, mas também pela ação antrópica. Dado o forte desenvolvimento urbano desta área, praticamente toda a cidade encontra-se impermeabilizada, o que resulta, para além da alteração do padrão natural de escoamento hídrico, superficial e subterrâneo, também na alteração da quantidade e qualidade da própria água.

3.3.2 Enquadramento hidrogeológico local

A MA subterrânea Orla Ocidental Indiferenciado da Bacia do Tejo (O01RH5), (Figura 3.3-2) de acordo com o atual conhecimento sobre a hidrogeologia do concelho de Lisboa, divide-se nesta área em cinco formações hidrogeológicas pertencentes a quatro períodos geológicos: o Sistema aluvionar; o Sistema multicamada Miocénico; o Complexo Oligocénico; o Complexo vulcânico de Lisboa; e o Complexo Cretácico (Figura 3.3-3).

Quadro 3.3-1 - Formações hidrogeológicas no concelho de Lisboa e respetivos períodos geológicos

Formação Hidrogeológica	Período Geológico
Sistema aluvionar	Quaternário
Sistema multicamada Miocénico	Neogénico
Complexo Oligocénico	Paleogénico
Complexo vulcânico de Lisboa	Cretácico
Complexo Cretácico	



Legenda:

- Sede e Delegações da ARH do Tejo
- Limites da ARH do Tejo
- Sede de Concelho
- Limite de Concelho

Orla Ocidental
- Ourém
- Alpedriz
- Paço
- Torres Vedras
- Caldas da Rainha - Nazaré
- Penela - Tomar
- Sicó - Alvaiázere
- Maceira
- Maciço Calcário Estremenho
- Cesareda
- Ota - Alenquer
- Pisões - Atrozela

Bacia do Tejo-Sado
- Aluviões do Tejo-Sado
- Bacia do Tejo-Sado / margem direita
- Bacia do Tejo-Sado / margem esquerda

Maciço Antigo
- Escusa
- Monforte-Alter do Chão
- Estremoz-Cano

Indiferenciados
- Maciço Antigo indiferenciado da bacia do Tejo
- Orla Ocidental indiferenciado da bacia do Tejo
- Orla Ocidental indiferenciado da bacia das Ribeiras do Oeste
- Bacia do Tejo-Sado / indiferenciado da bacia do Tejo

Figura 3.3-2 - Massas de água subterrânea sob jurisdição da ARH Tejo

Adaptado de (ARH Tejo, 2010)

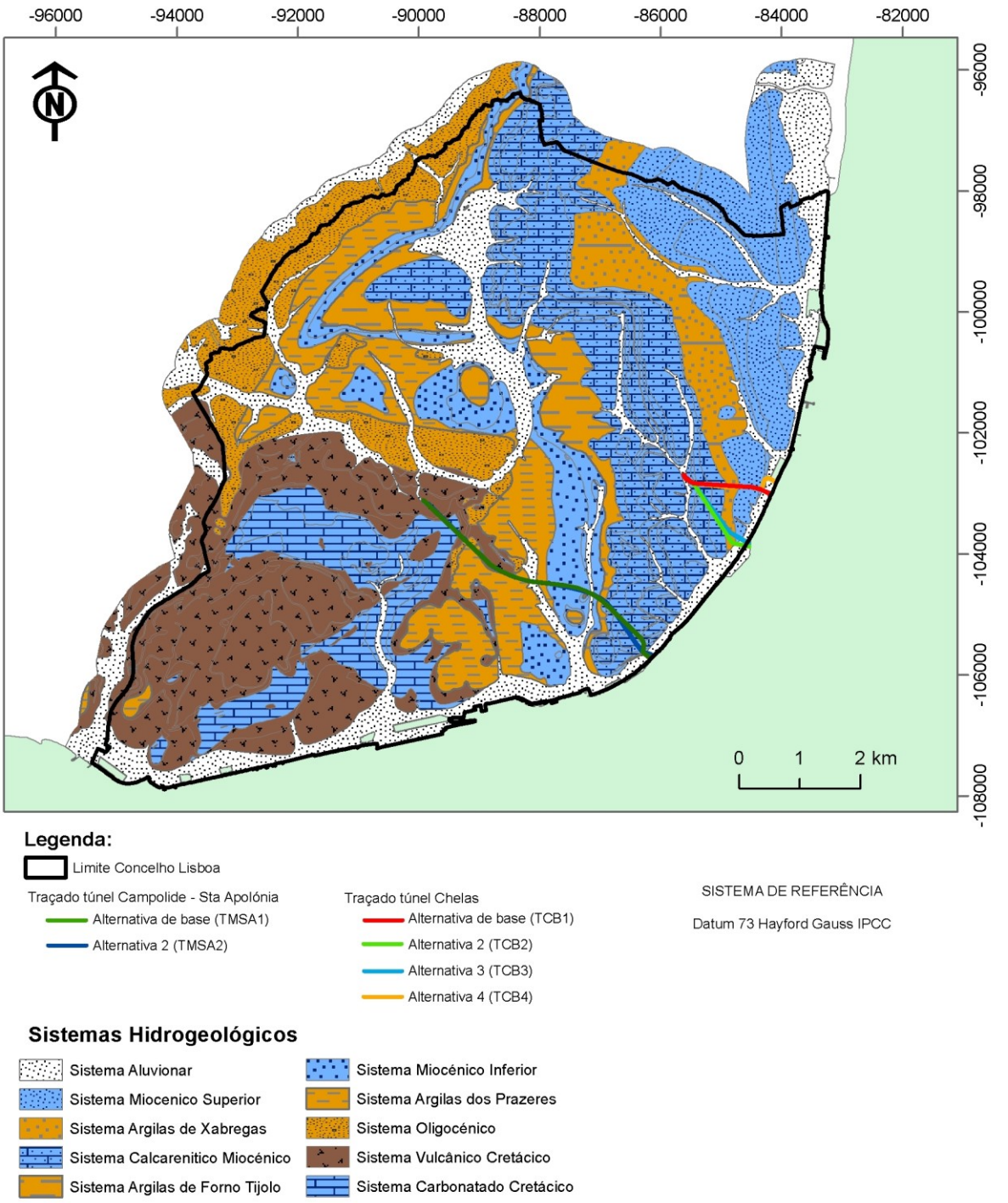


Figura 3.3-3 - Complexos hidrogeológicos presentes na cidade de Lisboa, com indicação dos traçados dos dois túneis

Este conhecimento possibilita por vezes a caracterização individual de algumas das formações geológicas presentes na área de Lisboa, no entanto, na maioria das vezes as características atribuídas dizem respeito a um complexo ou sistema onde se agruparam várias formações.

3.3.2.1 Quaternário

Sistema aluvionar

As aluviões no Concelho de Lisboa incluem os depósitos diretamente associados ao leito principal do Rio Tejo e a todas as ribeiras e linhas de água que neste desaguam, na sua margem direita. As aluviões do rio Tejo são caracterizadas por serem predominantemente lodosas, com bastante matéria orgânica, ou arenosas e mais lavadas, sendo a sua espessura bastante variável de local para local.

As aluviões das ribeiras e linhas de agua interiores, afluentes do Tejo são caracterizadas por uma composição litológica muito diversificada, em que as areias e as cascalheiras poderão fornecer bons caudais. Frequentemente observa-se a presença de matéria orgânica.

Nas zonas ribeirinhas, a conexão hidráulica com o curso subaéreo do rio Tejo e a influência das marés implicam intrusões de água muito mineralizada no aquífero aluvionar, o que pode tornar a sua água imprópria para qualquer tipo de consumo.

3.3.2.2 Neogénico

Sistema multicamada Miocénico

Este sistema aquífero multicamada é constituído por várias camadas permeáveis, em geral confinadas e/ou semi- confinadas. É frequente observar-se variações laterais e verticais nas fácies litológicas responsáveis por mudanças significativas nas condições hidrogeológicas. A passagem das formações continentais a marinhas é feita de forma gradual. Desta complexidade litológica e estrutural, resulta um conjunto alternante de camadas produtivas separadas por outras com características de aquitardo ou aquicluso, onde a permeabilidade é baixa ou muito baixa, havendo um predomínio local de uma ou outra classe hidrogeológica (ALMEIDA et al., 2000).

De acordo com a natureza litológica e consequente comportamento hidrogeológico das formações, este complexo pode ser subdividido em seis sub-complexos hidrogeológicos:

1. Complexo Miocénico superior
2. Formação das Argilas de Xabregas (MXa)
3. Complexo calco-arenítico Miocénico
4. Formação das Argilas de Forno do Tijolo (MFT)
5. Complexo Miocénico Inferior
6. Formação das Argilas dos Prazeres (Mpr).

Sistema Miocénico Superior

Este sistema é constituído por pelo “Complexo Miocénico Superior”, formado por arenitos, areias, areolas, calcários margosos e argilas. O sistema hidrogeológico apresenta média a alta permeabilidade, funcionando como um aquífero muito produtivo, do tipo confinado. Apresenta espessuras que variam desde os 59 m aos 72 m.

Na freguesia dos Olivais localizam-se quatro captações de água (poços) com profundidades que variam entre os 30 m e os 49 m, aproximadamente. Estes poços captam o recurso a partir de diferentes formações, tais como: Formação dos Grés de Grilos (MGr); Formação das Areolas de Braço de Prata (MBP); Formação das Areolas do Cabo Ruivo (MCR) e Formação dos Calcários de Marvila (MMv) (Ribeiro et al., 2010).

Sistema das Argilas de Xabregas

Trata-se de uma alternância de argilas, margas, arenitos e calcários. Apresenta permeabilidades baixas. A sua espessura é de cerca de 18 m. De acordo com Zbyszewski (1963) na zona de Xabregas, Marvila e Cabo Ruivo, em dez captações efetuadas sobre os terrenos miocénicos, reconheceu-se durante os trabalhos de furação camadas pouco espessas de margas, calcários, grés, areias e argilas. A profundidade máxima pesquisada chegou aos 260 m, sendo que as zonas com aptidão aquífera se situam entre os 70 m e os 230 m de captação apresentando caudais a variar entre os 2 l/s e 10 l/s e caudais específicos entre 1 l/s.m e 2 l/s.m;

Sistema calco-arenítico Miocénico

Este sistema é materializado pelo "Complexo calco-arenítico Miocénico", constituído por alternâncias de calcários mais ou menos compactos e areias grosseiras com intercalações argilosas. Têm permeabilidade média a alta e produtividade média a alta. Apresenta espessuras que variam entre os 95 m até aos 107 m.

A formação geológica Formação dos Calcários de Musgueira (MMu) segundo Pinto (2003), apresenta comportamento hidrogeológico típico de aquífero livre, com permeabilidade e produtividades médias a altas e recarga por infiltração direta das águas pluviais. Nesta formação (aflorante) foi inventariado um poço com 42 m de profundidade, apresentando o nível hidrostático a -4 m (com referência à cota do terreno) e um caudal de extração de 192 m^3/dia (Ribeiro et al, 2010).

Na Formação dos Calcários do Casal Vistoso (MCV) as profundidades variam entre 31 m e 38 m, havendo registos de um nível hidrostático (NHE) na ordem dos 1,70 m (Ribeiro et al, 2010).

A Formação Areias do Vale de Chelas" (MVC) é uma das áreas da Cidade de Lisboa com potencial interesse hidrogeológico. Nesta litologia (aflorante) estão localizadas um total de 16 captações de água subterrânea. A captação de água (mina) que apresenta profundidade mais elevada (na ordem dos 30 0 m), situa-se na freguesia do Beato (Ribeiro et al, 2010).

Sistema das Argilas de Forno do Tijolo

O sistema hidrogeológico corresponde à unidade estratigráfica de Moitinho de Almeida (1986) com a denominação de Formação das Argilas de Forno do Tijolo (M2IVa). Tratam-se de camadas de argilas, margas e grés finos, argilosos e micáceos, de tons escuros. Nesta formação, de baixa permeabilidade ocorrem massas de água com características hidrogeológicas de aquitardo, com espessura aproximada de 19 m (Silva *et al.*, 2007). A captação com maior profundidade (31.8 m) neste complexo litológico aflorante, situa-se na freguesia de Carnide e apresenta um nível de água de -23 m (referente à cota do terreno). (Ribeiro *et al.* 2010).

Sistema Miocénico Inferior

Este sistema hidrogeológico é materializado pelo "Complexo Miocénico Inferior", sendo este constituído na parte superior por uma alternância de calcário margoso, cinzento esverdeado, finamente arenoso, formado quase unicamente por fragmentos de conchas e moldes de moluscos e por areias; na parte inferior apresenta na sua maioria areias finas, siltosas, micáceas (areolas), argilas silto-arenosas e arenitos mais ou menos consolidados. Assim, os níveis detríticos localizam-se na base do complexo, enquanto que a componente carbonatada aumenta para o topo. Este sistema apresenta média a alta permeabilidade e produtividades médias a altas. A sua espessura varia dos 36 m aos 53 m.

Sistema das Argilas dos Prazeres

Tratam-se de argilitos siltosos e margosos, margas e calcários. O sistema apresenta permeabilidades baixas e uma espessura total da ordem dos 30 m a 35 m. Nesta formação existe um elevado numero de captações (poços). A captação com maior

profundidade (50 m) localiza-se na antiga freguesia de Camões e apresenta um nível hidrostático de -12.80 m (com referência à cota do terreno) (Ribeiro *et al.* 2010).

3.3.2.3 Paleogénico

Sistema Oligocénico

Trata-se de um sistema hidrogeológico constituído pelo "Complexo Oligocénico", de natureza detrítica, muito heterogéneo, formado por conglomerados, arenitos, siltitos e argilitos, calcários e margas. Apresenta um comportamento hidrogeológico variado conforme a litologia e o grau de permeabilidade dos vários constituintes geológicos. Globalmente apresenta baixa permeabilidade devido à sua forte cimentação argilosa, bem como produtividades muito baixas. A formação mais representativa deste sistema é a Formação de Benfica (phi Bf). Esta apresenta baixa permeabilidade, no entanto, pode formar massas de água de camadas múltiplas com níveis suspensos ou semi-confinados, localizados em zonas de espessura reduzida a média e separadas entre si por camadas impermeáveis a semi-permeáveis de maior espessura. A captação de água subterrânea localizada, nesta formação aflorante com maior profundidade (na ordem dos 38.60 m) corresponde a um poço na freguesia de Benfica e apresenta um nível hidrostático de -3.10 m (com referência à cota do terreno) (Ribeiro *et al.* 2010).

3.3.2.4 Cretácico

Sistema Vulcânico de Lisboa

Este sistema hidrogeológico tem por base material o "Complexo Vulcânico de Lisboa" (beta 1 e beta 1 p), constituído por escoadas lávicas alternando com níveis de piroclastos, não ultrapassando o conjunto os 100 m de espessura. As formações deste complexo constituem uma massa de água subterrânea com uma acentuada heterogeneidade litológica. O comportamento hidrogeológico das formações do CVL caracteriza-se por níveis freáticos baixos e permeabilidades baixas a médias. A captação de água com maior profundidade (na ordem dos 50 m) corresponde a um furo na freguesia de Santa Isabel e apresenta um volume de água extraível de 8.1 m^3/dia (Ribeiro *et al.* 2010).

Sistema Carbonatado Cretácico

O sistema hidrogeológico é constituído por um espesso conjunto de calcários, calcários margosos, calcários dolomíticos, margas e argilas margosas, com alguns níveis fossilíferos agrupados pelo "Complexo carbonatado Cenomaniano". Os calcários do topo do Cenomaniano estão muito carsificados e são cobertos, em discordância, pelos basaltos do CVL. Têm permeabilidades médias a altas (Pinto, 2003).

A Formação da Bica (C2Bi), apresenta uma captação de água subterrânea (furo) na freguesia de Belém com uma profundidade de 59 m. Na freguesia de Alcântara está situado um furo com 80 m de profundidade e um volume de água extraído entre 11 e 13 m^3/dia, que capta o recurso a partir da unidade estratigráfica Formação de Caneças (C2Cn) (Ribeiro *et al.* 2010).

3.3.3 Áreas de infiltração máxima

As áreas de infiltração máxima são definidas como áreas onde a infiltração é favorecida pela elevada permeabilidade do meio, contribuindo assim para a alimentação de massas de água subterrânea. As zonas mais propícias à infiltração de água, na cidade de Lisboa, localizam-se nas seguintes formações:

- Formações aluvionares;
- Formação dos Calcários de Entrecampos ("Banco Real") (MEc);

- Formação das Areolas de Estefânia (MEs);
- Formação dos Calcários da Quinta das Conchas (MQC);
- Formação dos Grés de Grilos (MGr);
- Formação dos Calcários de Casal Vistoso (MCV);
- Formação da Bica (C2Bi);
- Formação de Caneças (C2Cn).

Com a exceção da Formação do Calcários de Casal Vistoso (MCV), todas estas formações deverão ser reconhecidas, aquando dos trabalhos de escavação dos dois túneis, em profundidade.

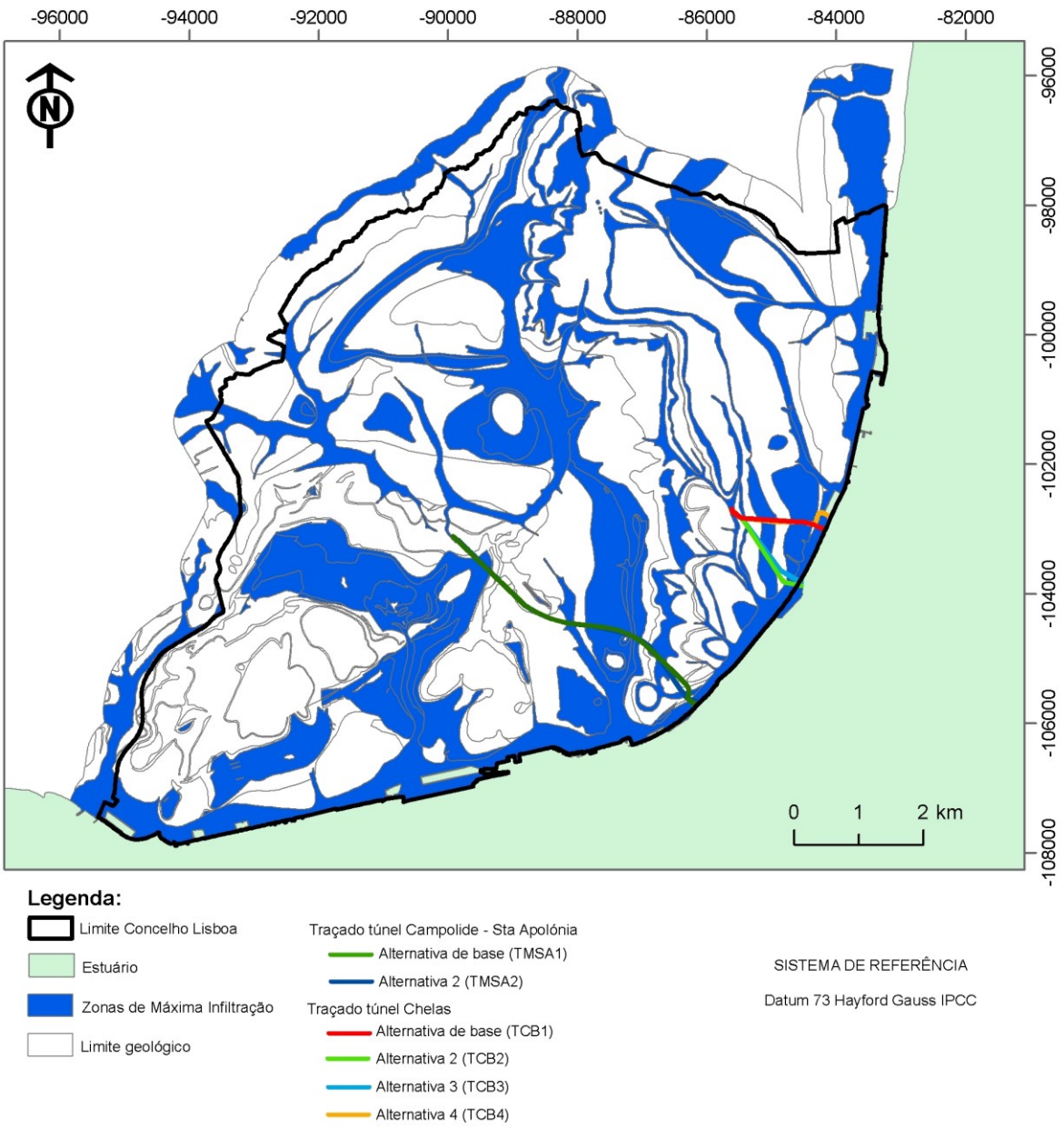


Figura 3.3-4 - Zonas de máxima infiltração, a azul, de acordo com as formações geológicas, com indicação dos traçados dos dois túneis

Fonte: (D. O. Oliveira, 2010)

A permeabilidade é controlada pela litologia. Nesse sentido importa referir que das diversas litologias afetas aos dois traçados são as formações aluvionares, juntamente com as formações cretácicas sedimentares, as que apresentam maiores permeabilidades (Figura 3.3-5).

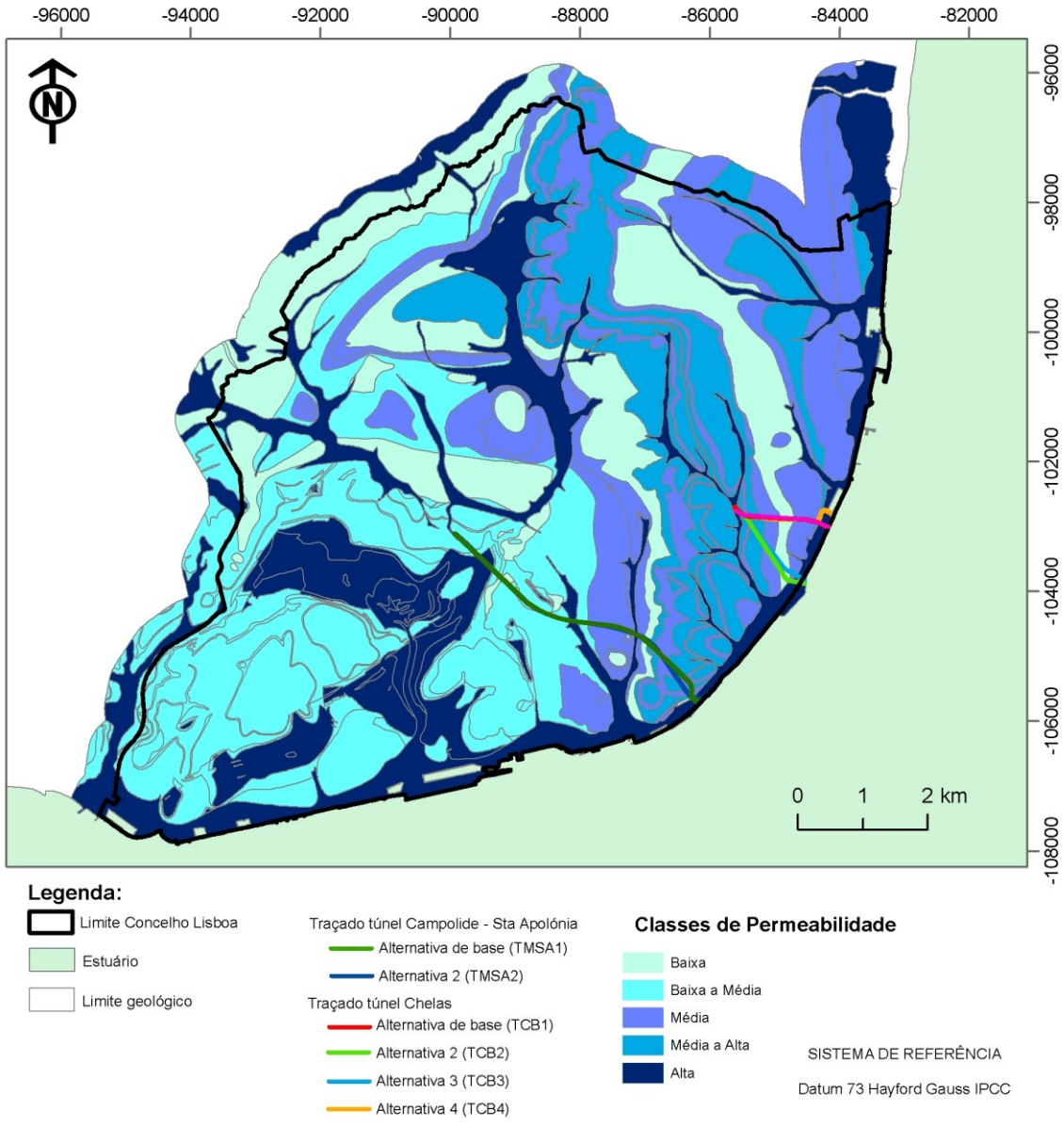


Figura 3.3-5 - Classes de permeabilidade de acordo com as formações geológicas, com indicação dos traçados dos dois túneis

Adaptado de (D. O. Oliveira, 2010)

Quadro 3.3-2 - Classe de permeabilidade das diferentes formações afetas aos dois traçados de acordo com a Carta de Permeabilidade da CML

Adaptado de (D. O. Oliveira, 2010)

Monsanto-Santa Apolónia	
Formação	**Classe Permeabilidade**
a - Aluviões e/ou aterros	Alta
beta 1 - Complexo Vulcânico de Lisboa	Baixa a média
beta 1_p - Complexo Vulcânico de Lisboa: rochas piroclásticas	Baixa a média
C2Bi - Formação da Bica: calcários com rudistas	Alta
C2Cn - Formação de Caneças: calcários, margas, arenitos e dolomitos	Alta
phi Bf - Formação de Benfica: conglomerados, arenitos e argilitos	Baixa
MPr - Formação das Argilas dos Prazeres (MI): argilitos e calcários	Baixa a média
MEs - Formação das Areolas de Estefânia (MII)	Média
Mec - Formação dos Calcários de Entrecampos ("Banco Real")(MIII)	Média
MFT - Formação das Argilas de Forno do Tijolo (MIVa)	Baixa
MQB - Formação das Areias de Quinta do Bacalhau (MIVb)	Média a alta
MCV - Formação dos Calcários de Casal Vistoso (MVa1)	Média
Mpm - Formação das Areias com Placuna miocénica (MVa2)	Média a alta
Mpm_i - Formação das Areias com Placuna miocénica (MVa2): intercalações calcárias	Média
Chelas-Beato	
Formação	**Classe Permeabilidade**
a - Aluviões e/ou aterros	Alta
Mpm - Formação das Areias com Placuna miocénica (MVa2)	Média a alta
Mmu - Formação dos Calcários de Musgueira (MVa3)	Média
MVC - Formação das Areias de Vale de Chelas (MVb)	Média a alta
MQC - Formação dos Calcários de Quinta das Conchas (MVc)	Média a alta
Mxa - Formação das Argilas de Xabregas (MVIa)	Baixa
MGr - Formação dos Grés de Grilos (MVIb)	Média
MMv - Formação dos Calcários de Marvila (MVIc)	Média a alta

A permeabilidade é controlada essencialmente pela litologia. Nesse sentido com permeabilidade alta, destacam-se as formações sedimentares cretácicas e as formações aluvionares. Com permeabilidades na classe média a alta salientam-se as formações carbonatadas e arenosas do miocénico (MQB, Mpm, MMv, MQC e MVC). As restantes litologias apresentam valores de permeabilidade que as permitem classificar de baixa a média, de acordo com a Figura 3.3-5.

As litologias das formações de Benfica (phi Bf) , Argilas de Forno do Tijolo (MFT) e Argilas de Xabregas (Mxa) apresentam em geral, uma cimentação argilosa mais ou menos pronunciada, sendo por esta razão pouco permeáveis. As suas condições não são favoráveis à obtenção de caudais dignos de interesse (Zbyszewski, 1963).

No quadro seguinte apresenta-se um resumo das várias litologias relacionando-as com os principais sistemas hidrogeológicos da área de estudo e indicando-se as suas características hidrogeológicas conhecidas (tipo de aquífero, permeabilidade e produtividade.

Quadro 3.3-3 – Resumo das características das principais formações hidrogeológicas na área de estudo.

Formações	Espessura máxima identificadas (m)	Sistema Hidrogeológico	Subsistema Hidrogeológico	Permeabilidade	Comportamento Hidrogeológico do Sistema	Produtividade
(a) - Aluviões e/ou aterros	10 a 58*	Sistema Aluvionar Holocénico		Alta	Aquifero livre	Média
(MMv) - Formação dos Calcários de Marvila (MVIc)	12	Sistema Multicamada Miocénico	Complexo Miocénico Superior	Alta	Aquifero livre a confinado	Alta
(MGr) - Formação dos Grés de Grilos (MVIb)	14					
(Mxa) - Formação das Argilas de Xabregas (MVIa)	18		Complexo de Xabregas	Baixa	Aquitardo	
(MQC) - Formação dos Calcários de Quinta das Conchas (MVc)			Complexo Calco-Arenitico Miocénico	Média a alta	Aquifero livre a confinado	Média a alta Q = 2 a 10 L/s q_s=1 a 2 L/s·m
(MVC) - Formação das Areias de Vale de Chelas (MVb)	3 a 12					
(Mmu) - Formação dos Calcários de Musgueira (MVa3)	6*					
(Mpm) - Formação das Areias com Placuna miocénica (MVa2)	30*					
(Mpm_i) - Formação das Areias com Placuna miocénica (MVa2): intercalações calcárias						
(MCV) - Formação dos Calcários de Casal Vistoso (MVa1)	3 a 12*					
(MQB) - Formação das Areias de Quinta do Bacalhau (MIVb)	35*a 40					
(MFT) - Formação das Argilas de Forno do Tijolo (MIVa)	11 a 60*		Complexo Forno do Tijolo	Baixa	Aquitardo	
(Mec) - Formação dos Calcários de Entrecampos ("Banco Real")(MIII)	10*		Complexo Miocénico Inferior	Média	Aquifero livre a confinado	Média
(MEs) - Formação das Areolas de Estefânia (MII)	35 a 65*					
(MPr) - Formação das Argilas dos Prazeres (MI): argilitos e calcários	45*		Complexo dos Prazeres	Baixa	Aquitardo	
(phi Bf) - Formação de Benfica: conglomerados, arenitos e argilitos	50 a 425*	Sistema Oligocénico		Baixa	Aquitardo	
(beta 1) - Complexo Vulcânico de Lisboa	20 a 200 *	Sistema Multicamada Cretácico	Complexo Vulcanico de Lisboa (CVL)	Baixa a média	Aquitardo	Baixa a média, Q=0.1 L/s
(beta 1_p) - Complexo Vulcânico de Lisboa: rochas piroclásticas						
(C2Bi) - Formação da Bica: calcários com rudistas	50*		Complexo Cretácico Superior	Média a alta	Aquifero confinado a semi-	Média a alta
(C2Cn) - Formação de Caneças: calcários, margas, arenitos e dolomitos	60 a 250*					

Legenda:

* Espessuras reconhecidas em Alfama (LNEG, 2015)

Q - Caudal; q_s - Caudal Específico

3.3.4 Inventário das captações de água subterrânea

Na cidade de Lisboa existem inúmeros pontos de água dos mais diversos tipos, seja eles poços, furos, minas, galerias, cisternas, etc. A maioria encontram-se inventariados essencialmente por três entidades: Empresa Portuguesa de Águas Livres (EPAL); Câmara Municipal de Lisboa (CML) e Agência Portuguesa do Ambiente (APA, ex-ARH-Tejo e Oeste).

Da observação da figura seguinte verifica-se que a distribuição espacial dos pontos de agua (cisternas, furos, minas e poços) não é homogénea, e está concentrada preferencialmente em três litologias aflorantes: Formação das Argilas e Calcários dos Prazeres (MPr), Formação de Benfica (phi Bf) e Complexo Vulcânico de Lisboa (beta 1 e beta 1_p) (Quadro 3.3-4).

A maior ou menor concentração de pontos de água parece estar mais relacionada com a forma como ocorreu a expansão urbana, no passado, do que com a produtividade das formações captadas. Importa ainda referir o facto de muitas destas captações terem já sido abandonadas.

Quadro 3.3-4 - Localização das captações inventariadas pela EPAL, na área de Lisboa, tipo/número total de captações consoante as formações geológicas aflorantes

Fonte: (Ribeiro et al., 2010)

Formações Geológicas	Tipo/ Número de Captação			
	Furo	Poço	Mina	Cisterna
MCR - Formação das Areolas de Cabo Ruivo (MVIIb)	-	9	-	-
MBP - Formação das Areolas de Braço de Prata (MVIIa)	1	26	-	-
MMv - Formação dos Calcários de Marvila (MVIc)	-	17	-	-
MGr - Formação dos Grés de Grilos (MVIb)	2	57	-	1
MXa - Formação das Argilas de Xabregas (MVIa)	3	12	-	1
MQC - Formação dos Calcários de Quinta das Conchas (MVc)	-	6	-	-
MVC - Formação das Areias de Vale de Chelas (MVb)	1	15	1	-
MMu - Formação dos Calcários de Musgueira (MVa3)	-	8	-	-
Mpm - Formação das Areias com Placuna miocénica (MVa2)	1	40	-	11
MCV - Formação dos Calcários de Casal Vistoso (MVa1)	-	3	-	8
MQB - Formação das Areias de Quinta do Bacalhau (MIVb)	-	10	3	3
MFT - Formação das Argilas de Forno do Tijolo (MIVa)	6	65	3	1
MEc - Formação dos Calcários de Entrecampos ("Banco Real")(MIII)	1	80	2	-
MEs - Formação das Areolas de Estefânia (MII)	1	119	5	1
MPr - Formação das Argilas dos Prazeres (MI): argilitos e calcários	1	384	6	3
(phi)Bf - Formação de Benfica: conglomerados, arenitos e argilitos	2	251	12	-
(beta)1 - Complexo Vulcânico de Lisboa	5	179	6	2
C2Bi - Formação da Bica: calcários com rudistas	3	36	4	1
C2Cn - Formação de Caneças: calcários, margas, arenitos e dolomitos	1	14	1	-

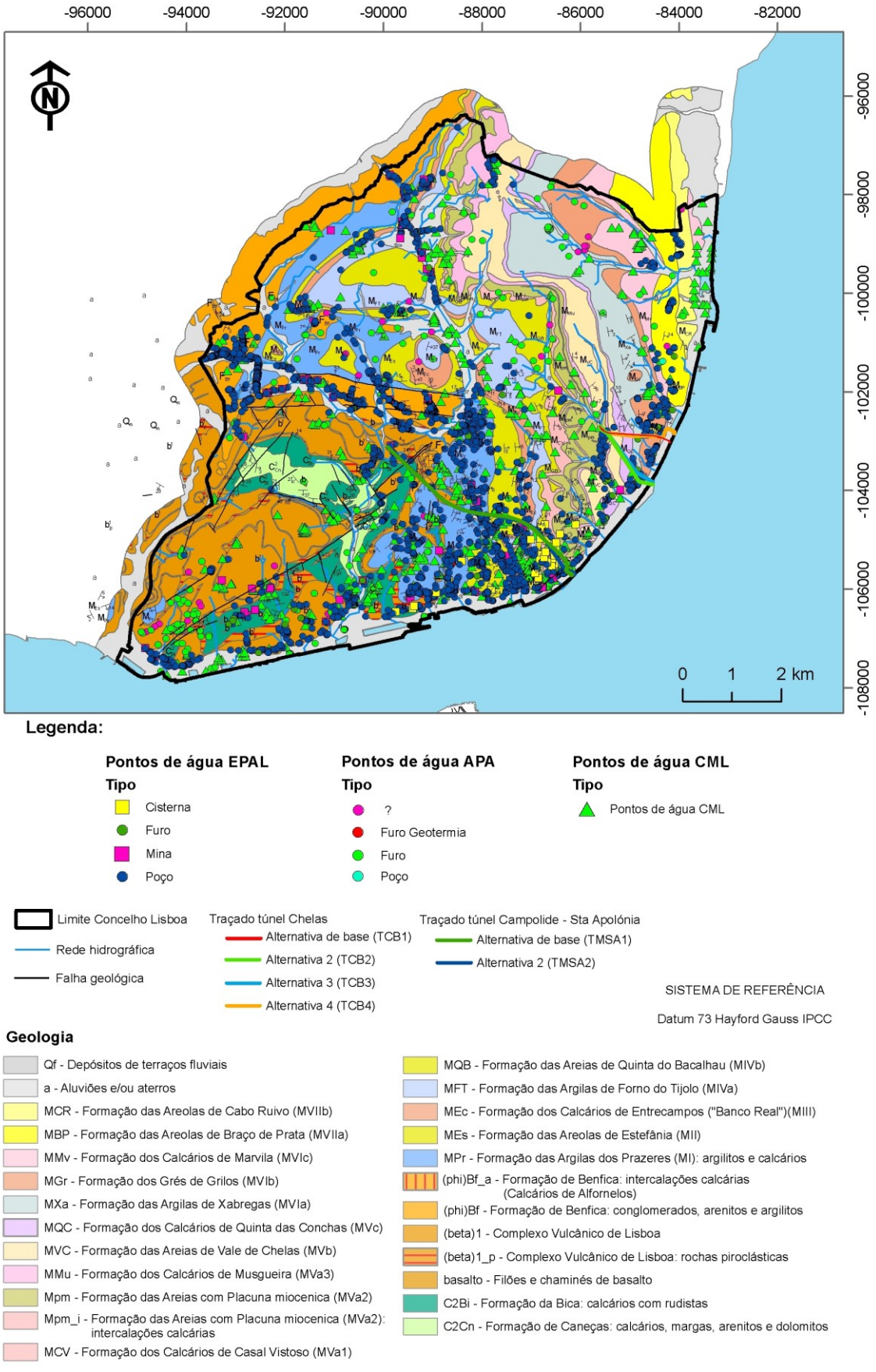


Figura 3.3-6 - Localização de pontos de água na área metropolitana de Lisboa e ao longo dos traçados com o respetivo enquadramento geológico (Esc. 1:10 000)

De acordo com os inventários da APA e EPAL o tipo de utilização dada à água captada em Lisboa é essencialmente para fins de rega. Das 2326 captações inventariadas por estas duas entidades apenas 7 (inventário EPAL) são usadas para abastecimento público (Quadro 3.3-5 e Quadro 3.3-6).

Quadro 3.3-5 - Tipo de utilização dada à água subterrânea captada em Lisboa de acordo com o inventário da EPAL

EPAL		
Tipo de Utilização	**Nº de Captações**	**Percentagem %**
Abastecimento Doméstico	4	0.2
Abastecimento Doméstico e Lavagem	3	0.1
Abastecimento Doméstico e Rega	57	2.8
Abastecimento Doméstico e Alimentação de gado	1	0.1
Abastecimento Publico	6	0.3
Abastecimento Publico e Lavagem	1	0.1
Alimentação	38	1.8
Alimentação de gado	5	0.2
Alimentação de gado e Lavagem	3	0.1
Alimentação de gado e Rega	12	0.6
Alimentação de gado, Lavagem e Rega	4	0.2
Alimentação e Alimentação de gado	1	0.1
Alimentação e Industrial	4	0.2
Alimentação e Lavagem	22	1.1
Alimentação e Rega	55	2.7
Alimentação, Alimentação de gado e Rega	2	0.1
Industrial	74	3.6
Industrial e Lavagem	11	0.5
Industrial e Rega	4	0.2
Lavagem	395	19.1
Lavagem e Rega	470	22.7
Rega	467	22.5
Não especificado	434	20.9
TOTAL	2 073	100.0

Quadro 3.3-6 - Tipo de utilização dada à água subterrânea captada em Lisboa de acordo com o inventário da APA (ARH Tejo)

APA (ARH Tejo)		
Tipo de Utilização	**Nº de Captações**	**Percentagem %**
Consumo Humano	1	0.4
Industrial	3	1.2
Industrial e Rega	1	0.4
Rega	26	10.3
Não especificado	222	87.7
TOTAL	253	100

Chama-se a atenção para o facto de, em 21% das captações registadas pela EPAL e em 87.7% registadas pela APA , não se saber o tipo de utilização dada à água subterrânea captada. Salienta-se ainda o facto do total das 2326 captações não se saber quantas efetivamente ainda se encontram ativas.

Afetas aos traçados dos túneis, a uma distância máxima de 500 m, existem 284 poços, 12 furos, 5 minas, e 24 cisternas entre outras estruturas (Quadro 3.3-7).

Quadro 3.3-7 - Inventários dos pontos de água afetos aos traçados dos dois túneis

Chelas - Beato						Campolide - Santa Apolónia					
	Poço	Furo	Mina	Cisterna	Outros		Poço	Furo	Mina	Cisterna	Outros
CML	1				3	CML	4				89
EPAL	76	3		1		EPAL	202	1	5	23	
APA		5				APA	1	3			

3.3.5 Modelos conceptuais do fluxo subterrâneo

Combinando a informação geológica com os dados hidrogeológicos disponíveis procedeu-se à elaboração dos modelos conceptuais interpretativos do fluxo subterrâneo ao longo dos traçados propostos para os dois túneis.

3.3.5.1 Túnel Monsanto-Santa Apolónia

O fluxo de água subterrânea ao longo do trajeto do túnel Monsanto-Santa Apolónia (Figura 3.3-7) apresenta uma divisória de águas nas proximidades da zona da estação de Campolide e que coincide com uma zona de falhas geológicas que afetam as formações geológicas (Formação de Caneças e Formação da Bica) que constituem o Sistema Carbonatado Cretácico. A jusante da estação de Campolide, o fluxo de água subterrânea dá-se com alinhamento praticamente N –S na direção da Ribeira de Alcântara e depois em direção ao rio Tejo. Trata-se de uma zona intensamente fraturada, com um vale muito encaixado e declives dos taludes muito acentuados. A montante da estação de Campolide a topografia é muito mais aplanada e o fluxo de água subterrânea entre Campolide e Santa Apolónia dá-se essencialmente na direção das antigas linhas de água naturais (e que hoje coincidem com os atuais alinhamentos das Avenidas da Liberdade e Almirante Reis) até ao rio Tejo, respeitando a topografia e o pendor das principais formações geológicas atravessadas.

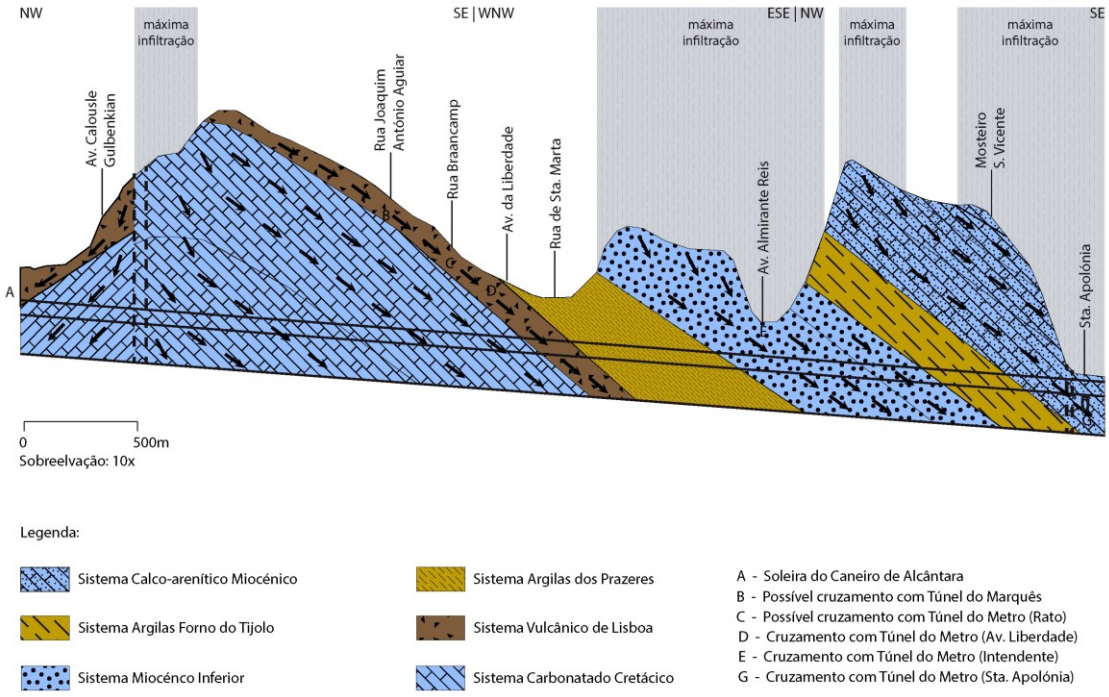


Figura 3.3-7 – Modelo conceptual de fluxo subterrâneo para o traçado do TMSA

Fonte: (Waterways, 2017)

Ao longo do trajeto é provável a recarga de água subterrânea por infiltração direta da água da chuva, principalmente nas formações geológicas aflorantes e mais permeáveis que constituem o Sistema Carbonatado Cretácico (Formação da Bica), Sistema Miocénico Inferior (Formação das Areolas de Estefânia e Formação dos Calcários de Entrecampos) e Sistema Calco-arenítico Miocénico (Formação dos Calcários de Casal Vistoso e Formação dos Calcários de Musgueira). Pode ainda ocorrer alguma recarga subterrânea diferida através das formações hidrogeológicas menos permeáveis que constituem o Sistema Vulcânico de Lisboa, principalmente nas zonas onde as espessuras são reduzidas (<15 metros) como na área envolvente da Estufa Fria. As formações geológicas constituintes do Sistema das Argilas Forno de Tijolo e do Sistema das Argilas dos Prazeres têm um comportamento de aquitardo devido à sua baixa permeabilidade constituindo por isso uma barreira ao fluxo subterrâneo.

Na zona da Estufa Fria de Lisboa, que está localizada numa antiga pedreira que explorou as formações calcárias e tem, por isso, cota topográfica inferior à dos terrenos circundantes, o fluxo subterrâneo será preferencialmente efetuado em direção a esta depressão acompanhando também o pendor das camadas (entre 7° a 10° na direção da Estufa Fria). No interior da Estufa Fria foram inventariados uma nascente e um poço, que garantem atualmente uma parte das necessidades de água de irrigação da Estufa Fria. Dados de monitorização de profundidade de níveis piezométricos recolhidos neste poço no âmbito do estudo hidrogeológico efetuado (Waterways, 2017) confirmam a resposta rápida da recarga subterrânea à infiltração da precipitação da água da chuva (Figura 3.3-8).

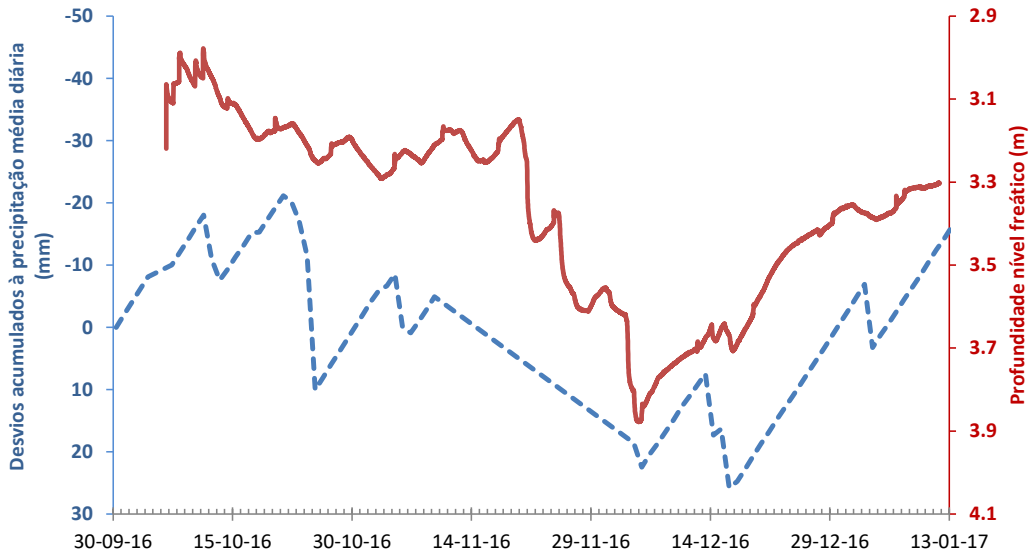


Figura 3.3-8 – Relação entre a precipitação e a profundidade do nível freático na zona da Estufa Fria

Fonte: (Waterways, 2017)

Na zona mais ribeirinha, o traçado do trajeto do túnel Monsanto-Santa Apolónia volta a intercetar um outro conjunto de falhas geológicas e que estão associadas à origem das denominadas Alcaçarias de Alfama. O fluxo natural subterrâneo é nesta zona em direção ao rio Tejo, havendo no entanto a possibilidade de mistura de água proveniente de recarga recente com as águas termais que ascendem ao longo das mencionadas falhas.

3.3.5.2 Túnel Chelas - Beato

O fluxo de água subterrânea ao longo do trajeto do túnel Chelas-Beato (Figura 3.3-9**Error! Reference source not found.**) efetua-se de acordo com a inclinação das camadas intercetadas, de montante para jusante, na direção do rio Tejo. Em planta, este fluxo subterrâneo segue a direção das camadas (N-S) principalmente quando intercepta formações com conteúdo

argiloso considerável como é o caso das Argilas de Xabregas (MXa) que, pela sua baixa permeabilidade, funciona como barreira hidráulica até chegar ao rio Tejo. As zonas de maior infiltração situam-se na área a montante do traçado, nos terrenos aflorantes das Areias de Chelas (MVC).

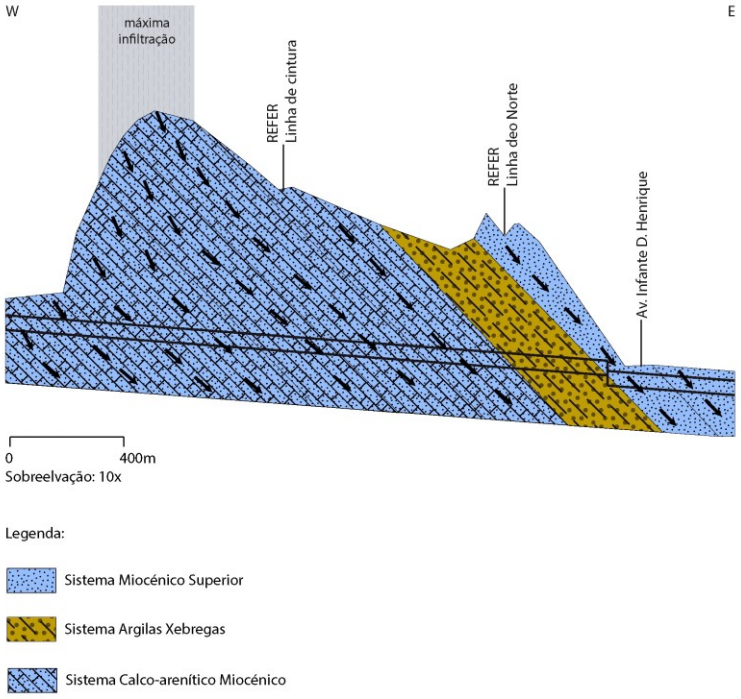


Figura 3.3-9 – Modelo conceptual de fluxo subterrâneo para o traçado do TCB

3.3.6 Qualidade da água subterrânea

Para a caracterização da qualidade da água subterrânea no concelho de Lisboa procedeu-se:

- Amostragem de um poço e uma nascente no interior da Estufa Fria (06/09/2016);
- Amostragem de águas que surgiram no Chafariz de Dentro (12/09/2016) no âmbito de obras de requalificação do local;
- Recorreu-se aos resultados da campanha de monitorização realizada nos anos de 2008/09 no âmbito do trabalho realizado para a EPAL por Ribeiro *et al.* (2010) e que recolheu 39 amostras de água subterrânea e que captam diferentes formações geológicas na área de estudo. Saliente-se a dificuldade de recolha de amostras de água subterrânea numa cidade como a de Lisboa por muitos dos pontos inventariados se encontrarem desativados ou não serem acessíveis, e também porque muitos dos proprietários não autorizam a amostragem.

No âmbito deste estudo a amostragem de água subterrânea foi feita sempre que possível após bombagem prolongada das captações e com monitorização *in situ* da temperatura (°C). Nos pontos de água onde não existia bomba foi utilizado um amostrador manual para a recolha da água subterrânea das captações. As amostras foram preservadas de acordo com as especificações do Laboratório da EPAL para a análise de amostras de água subterrânea.

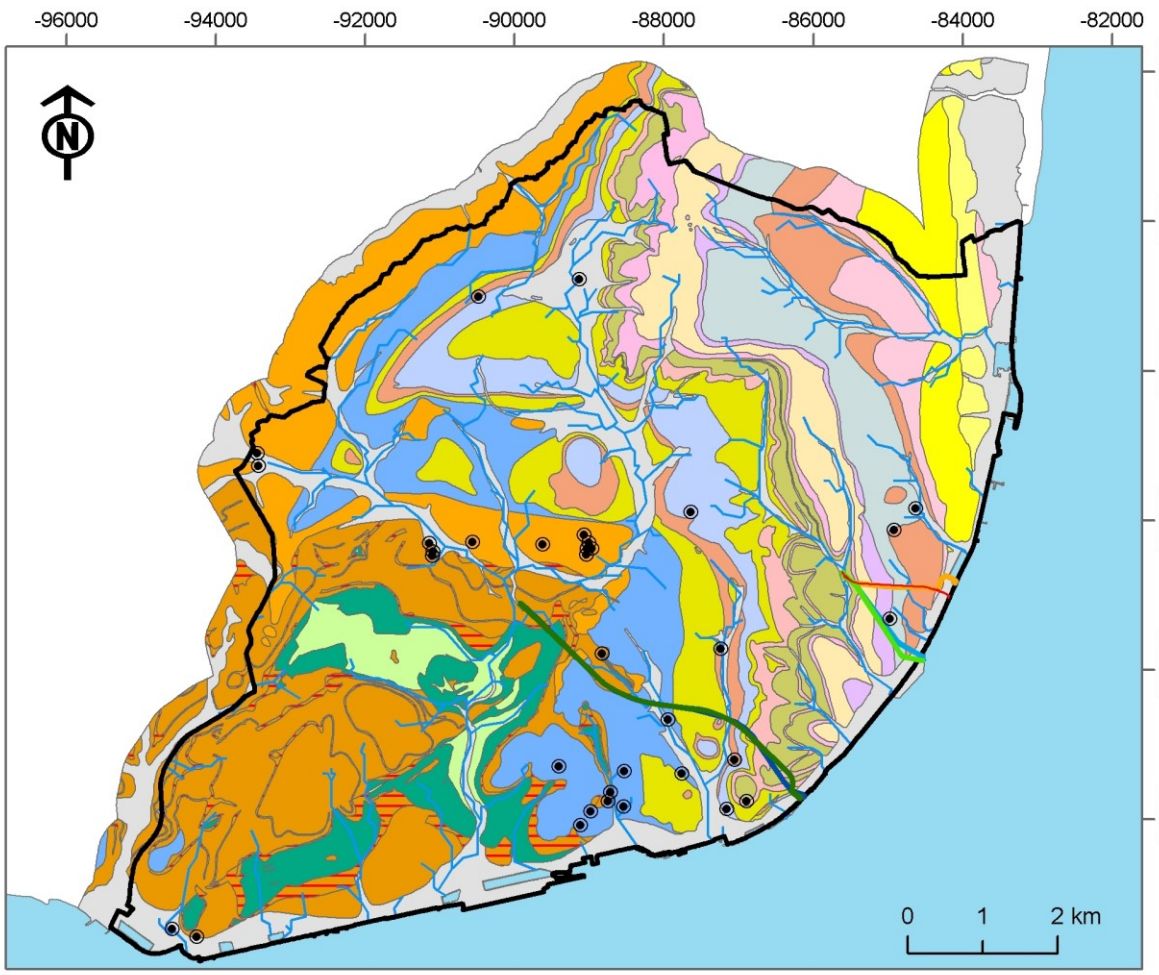
Em laboratório a EPAL procedeu à análise dos seguintes parâmetros:

- físico-químicos: turvação (UNT), pH (Escala Sörensen), alcalinidade (mg/L CaCO3), oxigénio dissolvido (OD em % saturação), oxidabilidade (mg/L O2), condutividade eléctrica (CE em µS/cm a 20ºC), sólidos dissolvidos totais (TSD em mg/L), azoto amoniacal (mg/L NH4), nitrito (mg/L NO2), nitrato (mg/L NO3), cloretos (mg/L Cl), fósforo (mg/L

P2O5), sulfatos (mg/L SO4), sílica (mg/L SiO2), dureza total (mg/L $CaCO_3$), flúor (mg/L F), brometos (mg/L Br), boro (mg/L B), cálcio (mg/L Ca), magnésio (mg/L Mg), sódio (mg/L Na), potássio (mg/L K), alumínio (mg/L Al), ferro (mg/L Fe), manganês (µg/L Mn), zinco (µg/L Zn), bário (mg/L Ba), cádmio (µg/L Cd), chumbo (µg/L Pb), cobre (µg/L Cu), cobalto (µg/L Co), crómio (µg/L Cr), níquel (mg/L Ni), vanádio (mg/L V), arsénio (mg/L As), selénio (µg/L Se), berílio (µg/L Be), carência química oxigénio (CQO em mg/L) e carbono orgânico total (COT em mg/L);

- microbiológicos: germes aeróbios totais a 37ºC e a 22ºC (ufc/mL), coliformes totais e fecais (ufc/100 mL), e. coli, estreptococos fecais (ufc/100 mL), clostrídios sulfo-redutores (esporos) (ufc/20 mL), clostridium perfringens (inclui esporos) (ufc/100 mL), pseudomonas aeruginosa (ufc/100 mL), estafilococos (ufc/100 mL).

No entanto, para o presente estudo foram considerados apenas os mais relevantes (parâmetros de campo, elementos maiores e alguns menores) para a interpretação do quimismo das principais formações geológicas, origem e mistura das águas subterrâneas, assim como para determinar a sua vulnerabilidade à contaminação.



Legenda:

- Pontos amostrados
- Rede hidrográfica
- Limite Concelho Lisboa

Traçado túnel Campolide - Sta Apolónia
- Alternativa de base (TMSA1)
- Alternativa 2 (TMSA2)

Traçado túnel Chelas
- Alternativa de base (TCB1)
- Alternativa 2 (TCB2)
- Alternativa 3 (TCB3)
- Alternativa 4 (TCB4)

SISTEMA DE REFERÊNCIA

Datum 73 Hayford Gauss IPCC

Geologia

- Qf - Depósitos de terraços fluviais
- a - Aluviões e/ou aterros
- MCR - Formação das Areolas de Cabo Ruivo (MVIIb)
- MBP - Formação das Areolas de Braço de Prata (MVIIa)
- MMv - Formação dos Calcários de Marvila (MVIc)
- MGr - Formação dos Grés de Grilos (MVIb)
- MXa - Formação das Argilas de Xabregas (MVIa)
- MQC - Formação dos Calcários de Quinta das Conchas (MVc)
- MVC - Formação das Areias de Vale de Chelas (MVb)
- MMu - Formação dos Calcários de Musgueira (MVa3)
- Mpm - Formação das Areias com Placuna miocenica (MVa2)
- Mpm_i - Formação das Areias com Placuna miocenica (MVa2): intercalações calcárias
- MCV - Formação dos Calcários de Casal Vistoso (MVa1)
- MQB - Formação das Areias de Quinta do Bacalhau (MIVb)
- MFT - Formação das Argilas de Forno do Tijolo (MIVa)
- MEc - Formação dos Calcários de Entrecampos ("Banco Real")(MIII)
- MEs - Formação das Areolas de Estefânia (MII)
- MPr - Formação das Argilas dos Prazeres (MI): argilitos e calcários
- (phi)Bf_a - Formação de Benfica: intercalações calcárias (Calcários de Alfornelos)
- (phi)Bf - Formação de Benfica: conglomerados, arenitos e argilitos
- (beta)1 - Complexo Vulcânico de Lisboa
- (beta)1_p - Complexo Vulcânico de Lisboa: rochas piroclásticas
- basalto - Filões e chaminés de basalto
- C2Bi - Formação da Bica: calcários com rudistas
- C2Cn - Formação de Caneças: calcários, margas, arenitos e dolomitos

Figura 3.3-10 - Pontos de água subterrânea com análise físico-química e microbiológica no concelho de Lisboa

Fonte: (Ribeiro et al., 2010)

O quimismo das águas subterrâneas é determinado, em grande parte, pela: (1) quantidade e quimismo da água de recarga; (2) processos geoquímicos de interação água-rocha quer na zona não saturada, quer na zona saturada; (3) tempo de residência da água subterrânea; (4) processos de contaminação.

As amostras de águas subterrâneas recolhidas na cidade de Lisboa têm a sua origem associada a diferentes formações geológicas como a Formação das Argilas de Xabregas, a Formação dos Calcários de Entrecampos, a Formação das Argilas e Calcários dos Prazeres, a Formação de Benfica e o Complexo Vulcânico de Lisboa que apresentam composições mineralógicas e propriedades hidrogeológicas distintas, e quimismo diferenciado (Figura 3.3-11). Pode ainda verificar-se que existe também um zonamento da condutividade elétrica da água subterrânea, sendo que toda a área mais oriental do concelho apresenta condutividades elétricas mais elevadas.

Verifica-se, por exemplo, que as formações mais argilosas apresentam as concentrações mais elevadas de potássio em solução, originado por processos de intercâmbio catiónico. Os valores mais elevados de cálcio, bicarbonato e sulfato estão associados a formações essencialmente carbonatadas. O Complexo Vulcânico de Lisboa apresenta as concentrações mais elevadas de sílica e magnésio em solução devido ao tipo de minerais associados a esta formação geológica. As concentrações mais elevadas de nitratos foram determinadas em pontos de água que captam a Formação de Benfica, enquanto as mais baixas estão associadas ao Complexo Vulcânico de Lisboa.

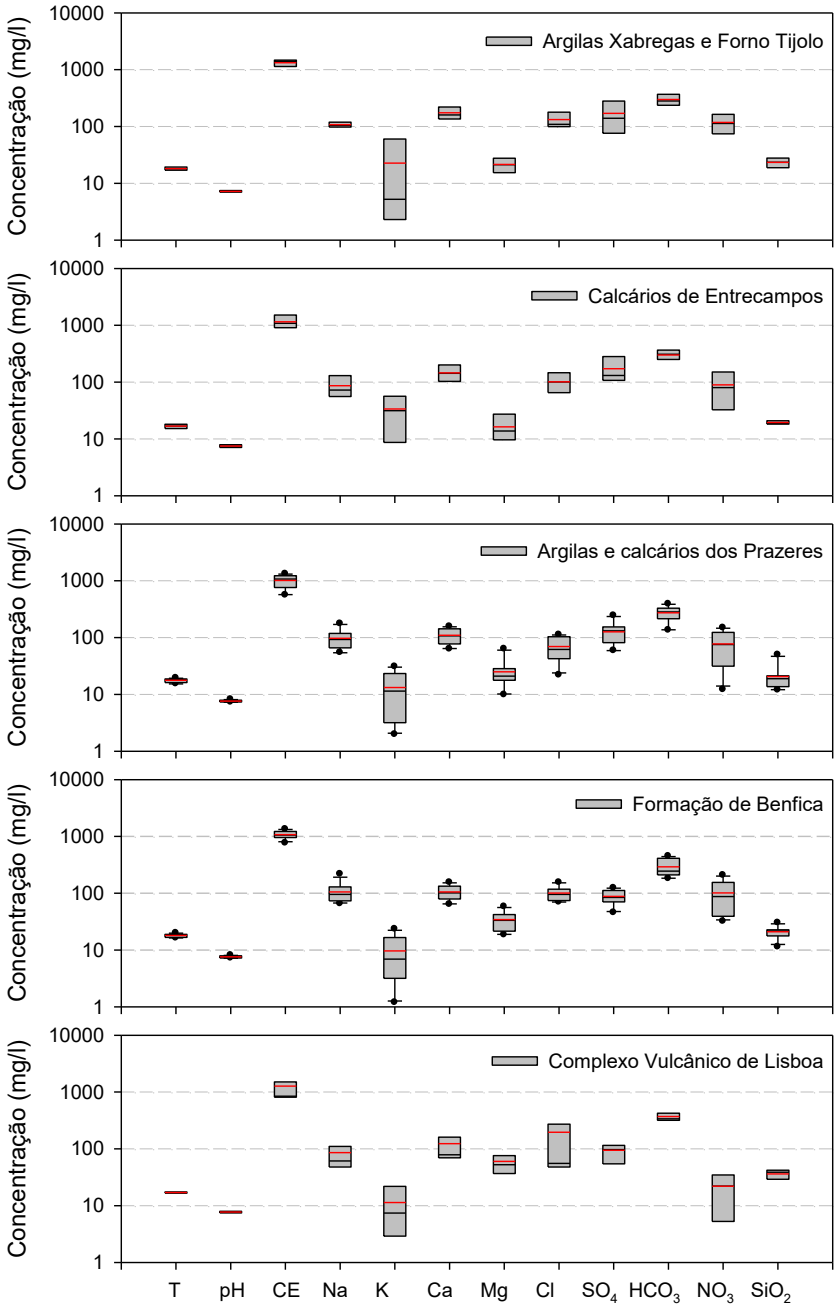


Figura 3.3-11 - Comparação do quimismo das águas subterrâneas das principais formações geológicas da cidade de Lisboa

Estas e outras relações entre o quimismo das águas subterrâneas analisadas e o meio geológico em que circulam podem também ser identificadas projetando os resultados analíticos obtidos num diagrama de Piper (figura seguinte). Através da projeção dos valores dos principais aniões e catiões analisados, no diagrama de Piper, verifica-se que as águas analisadas apresentam na sua maioria como fácies predominantes, relativamente aos aniões, a bicarbonatada. Relativamente aos catiões, predominam as fácies cálcica e magnesiana, sendo as águas sódicas as menos frequentes, ou seja, as amostras analisadas têm fácies predominantemente bicarbonatada-sulfatada-cálcica ou calco-magnesiana.

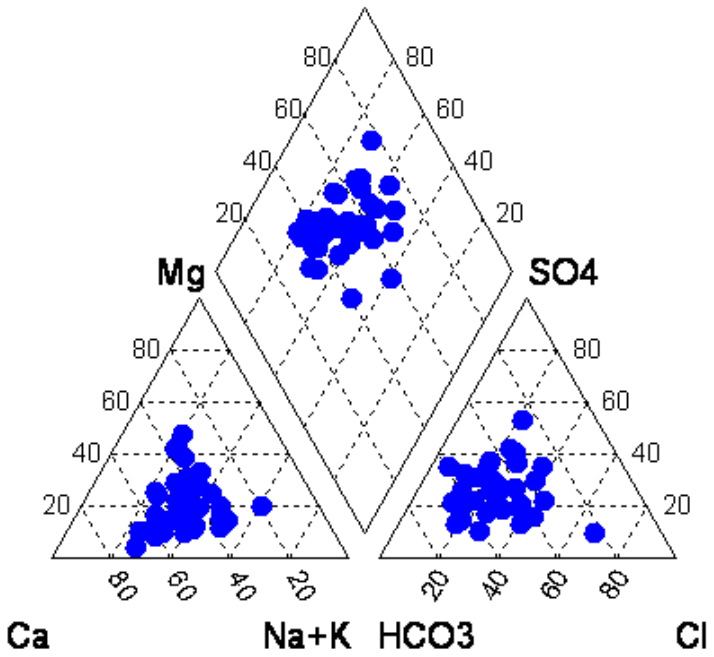


Figura 3.3-12 - Projeção das amostras de água analisadas no concelho de Lisboa no diagrama de Piper

Verifica-se ainda que o valor médio do ião nitrato nas amostras de água subterrânea estudadas é de 82.2 mg/L, sendo o valor paramétrico para consumo humano (50 mg/L) ultrapassado 22 vezes, enquanto o valor médio do nitrito é 0.04 mg/L e o seu valor paramétrico 0.5 mg/L nunca é ultrapassado. Estes valores indicam a vulnerabilidade das águas subterrâneas estudadas à contaminação difusa e confirmam a limitada capacidade de atenuação de contaminantes destes níveis aquíferos. As elevadas concentrações de nitratos e a escassez de nitritos (associadas às elevadas % de saturação de oxigénio), indicam que predominam condições oxidantes no meio, pelo que as condições de confinamento dos diferentes níveis aquíferos devem ser apenas pontuais e na presença de alguns níveis mais argilosos.

Também o estudo dos valores de temperatura das amostras de água subterrânea analisadas na cidade de Lisboa revela a sua vulnerabilidade. A temperatura média é de 17.7°C, valor próximo da temperatura média anual do ar (~17°C). Os valores máximos e mínimos verificam-se nos meses de verão e inverno, respetivamente. Estes valores e a sua sazonalidade indicam que são águas de infiltração recente e circulação pouco profunda em aquíferos que recebem recarga direta da precipitação.

As amostras recolhidas na Estufa Fria (Poço e Nascente) revelam quimismo semelhantes e característicos das formações carbonatadas do Cretácico. O pH das águas amostradas é ligeiramente alcalino (7.62 no poço e 7.34 na nascente) mas dados de monitorização da qualidade da água de rega revelam valores de pH superiores a 8.0. A condutividade elétrica é de 438 μS/cm no poço e de 710 μS/cm na nascente, sendo em ambos casos águas de fácies hidroquímica bicarbonatada – cálcica, com o ião magnésio claramente deficitário. A concentração dos restantes iões maioritários é por ordem decrescente: $[SO_4]$ > [Cl] > $[NO_3]$ e [Na] > [Mg] > [K]. O nitrato é em ambas as amostras inferior a 7 mg/L. O ferro (<0.010 mg/L), o nitrito (<0.010 mg/L) e o azoto amoniacal (<0.05 mg/L NH_4) são inferiores aos limites de deteção em ambas as amostras. A temperatura da água (16.5 °C no poço e 19 °C na nascente) revelam águas de infiltração recente.

A amostra recolhida no Chafariz de Baixo revela águas de mistura com águas da rede pluvial e de outras redes. São águas de composição química bicarbonatada-calco-sódica mas com valores de condutividade elétrica elevados (1140 μS/cm), pH neutro (7,08) e com valores de nitratos superiores a 102 mg/L.

3.3.7 Recursos Hidrominerais

Na componente geológica refira-se ainda as ocorrências hidrominerais de Alfama, que correspondem a nascentes de água com características hidrominerais, por vezes hidrotermais, que se encontram associadas a um sistema de falhas geológicas localizadas na região de Alfama. Dada a elevada vulnerabilidade do sistema face à poluição e dado o interesse patrimonial, histórico, medicinal, cultural e pedagógico associado, devem ser preservadas e valorizadas (CML, 2010a).

Enquadramento histórico

Já em período romano parece ter existido algum aproveitamento das águas que brotavam das entranhas de Lisboa, numa área de falhas geológicas correspondente na atualidade à parte baixa da Alfama. Como vestígios dessa utilização, encontramos algumas estruturas hidráulicas que poderão corresponder a um edifício termal romano do séc. I /II d.c. na Rua de S. João da Praça, uma estrutura para banhos que poderá corresponder a um tanque de águas frias de um balneário romano em funcionamento até ao séc. IV d.c. no Beco do Marquês de Angeja, um tanque no Largo das Alcaçarias e o facto de poder eventualmente atribuir-se a primitiva construção do Chafariz de Dentro ao período romano.

Remonta, no entanto, ao período muçulmano o conhecimento de fontes de água quente em Lisboa, designadas em árabe por *al-hamma*, de onde deriva a palavra Alfama. Estas águas, as chamadas Alcaçarias são uma parte importante do património histórico do bairro de Alfama que apesar de atualmente serem praticamente ignoradas, tiveram um papel fundamental na história desta parte da cidade.

Estas águas, com temperatura acima de 20°C e caudal elevado, possibilitaram a existência de condições para, no final do século XIX, terem sido classificadas como "águas mineromedicinais" pela então Inspeção de Águas. As águas tiveram, ao longo dos séculos, uma utilização diversificada, consoante o local e o tipo de emergência, tendo, inclusive, sido a fonte de abastecimento das Caravelas. O seu apogeu materializou-se, no entanto, na concessão de exploração de quatro "balneários públicos", ainda no século XIX, que operaram durante algumas décadas. Para além das emergências tradicionais, uma nascente denominada Fonte das Ratas, posta a descoberto no Largo das Alcaçarias, na década de 60 do século XX, atingiu uma grande popularidade, apesar de nunca ter sido qualificada como "água mineromedicinal" à luz da legislação então em vigor. Abandonadas há mais de 25 anos, atualmente as nascentes encontram-se seladas e canalizadas para o Rio Tejo por condutas cuja localização exata se perdeu nos tempos.

Breve enquadramento geológico e hidrogeológico

As águas de Alfama fazem parte do grande número de nascentes que se estende pela margem do rio Tejo, desde a Fonte da Bica até ao Chafariz de El- Rei. Detalhadamente estudadas por Choffat (1898), destaca-se um grupo que foi utilizado com fins mais nobres: Alcaçarias de D. Clara, Alcaçarias do Baptista, Banhos do Doutor, Alcaçarias do Duque, Bica do Jardim do Tabaco, Largo da Fundição e a Bica do Sapato. As quatro primeiras foram, sem dúvida, emergências de água quente, com temperaturas entre os 24°C e os 34°C, enquanto que entre as águas frias contava-se a Bica do Jardim do Tabaco, Largo da Fundição e a Bica do Sapato. As Alcaçarias de D. Clara (24°C a 28°C), as Alcaçarias do Baptista (32°C a 34°C), os Banhos do Doutor (27°C) e as Alcaçarias do Duque (30°C a 34°C) encontram-se alinhadas na zona entre o Largo do Chafariz de El-Rei e o largo do Chafariz de Dentro, ao longo da Rua do Terreiro do Trigo. Estas águas quentes, que constituíam o que genericamente se chamou o Grupo das Alcaçarias (Choffat, 1895-1898 e Andrade, 1935), e ainda o Chafariz de El-Rei, parecem estar alinhadas no contacto entre o Complexo das Areolas da Estefânia (Burdigaliano) e o Complexo do Banco Real, do Miocénico, entre duas falhas de direção aproximada NE-SW (Moitinho de Almeida, 1972).

Choffat (1895-1898) reconhece seis sub-grupos nas águas da zona de Alfama, dispostos sobre uma linha curva com convexidade virada em direção à terra. As duas extremidades desta linha são identificadas por este autor como o Chafariz de El-Rei e a Bica do Sapato, distando entre si 1 010 m, enquanto que a linha de termalidade, relativamente acentuada, do Chafariz de El-Rei ao Largo da Fundição, não tem mais que 550 m de comprimento. O Grupo das Alcaçarias encontra-se enquadrado estruturalmente por cinco falhas de direção aproximada NE-SW (Moitinho de Almeida, 1972).

Estudos geológicos e geofísicos de detalhe realizados recentemente por LNEG (2016a) confirmam a localização das nascentes de Alfama no contacto entre duas unidade miocénicas, as Areolas da Estefânia (MES) e os Calcários de Entrecampos (MEC). De acordo com este estudo do LNEG (2016a), estas nascentes estão muito provavelmente associadas à ascensão rápida de águas subterrâneas com origem em formações hidrogeológicas profundas, por intermédio de uma série de falhas secundárias associadas um acidente tectónico regional (Figura 3.3-13 e Figura 3.3-14). Cálculos geotermométricos aplicados às análises históricas das águas de Alfama e realizados por Marrero-Diaz e Ramalho (2015) indicam temperaturas de equilíbrio entre os 30 e os 85 °C as quais corresponderiam a profundidades mínimas de ocorrência de 500 m e, que na zona de Alfama correspondem às formações com aptidão geotérmica do Cretácico Inferior (Marrero-Diaz et al., 2013). Saliente-se que estas formações hidrogeológicas embora muito compartimentadas por falhas e diques do Complexo Vulcânico de Lisboa e com taxas de recarga subterrânea praticamente nulas, já são exploradas atualmente para aproveitamento geotérmico pelo menos no Hospital da Força Aérea no Lumiar (furo com uma profundidade de 1 500 m) (Carvalho, Berthou, & Silva, 1990).

Destaca-se ainda o facto de na zona de Alfama, a sondagem geotécnica ML78 (Figura 3.3-13) efetuada no Largo do Chafariz de Dentro em 1970 pela empresa Teixeira Duarte (Moitinho de Almeida, 1972), com 25.8 m de profundidade total, ter intercetado aos 12 metros na formação geológica das Areolas da Estefânia, um nível aquífero com um forte artesianismo repuxante (6.2 L/s) e temperaturas da água subterrânea de 25.5 °C (D. Ribeiro, Guerreiro, & Duarte, 2005).

Atualmente, os resultados da investigação hidrogeológica realizada pelo LNEG (2016a) confirmam que não existe na zona de Alfama qualquer evidência destas nascentes com características termominerais, nem de outras águas com características similares.

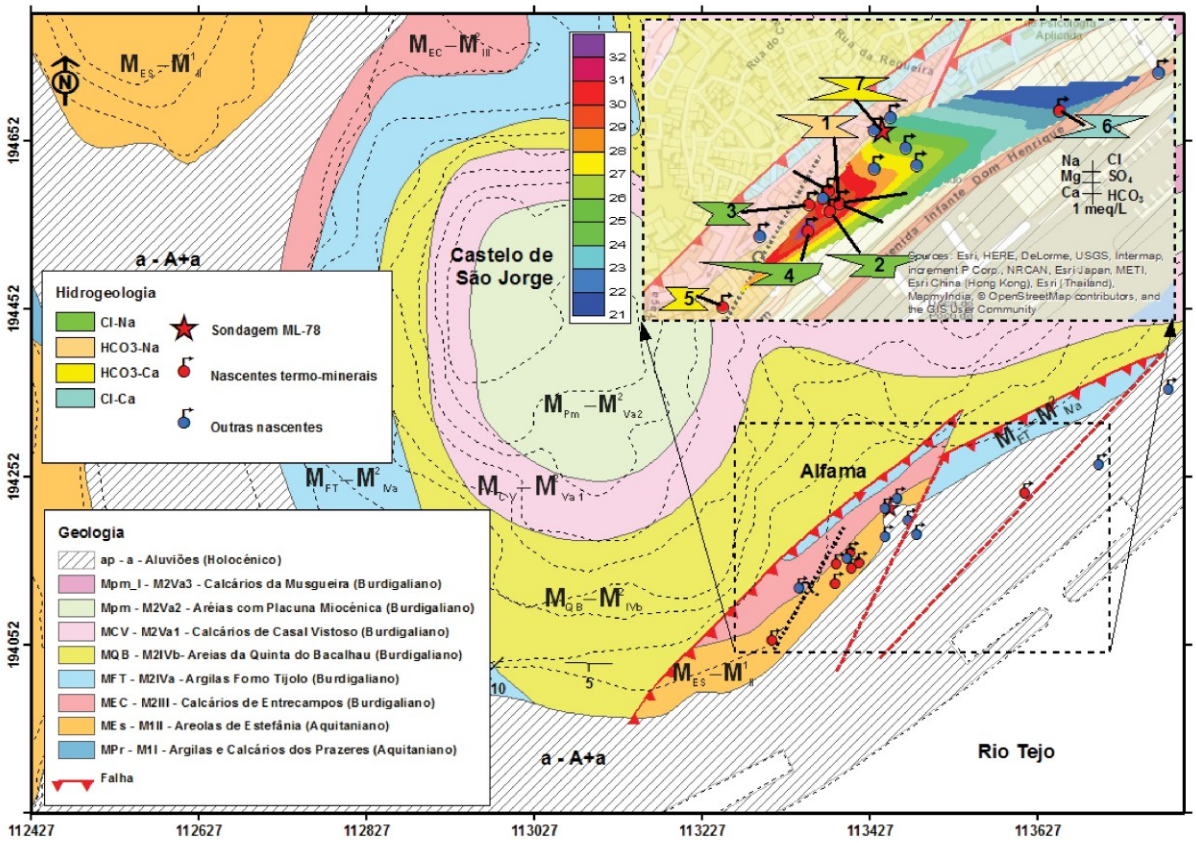


Figura 3.3-13 – Mapa geológico da área do Castelo de São Jorge e Alfama, com a localização histórica das nascentes termominerais de Alfama e da sondagem ML78; (C): área ampliada de (B), com as correspondentes temperaturas das exsurgências e os diagramas de Stiff, agrupados por fácies hidroquímicas.

Coordenadas: Lisboa Hayford Gauss IGeoE.

Fonte: modificado por LNEG (2016a) a partir de (LNEG-INETI, 2005) e da carta geológica 1:10 000 folha 4 (Moitinho de Almeida, 1986)

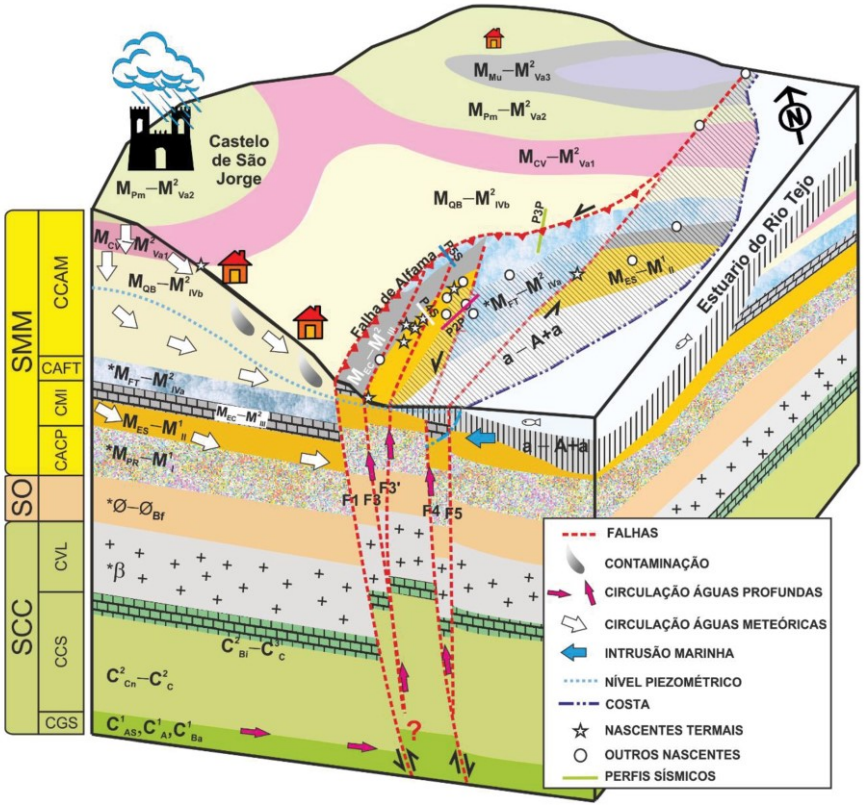


Figura 3.3-14 - Modelo hidrogeológico conceptual da área de Alfama

Setas brancas: circulação provável das águas meteóricas através do Complexo Calco-Are nítico Miocénico e do Complexo Miocénico Inferior para SW; Setas finas: ascensão, através de falhas, das águas profundas que davam origem às nascentes termominerais de Alfama; Seta escura horizontal: intrusão marinha (não há evidências de mistura com as águas do Tejo). Sem escala.

Fonte: realizado por Marrero-Diaz & Ramalho (2015) a partir do corte geológico de Moitinho de Almeida (1986), com nomenclatura de (Pinto, 2003)

De acordo com a literatura (C. F. Andrade, 1935 e Almeida, 1972), as águas do Grupo das Alcaçarias de Alfama podem ser genericamente caracterizadas como águas bicarbonatadas cloretadas-sódicas ou cálcicas, com resíduo seco (a 180°C) de cerca de 600 mg/L. Embora não existam registos precisos dos seus caudais, Acciaiuoli (1944) classifica o caudal das Alcaçarias de "abundantíssimo", enquanto que Andrade (1935) indicou um caudal para as Alcaçarias do Duque de 6.6 m³/h. Estas tinham duas nascentes distintas, a Grande Alcalina, com caudal abundante de água bicarbonatada calcossódica e uma temperatura de cerca de 30.8°C e a nascente Sulfúrea ou Sulfurosa, um pouco menos mineralizada que a antecedente e com temperatura mais elevada (31°C). A maior parte das águas do Grupo das Alcaçarias parece possuir mineralizações totais muito semelhantes, mas a água dos Banhos do Doutor aparenta ser de todas a de mais baixa temperatura e de mais baixa mineralização, enquanto que água mais mineralizada parece ser a das Alcaçarias de D.ª Clara (Moitinho de Almeida, 1972).

3.3.8 Zonas vulneráveis identificadas

Após os trabalhos de recolha de dados e caracterização geológica e hidrogeológica das zonas de traçado dos dois túneis foram identificadas duas zonas com potencial vulnerabilidade do ponto de vista hidrogeológico. As duas zonas localizam-se na proximidade do traçado do túnel Monsanto-Santa Apolónia. No que ao traçado do túnel Chelas-Beato diz respeito não foram reconhecidas ou identificadas áreas do ponto de vista hidrogeológico particularmente sensíveis.

3.3.8.1 Estufa Fria no Parque Eduardo VII

A primeira zona corresponde à área da Estufa Fria no Parque Eduardo VII (Figura 3.3-15). Esta zona foi considerada potencialmente vulnerável devido à sua proximidade ao traçado proposto (± 200 m) e pela existência de uma nascente e um poço no local, sendo que o poço se localiza a uma distância de cerca de 400 m, em planta, do traçado do túnel.

Figura 3.3-15 - Mapa da Estufa Fria de Lisboa (gentilmente cedido pela Câmara Municipal de Lisboa) com localização de nascente e poço

Fonte: (Waterways, 2017)

De forma a caracterizar a situação atual e, posteriormente, melhor avaliar os eventuais impactes propôs-se a realização dos seguintes estudos complementares durante os trabalhos de prospeção geológica e geotécnica previstos:

- monitorização da profundidade do nível de água subterrânea no poço;
- colheita de amostras de água, nos pontos de água localizados na estufa e nas sondagens mais próximas desse espaço, para uma caracterização hidrogeoquímica adequada;
- ensaio(s) de bombagem de água efetuada nas sondagens a executar mais próximas da estufa, e simultânea monitorização dos níveis de água (poço) e/ou caudal (nascente) na Estufa Fria de Lisboa.

3.3.8.2 Alcaçarias de Alfama

A segunda zona corresponde à parte terminal traçado do túnel Monsanto-Santa Apolónia, onde existe um sistema de falhas geológicas que estão provavelmente na origem do grupo das Alcaçarias de Alfama e que o traçado intercetará. Embora atualmente desativadas, as Alcaçarias de Alfama constituem ainda hoje um potencial recurso geotérmico e hidrotermal.

No sentido do reaproveitamento de tal recurso foi assinado um protocolo de cooperação entre a CML e o LNEG e a DGEG que visa promover a reativação destas nascentes como recurso hidrotermal e/ou geotérmico. De facto, já no Plano Diretor Municipal (PDM) de Lisboa, dada a elevada vulnerabilidade das nascentes face à poluição e dada a sua importância histórica foi delimitada uma área de proteção para as mesmas. Desta forma, a área de proteção das antigas nascentes de Alfama têm

uma coincidência espacial com a área concessionada pela DGEG para os trabalhos de exploração e pesquisa que estão atualmente em curso.

Para avaliação de eventuais impactes propôs-se os seguintes estudos durante os trabalhos de prospeção geológica e geotécnica previstos:

- colheita de amostras de água, nas sondagens sempre que intercetarem níveis de água, com medição da temperatura *in situ* e condutividade elétrica, para caracterização hidrogeoquímica das mesmas.

No Capítulo 5 são analisados os potenciais impactes nas duas zonas identificadas com potencial vulnerabilidade.

3.4 SOLOS E OCUPAÇÃO DO SOLO

A caracterização do uso do solo baseou-se na consulta de diversos elementos bibliográficos, cartografia da especialidade e visitas de campo às áreas em estudo, pelo que a análise foi realizada em duas escalas:

- escala regional, correspondente à área do concelho de Lisboa, tendo como fonte a Carta de Uso e Ocupação do Solo em Portugal Continental para 2007 (COS2007, nível 2).
- escala local, correspondente às áreas em estudo à superfície, assente em visitas de campo documentadas com registo fotográfico, bem como análise de ortofotomapas e levantamento topográfico nas áreas em estudo.

3.4.1 Uso do solo no concelho de Lisboa

A Figura 3.4-1 apresenta a carta de ocupação do solo para o concelho de Lisboa, à escala 1:50 000. Esta carta foi elaborada de acordo com a Carta de Uso e Ocupação do Solo em Portugal Continental para 2007 (COS2007, nível 2).

De um modo geral, a área considerada apresenta uma ocupação do solo associada a áreas construídas, designadamente tecido urbano. Destaca-se ainda a presença de algumas manchas verdes, nomeadamente floresta, floresta aberta e vegetação arbustiva e herbácea, bem como áreas de espaços verdes urbanos, destas salienta-se a zona de Monsanto que se destaca na área do concelho de Lisboa. De referir ainda a presença de uma rede bastante complexa de infraestruturas rodoviárias e a ocorrência localizada de infraestruturas ferroviárias e portuárias, junto à interface com o estuário do Tejo, incluídas no uso do solo correspondente a Indústria, comércio e transportes.

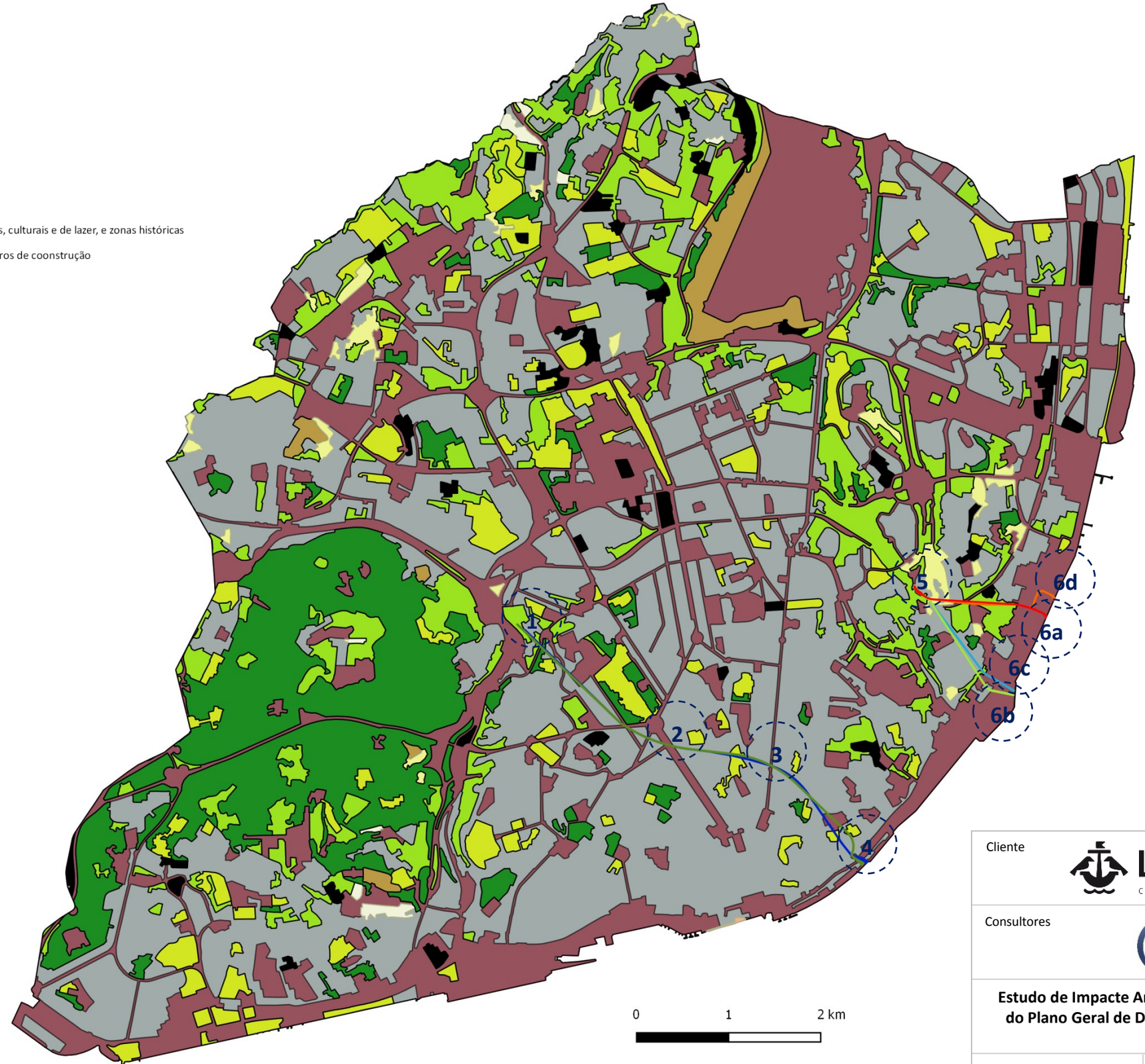
Legenda

Ocupação do solo – COS 2007

- Zonas descobertas e com pouca vegetação
- Florestas abertas e vegetação arbustiva e herbácea
- Florestas
- Áreas agrícolas heterogéneas
- Culturas permanentes
- Culturas temporárias
- Espaços verdes urbanos, equipamentos desportivos, culturais e de lazer, e zonas históricas
- Extração de inertes, deposição de resíduos e estaleiros de coonstrução
- Indústria, comércio e transportes
- Tecido urbano

Traçados

- TCB1 - Terminal Multiusos do Poço do Bispo
- TCB2 - Calçada Dom Gastão
- TCB3 - Rua do Grilo
- TCB4 - Doca do Poço do Bispo
- TMSA - Alternativa TMSA1
- TMSA - Alternativa TMSA2
- nº Zonas em estudo



Cliente: LISBOA CÂMARA MUNICIPAL

Consultores: 4Rs

Estudo de Impacte Ambiental dos Túneis do Plano Geral de Drenagem de Lisboa

Data: Janeiro 2017

Fonte: COS2007 nível 2

Figura 3.4-1

Planta de ocupação do solo para o concelho de Lisboa, com identificação das zonas em estudo

3.4.2 Uso do Solo local

3.4.2.1 Zonas em Análise Monsanto-Santa Apolónia

Como referido, ao longo da extensão do túnel, prevê-se intervenções à superfície em diferentes locais, pelo que a análise do uso do solo ao nível local incidirá, sobretudo, nestes locais. Assim, de seguida, procede-se à análise detalhada do uso do solo em Campolide, Avenida da Liberdade/Santa Marta, Avenida Almirante Reis e Santa Apolónia.

Zona 1 – Campolide

De acordo com a informação presente na planta de ocupação do solo, a área em estudo na zona de Campolide é composta essencialmente por áreas de vegetação arbustiva e herbácea e, em parte, classificada como tecido urbano, mas sem ocupação urbana ou presença de infraestruturas de relevo. Na envolvente imediata salienta-se a ocupação associada a indústria, comércio e transportes, correspondente à infraestrutura ferroviária. Refira-se ainda a existência de diversas infraestruturas rodoviárias na envolvente.

Em complemento à caracterização com base na carta de ocupação do solo, efetuou-se a identificação direta sobre fotografia aérea dos usos presentes no local. Assim, para uma análise e classificação pormenorizada da área em estudo e envolvente, apresenta-se no seguinte ortofotomapa (Figura 3.4-2) os usos do solo dominantes no local e envolvente.

Figura 3.4-2 - Principais usos do solo na área em estudo e envolvente, em Campolide

Adaptado de (Google Earth, 2016)

Pela análise do ortofotomapa apresentado facilmente se conclui que as áreas com mais expressão na envolvente, ainda que a alguma distância do local, dizem respeito a zonas de tecido urbano, as quais incluem espaços residenciais e edifícios de

serviços. Salienta-se ainda a existência de alguns espaços verdes urbanos, embora de reduzida dimensão, bem como as infraestruturas rodoviárias e ferroviárias que se destacam na envolvente.

Através de visita de campo, realizada em Julho de 2016, detalhou-se os usos do solo existentes no local, nomeadamente no que respeita ao tipo de ocupação na envolvente próxima. Como referido, o local onde se procede ao poço de entrada da máquina para construção do túnel corresponde a uma área atualmente livre, com alguma vegetação (Figura 3.4-3). Junto à área em estudo (Figura 3.4-4) localiza-se a Quinta do Zé Pinto (Figura 3.4-5), bem como, a cerca de 200 metros, algumas habitações (Figura 3.4-7) e área de serviços, a cerca de 300 metros, essencialmente, com edifícios de escritórios (Figura 3.4-6).

Figura 3.4-3 - Ocupação do solo na área em estudo, em Campolide, ponto 1

Figura 3.4-4 - Envolvente da área em estudo, em Campolide, ponto 2

Figura 3.4-5 – Vista geral da Quinta do Zé Pinto, ponto 3

Figura 3.4-6 – Área de serviços, pontos 4 e 5

Figura 3.4-7 - Habitações na envolvente da área em estudo, em Campolide, pontos 6 e 7

A topografia do local a intervir (na figura seguinte) evidencia sobretudo a caracterização no que respeita ao terreno livre existente, bem como às zonas de vegetação densa na envolvente imediata da área em estudo.

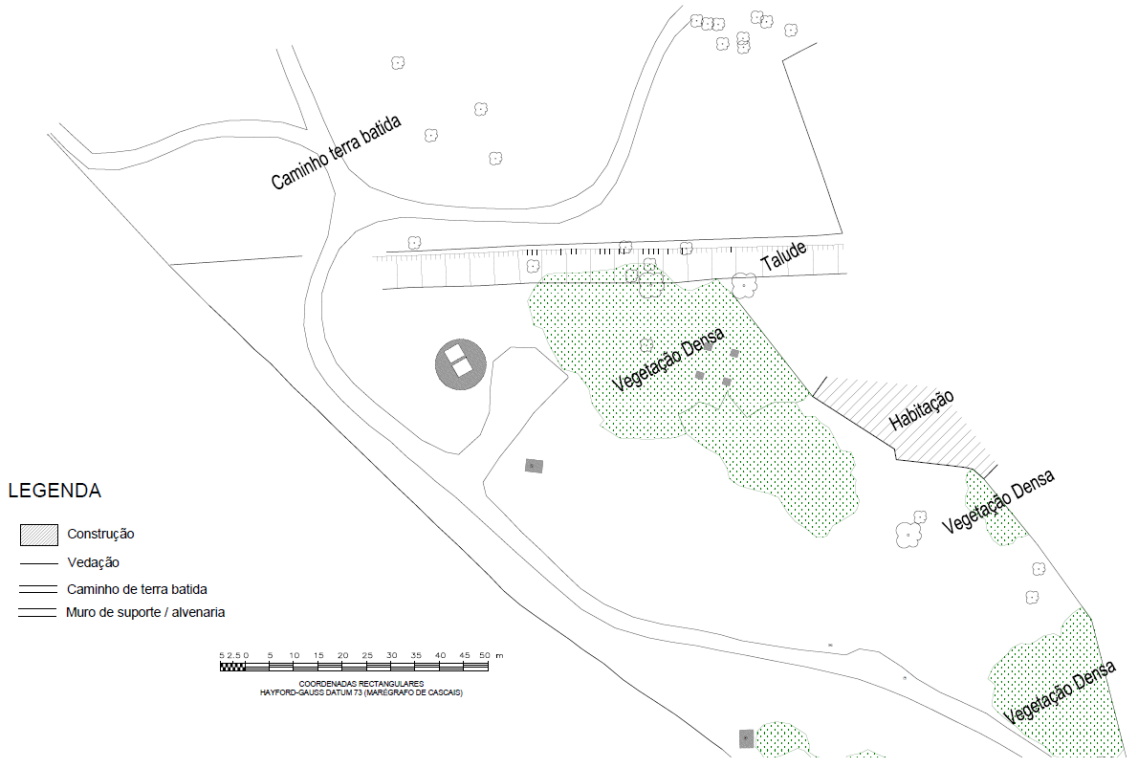


Figura 3.4-8 – Topografia da área em estudo em Campolide

Adaptado de (artop, 2016)

Zona 2 - Avenida da Liberdade e Rua de Santa Marta

De acordo com a planta de ocupação do solo (Figura 3.4-1) para a zona da Av. da Liberdade e Rua de Santa Marta, a área em estudo e envolvente próxima apresentam, como seria de esperar dada a localização, uma ocupação do solo associada a tecido urbano e transportes, nomeadamente as vias rodoviárias das quais se salienta a Avenida da Liberdade. Na envolvente identifica-se uma zona de equipamentos culturais e de lazer e zonas históricas, correspondente ao Palácio dos Condes de Redondo. Salienta-se ainda na envolvente mais afastada os espaços verdes existentes, dos quais se destaca o Parque Eduardo VII.

De forma análoga, de seguida procede-se à identificação dos usos do solo à escala local, através de ortofotomapa (Figura 3.4-9), complementado com a topografia do local e registo fotográfico do local e envolvente, bem como as atividades existentes.

Figura 3.4-9 - Principais usos na área em estudo e envolvente da Av. da Liberdade e Rua de Santa Marta

Adaptado de (Google Earth, 2016)

Pela análise do ortofotomapa apresentado facilmente se conclui que as áreas com mais expressão na envolvente dizem respeito a zonas de tecido urbano, as quais incluem espaços residenciais e edifícios de serviços, com escritórios, comércio local e restauração. Salienta-se ainda a existência de alguns espaços verdes urbanos, bem como as infraestruturas rodoviárias, referindo-se especificamente a Av. da Liberdade (Figura 3.4-10, à esquerda), que se destaca na envolvente.

Junto às laterais da Avenida da Liberdade, maioritariamente, localizam-se edifícios de serviços (escritórios) ou habitação nos andares superiores e sem atividades exteriores no piso térreo. Na Rua Alexandre Herculano, no cruzamento com a Rua de Santa Marta (Figura 3.4-10, à direita), verifica-se sobretudo a existência de espaços comerciais no piso térreo e edifícios de habitação nos andares superiores.

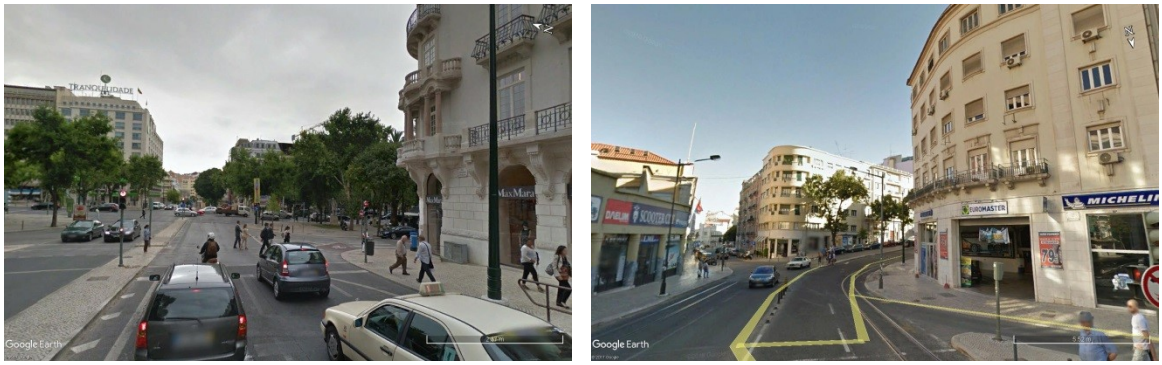


Figura 3.4-10 - Envolvente da área em estudo na Avenida da Liberdade, ponto 1 (à esquerda) e junto ao cruzamento da Rua Alexandre Herculano com a Rua de Santa Marta, ponto 2 (à direita)

Fonte: (Google Earth, 2016)

Por outro lado, no cruzamento da Rua de Santa Marta com a Rua Barata Salgueiro, verifica-se a existência de diferentes atividades no piso térreo, das quais se destaca a existência de esplanadas no exterior dos espaços de restauração existentes (Figura 3.4-11). Na generalidade, a zona caracteriza-se pela existência de edifícios de serviços e habitação, tal como apresentado nas figuras seguintes.

Figura 3.4-11 - Envolvente da área em estudo na Rua de Santa Marta, ponto 3 (à esquerda) e ponto 4 (à direita)

Fonte: (Google Earth, 2016)

Figura 3.4-12 - Envolvente da área em estudo na Rua de Santa Marta, ponto 5

Fonte: (Google Earth, 2016)

Na Rua de Santa Marta, no troço desta via situado entre a Rua Alexandre Herculano e a Rua Barata Salgueiro, importa salientar a localização do Hospital de Santa Marta, bem como da Universidade Autónoma de Lisboa.

Na Figura 3.4-13 apresenta-se a topografia para a zona do cruzamento da Rua de Santa Marta com a Rua Alexandre Herculano, na qual se identificam os principais serviços existentes no local. Salienta-se assim a existência de espaços comerciais, habitações e universidade.

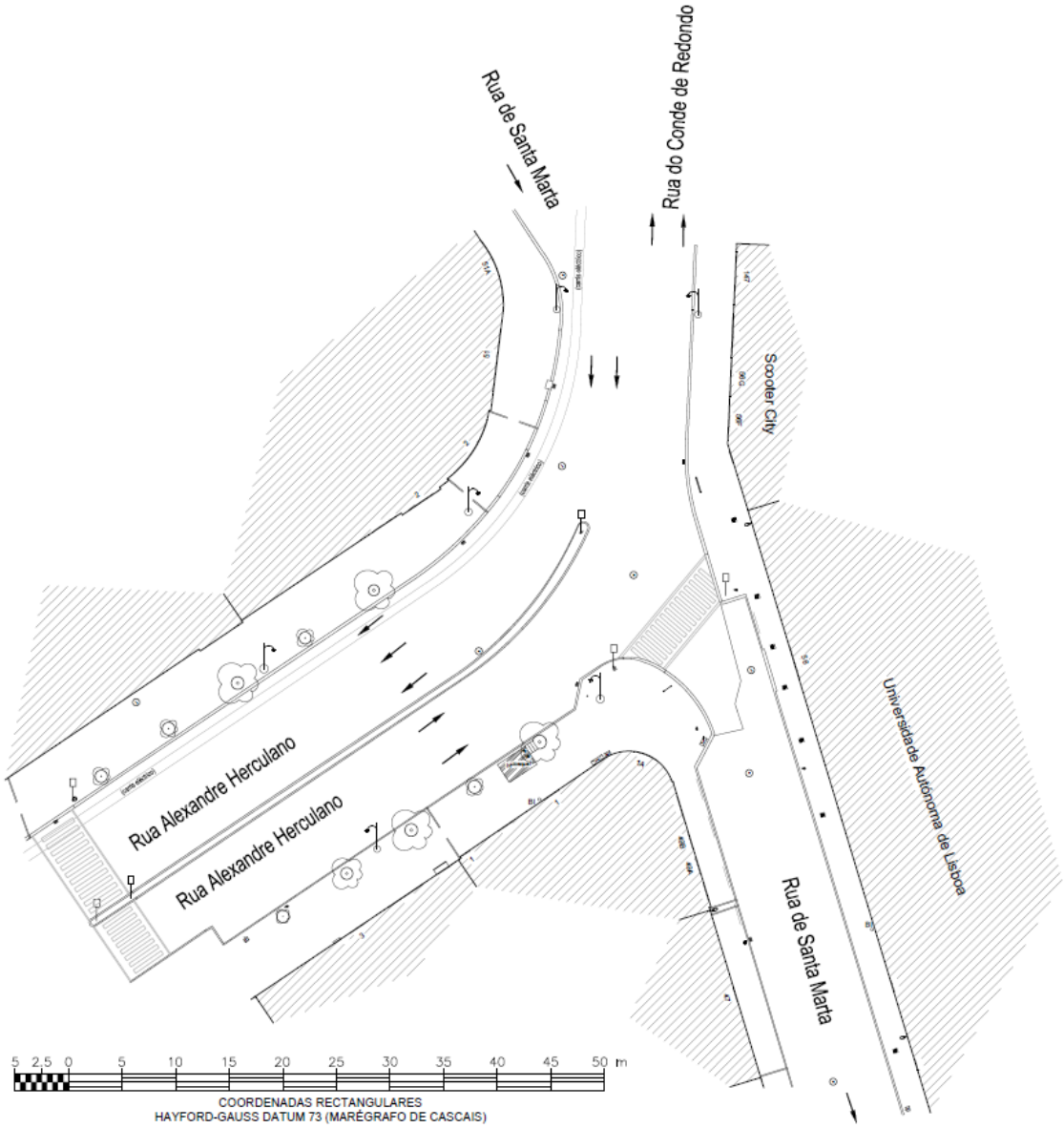


Figura 3.4-13 - Topografia da área em estudo no cruzamento da Rua Alexandre Herculano com a Rua de Santa Marta

Adaptado de (artop, 2016)

Na figura seguinte apresenta-se a topografia para a zona do cruzamento da Rua de Santa Marta com a Rua Barata Salgueiro, na qual se identificam os principais serviços existentes no local. Salienta-se assim a existência de diversos espaços de restauração, incluindo espaços com área de esplanada exterior, tal como já referido.

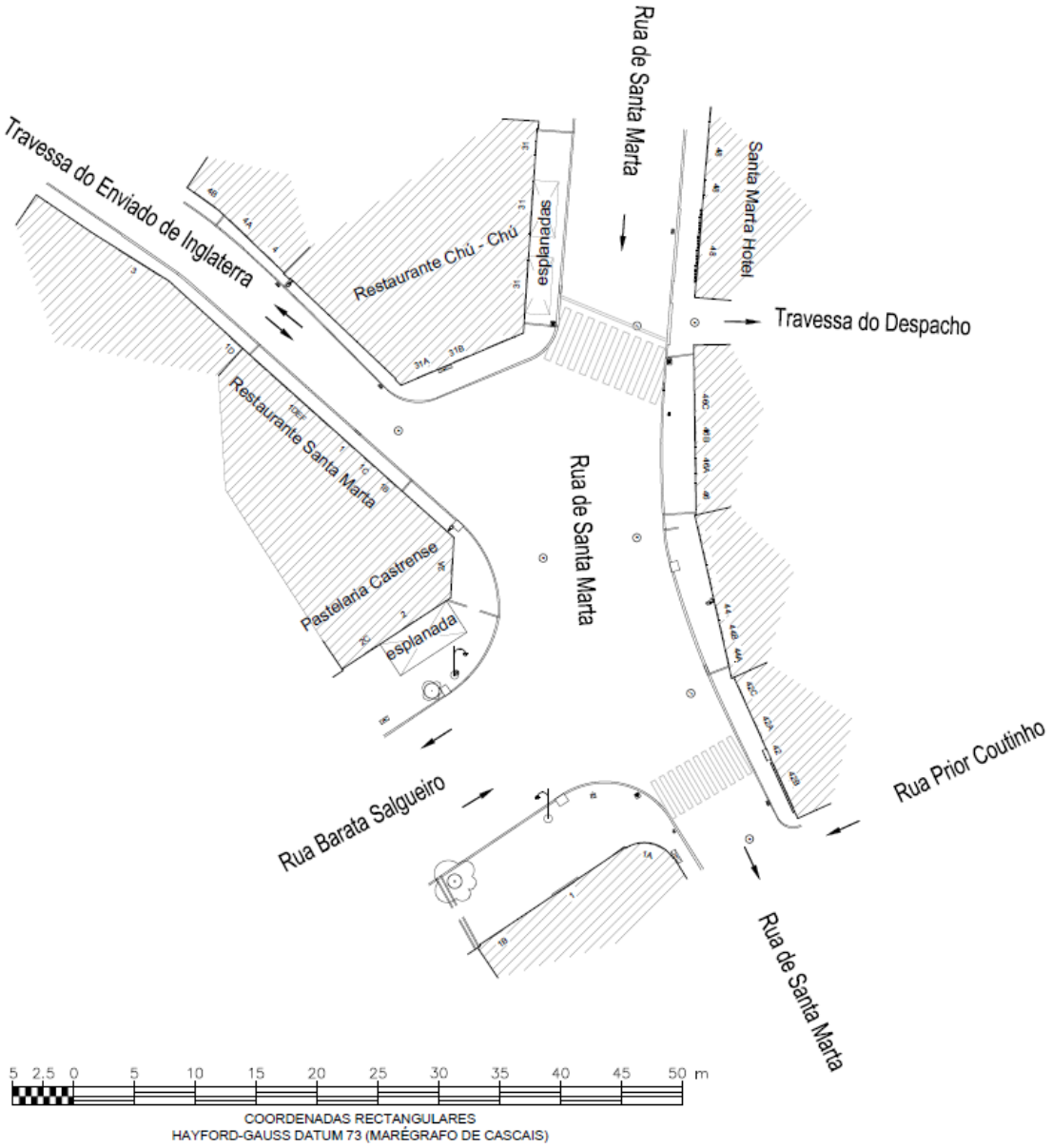


Figura 3.4-14 - Topografia da área em estudo no cruzamento da Rua de Santa Marta com a Rua Barata Salgueiro

Adaptado de (artop, 2016)

Zona 3 - Avenida Almirante Reis

As áreas em estudo localizam-se junto ao cruzamento da Travessa do Maldonado com a Avenida Almirante Reis e desta com a Rua Antero de Quental e envolvente próxima. Estas apresentam uma ocupação do solo associada a tecido urbano e área de transportes, nomeadamente a via rodoviária correspondente à própria Avenida Almirante Reis.

Na Figura 3.4-15 apresenta-se o ortofotomapa do local e área envolvente situados na Av. Almirante Reis. A análise do ortofotomapa evidencia a presença de tecido urbano junto à área a intervir. Relativamente a outros tipos de uso, são pontuais e constituem essencialmente pequenas zonas de espaços verdes urbanos.

Figura 3.4-15 - Principais usos do solo na área em estudo e envolvente da Av. Almirante Reis

Adaptado de (Google Earth, 2016)

Através de visita de campo, realizada em Julho de 2016, detalhou-se os usos do solo existentes no local, nomeadamente no que respeita ao tipo de ocupação na envolvente próxima. Como referido, o local é constituído essencialmente por tecido urbano, sendo de salientar, além de uso residencial, o uso comercial, nomeadamente pequenas lojas, minimercados e restauração (Figura 3.4-16).

Figura 3.4-16 - Envolvente da área em estudo na Av. Almirante Reis, ponto 1 (à esquerda) e ponto 2 (à direita)

Fonte: (Google Earth, 2016)

Na figura seguinte apresenta-se a topografia do local, que evidencia uma vez mais a diversidade económica existente ao longo da Avenida Almirante Reis, em particular, junto à Travessa do Maldonado, onde se localiza a área em estudo. Destacam-se assim os espaços de restauração e restantes atividades de cariz comercial no piso térreo e os espaços de habitação nos pisos superiores.

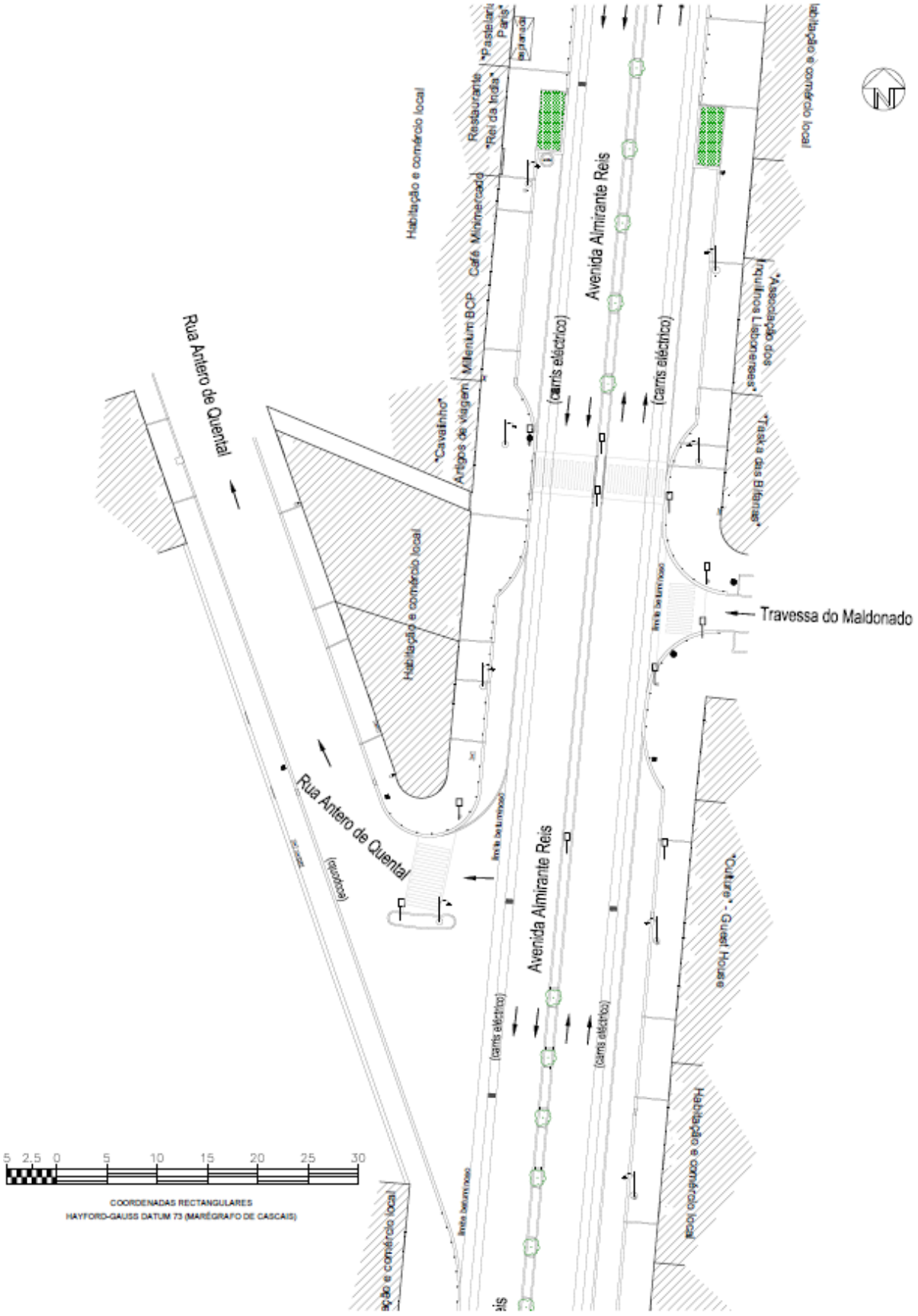


Figura 3.4-17 - Topografia da área em estudo na Av. Almirante Reis

Adaptado de (artop, 2016)

Zona 4 - Santa Apolónia

Na área em estudo correspondente à zona de Santa Apolónia e na envolvente próxima, identificam-se sobretudo áreas de tecido urbano e, na zona de interface com o estuário, áreas com ocupação associada a indústria, comércio e transportes, que correspondem às vias rodoviárias e infraestruturas portuárias na envolvente.

Na Figura 3.4-18 apresenta-se o ortofotomapa do local e área envolvente na zona de Santa Apolónia. A análise do ortofotomapa evidencia a presença de tecido urbano junto à zona em estudo e envolvente, bem como vias rodoviárias. Relativamente a outros tipos de uso, verifica-se numa envolvente mais alargada a existência de infraestruturas portuárias.

Figura 3.4-18 - Principais usos do solo na área em estudo e envolvente em Santa Apolónia
Adaptado de (Google Earth, 2016)

A visita ao local permitiu identificar concretamente os usos existentes na área em estudo e envolvente. Com base na visita efetuada ao local e envolvente (Figura 3.4-19 a Figura 3.4-21) e na topografia do local (Figura 3.4-22) importa salientar a existência de diferentes tipologias de serviços, nomeadamente, espaços de restauração, esquadra da policia, museu, parque de estacionamento, igreja, creche e edifícios de habitação.

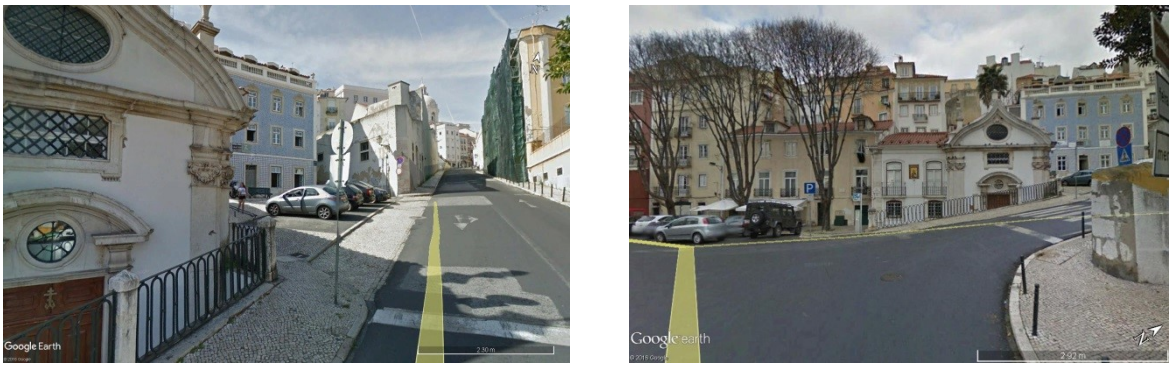


Figura 3.4-19 - Vista do ponto 1 (à esquerda) e ponto 2 (à direita) na área em estudo em Santa Apolónia

Fonte: (Google Earth, 2016)

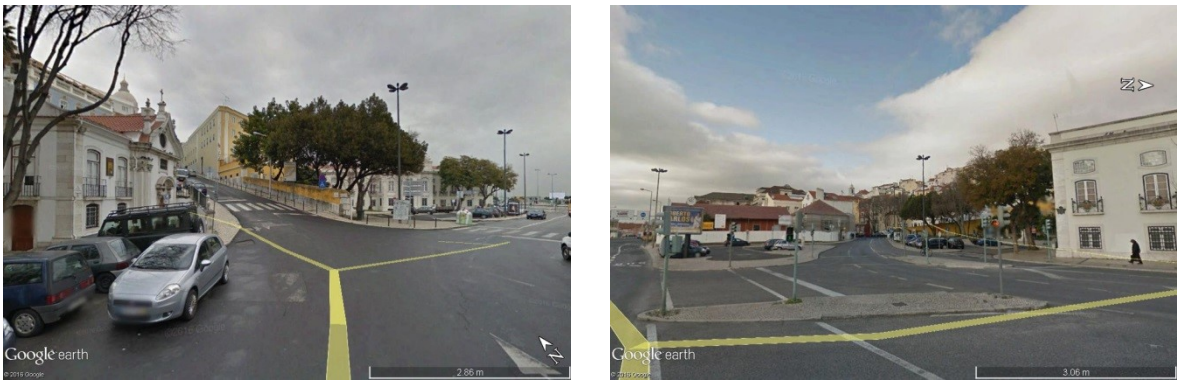


Figura 3.4-20 - Envolvente da área em estudo em Santa Apolónia, vista do ponto 3 (à esquerda) e ponto 4 (à direita)

Fonte: (Google Earth, 2016)

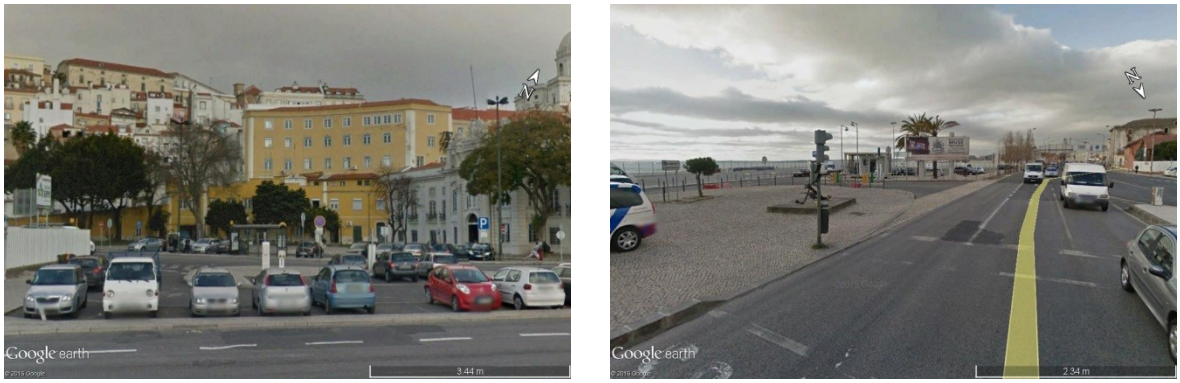


Figura 3.4-21 - Envolvente da área em estudo em Santa Apolónia, vista do ponto 5 (à esquerda) e ponto 6 (à direita)

Fonte: (Google Earth, 2016)

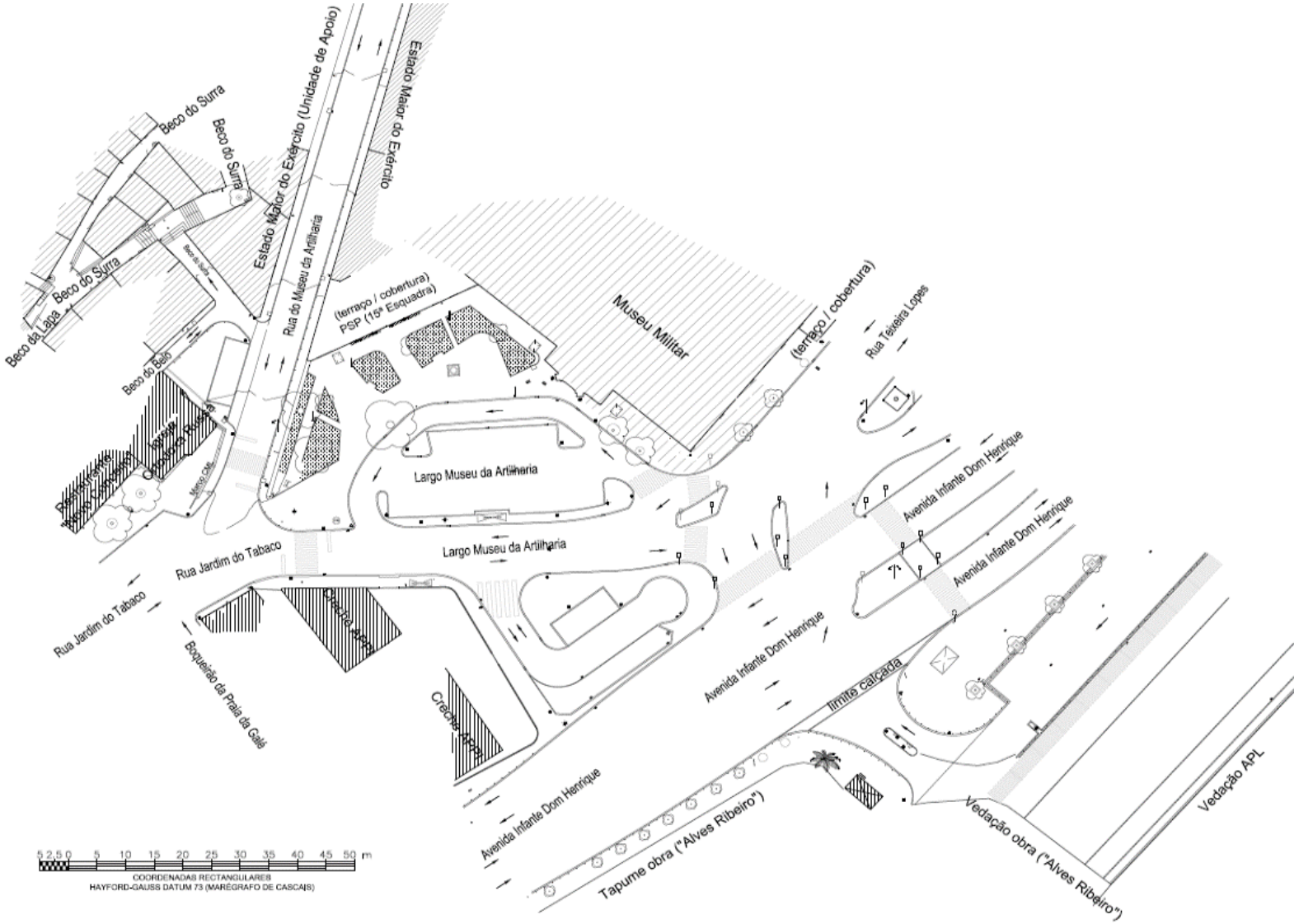


Figura 3.4-22 - Topografia da área em estudo em Santa Apolónia

Adaptado de (artop, 2016)

3.4.2.2 Zonas em Análise Chelas-Beato

Como referido, ao longo da extensão do túnel, prevê-se intervenções à superfície em diferentes locais, pelo que a análise do uso do solo ao nível local incidirá, sobretudo, nestes locais. Assim, de seguida, procede-se à análise detalhada do uso do solo em Campolide, Avenida da Liberdade/Santa Marta, Avenida Almirante Reis e Santa Apolónia.

De acordo com a extensão e traçado do túnel, as áreas em estudo para a análise da ocupação do solo localizam-se em Chelas e no Beato.

Zona 5 – Chelas

Junto ao troço de montante salienta-se a ocupação do solo (Figura 3.4-1) com usos correspondentes a tecido urbano e indústria, comércio e transportes, associadas sobretudo à Estrada de Chelas. Em parte, identifica-se também uma área de vegetação arbustiva e herbácea.

Procedeu-se ainda à caracterização da ocupação do solo a partir do ortofotomapa local. De seguida, na Figura 3.4-23, apresenta-se o ortofotomapa da zona de Chelas, correspondente ao local do troço com execução à vala, a montante e área envolvente próxima.

Ao contrário do que se verifica em grande parte do troço do TMSA, o traçado do TCB interceta solos com usos diferenciados, incluindo áreas industriais e espaços com terreno desocupado.

Figura 3.4-23 - Principais usos do solo na área em estudo, em Chelas

Adaptado de (Google Earth, 2016)

Na área em estudo e envolvente, em Chelas, salienta-se a existência de unidades industriais, estando as áreas de tecido urbano mais afastadas. A maior parte dos desenvolvimentos serão executados em local atualmente desocupado e com

construções provisórias (barracas), podendo ocorrer em zonas com alguma vegetação (Figura 3.4-24, à esquerda). Refira-se ainda as infraestruturas ferroviárias, nomeadamente a linha de comboio adjacente à área em estudo (Figura 3.4-24, à direita).

Figura 3.4-24 - Envolvente da área em estudo junto à Estrada de Chelas

Na figura seguinte apresenta-se a topografia do local, que evidencia o caracter menos urbano da área em estudo na zona de Chelas, com áreas de vegetação densa e hortas, na envolvente. Refira-se que as construções existentes constituem na sua generalidade barracas.

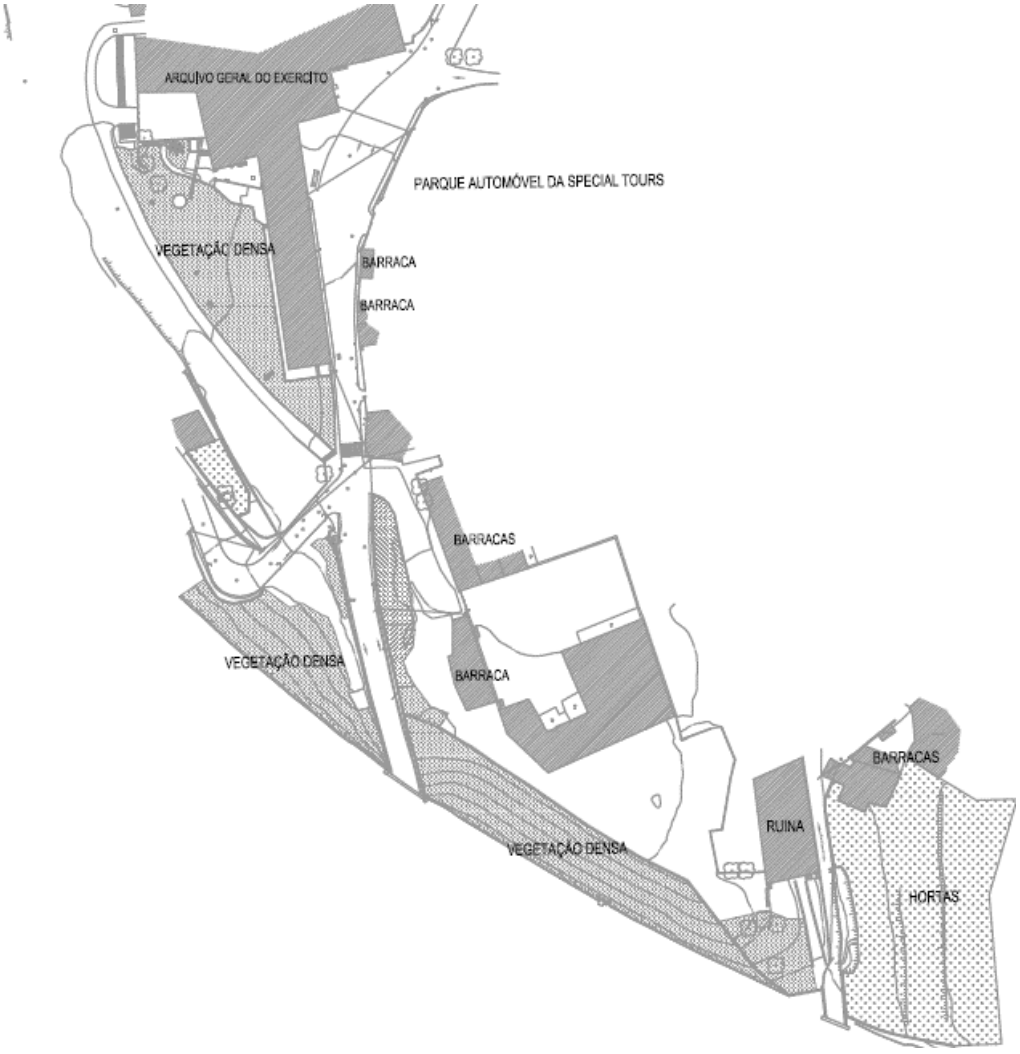


Figura 3.4-25 - Topografia da área em estudo em Chelas

Adaptado de (artop, 2016)

Na zona do Beato, consoante a área em estudo, a ocupação e uso do solo locais diferem, devendo ser analisada. Nesse sentido, de seguida procede-se à análise da ocupação do solo para as três áreas em estudo na zona do Beato.

Zona 6A – Terminal Multiusos do Poço do Bispo

A jusante, a área em estudo insere-se integralmente numa área cuja ocupação do solo (Figura 3.4-1) se classifica como área de indústria, comércio e transportes, que se refere essencialmente às atividades portuárias e infraestruturas rodoviárias existentes no local.

Na Figura 3.4-26 apresenta-se a área em estudo para a zona do Beato, junto ao Armazém 22 do Terminal Multiusos do Poço do Bispo (vista do ponto 6).

Figura 3.4-26 - Principais usos do solo na envolvente da área em estudo, junto ao Terminal Multiusos do Poço do Bispo, no Beato
Adaptado de (Google Earth, 2016)

A área em estudo localiza-se na Rua Amigos de Lisboa (Figura 3.4-27), junto à qual se situa o Centro de Formação Profissional da Indústria Metalúrgica e Metalomecânica (CENFIM) e a Sociedade Geral de Projetos Imobiliários e Serviços Sgps, SA, localizados na envolvente imediata da área em estudo. Na parte final da área em estudo verifica-se sobretudo a existência de áreas industriais, nomeadamente relacionadas com as atividades portuárias no local e envolvente (Figura 3.4-28).

Figura 3.4-27 – Vista dos pontos 4 e 5 do local de início da construção do troço em vala

Figura 3.4-28 - Envolvente da área em estudo, pontos 6 (à esquerda) e 7 (à direita)

Zona 6B – Calçada Dom Gastão

Na envolvente à área em estudo, junto à Calçada Dom Gastão, a ocupação do solo corresponde essencialmente a 1) tecido urbano, a oeste, 2) áreas industriais, a norte, com alguns dos edifícios abandonados e 3) zona com atividades portuárias junto ao estuário do Tejo, existindo ainda uma via rodoviária (Avenida Infante D. Henrique) na envolvente (Figura 3.4-29).

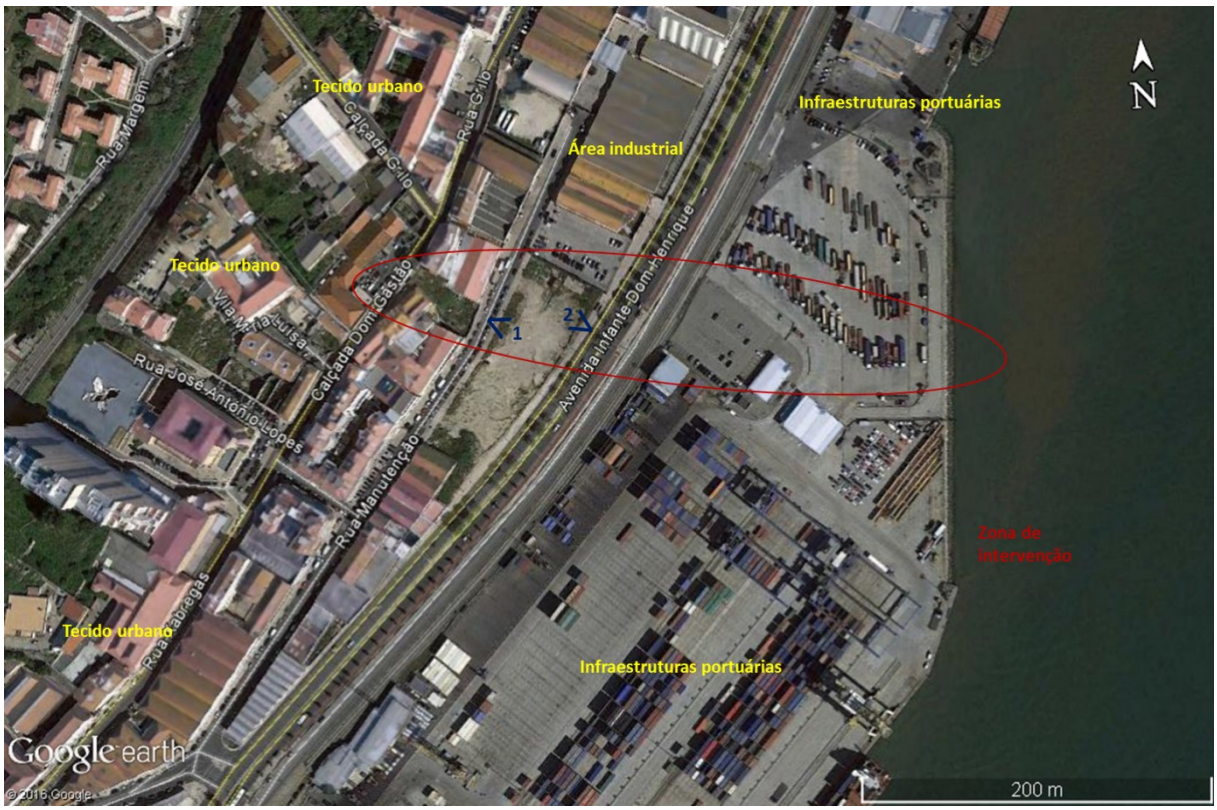


Figura 3.4-29 - Principais usos do solo na envolvente da área em estudo, na envolvente da Calçada Dom Gastão, no Beato

Adaptado de (Google Earth, 2016)

A área em estudo localiza-se junto à Calçada D. Gastão, atravessando posteriormente um local sem ocupação até à zona do Porto de Lisboa (Figura 3.4-30, à esquerda), ocupada por infraestruturas portuárias. Na zona importa ainda salientar a via rodoviária existente, a Avenida Infante D. Henrique, bem como a ciclovia adjacente a esta (Figura 3.4-30, à direita). Junto ao estuário do rio Tejo, as atividades na zona terrestre correspondem a atividades portuárias.

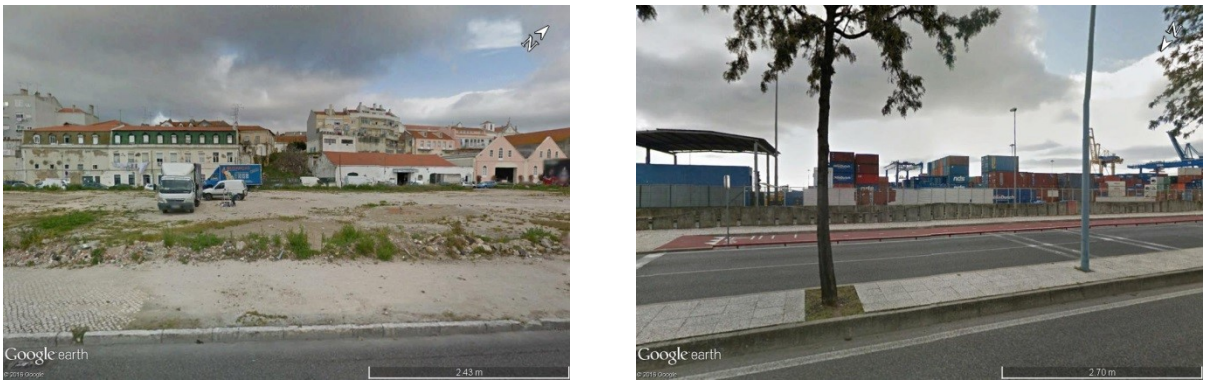


Figura 3.4-30 - Envolvente da área em estudo junto à Calçada Dom Gastão, pontos 1 (à esquerda) e 2 (à direita)

Fonte: (Google Earth, 2016)

Zona 6C – Rua do Grilo

À semelhança do que se verifica junto à Calçada Dom Gastão, também na área em estudo na envolvente da Rua do Grilo, a ocupação do solo corresponde essencialmente a áreas industriais, com alguns dos edifícios abandonados e zona com atividades portuárias, existindo ainda áreas de tecido urbano e vias rodoviárias (salienta-se a Avenida Infante D. Henrique) na envolvente (Figura 3.4-31).

Figura 3.4-31 - Principais usos do solo na envolvente da área em estudo, na envolvente da Rua do Grilo, no Beato
Adaptado de (Google Earth, 2016)

A área em estudo localiza-se em frente à Igreja e antigo Convento do Grilo, aproveitando o desnível existente. Como se pode ver na Figura 3.4-32 o local encontra-se atualmente sem ocupação, atravessando depois uma zona industrial com edifícios, na generalidade, atualmente desocupados e degradados (Figura 3.4-33, esquerda).

Na zona importa ainda salientar a via rodoviária existente, a Avenida Infante D. Henrique, bem como a ciclovia adjacente a esta (Figura 3.4-33 à direita). Junto ao rio Tejo, as atividades na zona terrestre correspondem a atividades portuárias, atualmente com utilização para estacionamento, na zona a intervencionar, não existindo atividades portuárias em funcionamento no estuário.

Figura 3.4-32 - Zona de início do túnel em vala, na direção do ponto 1

Adaptado de (Google Earth, 2016)

Figura 3.4-33 - Edifícios localizados na envolvente da área em estudo junto à Rua do Grilo (à esquerda) e zona de ciclovia e parque de estacionamento (à direita)

Fonte: (Google Earth, 2016)

Zona 6D – Doca do Poço do Bispo

A área em estudo é semelhante à já caracterizada para a Zona 6A, existindo após a passagem da Avenida Infante Dom Henrique o desvio para norte, até à Doca do Poço do Bispo.

A área em estudo localiza-se junto à Doca do Poço do Bispo e insere-se integralmente numa área cuja ocupação do solo (Figura 3.4-1) se classifica como área de indústria, comércio e transportes, que se refere essencialmente às atividades portuárias e infraestruturas rodoviárias existentes no local.

Na Figura 3.4-26 apresenta-se a área em estudo para a zona do Beato, com início na Rua Amigos de Lisboa e término junto à Doca do Poço do Bispo.

Figura 3.4-34 - Principais usos do solo na envolvente da Doca do Poço do Bispo, no Beato

Adaptado de (Google Earth, 2016)

Dos pontos de vista representados no ortofotomapa importa referir os pontos 9 e 10 (Figura 3.4-35) que correspondem à zona final da área em estudo e que constituem a distinção entre a área em estudo para as Alternativas TCB1 e TCB4.

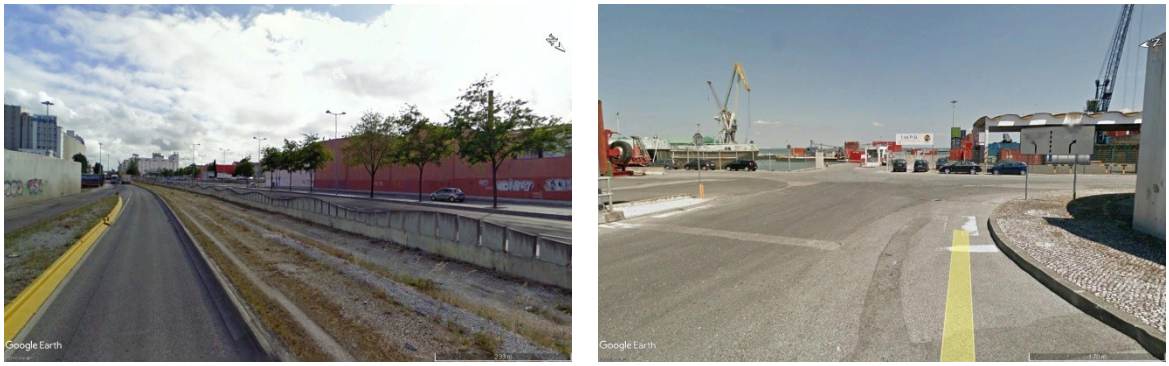


Figura 3.4-35 - Envolvente da área em estudo, pontos 8 (à esquerda) e 9 (à direita)

Fonte: (Google Earth, 2016)

Para norte e na parte final da área em estudo verifica-se sobretudo a existência de áreas industriais, nomeadamente relacionadas com as atividades portuárias existentes na envolvente. Por outro lado, na localização considerada para a descarga no estuário do Tejo não existem atividades portuárias ativas, ocorrendo as mesmas na envolvente.

3.5 HIDROLOGIA, DRENAGEM E QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

No que respeita à hidrologia considera-se neste subcapítulo a caracterização das bacias hidrográficas realizada no PGDL, onde se incluem os Sistemas de Alcântara e Sistema de Chelas, nos quais se localizam as áreas em estudo consideradas no presente EIA. Ainda com base na informação constante no PGDL, procedeu-se à caracterização do sistema recetor das águas pluviais encaminhadas pelos túneis.

3.5.1 Bacia hidrográfica

Segundo o PGDL 2016-2030, a orografia do terreno determina três grandes bacias hidrográficas que estão na base dos sistemas de drenagem do concelho de Lisboa: Alcântara, Beirolas e Chelas. A bacia hidrográfica da ribeira de Alcântara tem as suas cabeceiras nos concelhos da Amadora e de Oeiras; a bacia de Beirolas abrange parte do concelho de Lisboa e do concelho de Loures e a de Chelas abrange apenas o concelho de Lisboa. A estas três grandes bacias hidrográficas e sistemas devem adicionar-se as Bacias Adjacentes que drenam para os concelhos de Odivelas e Loures, e a Zona Ribeirinha, junto ao Tejo (Figura 3.5-1) (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

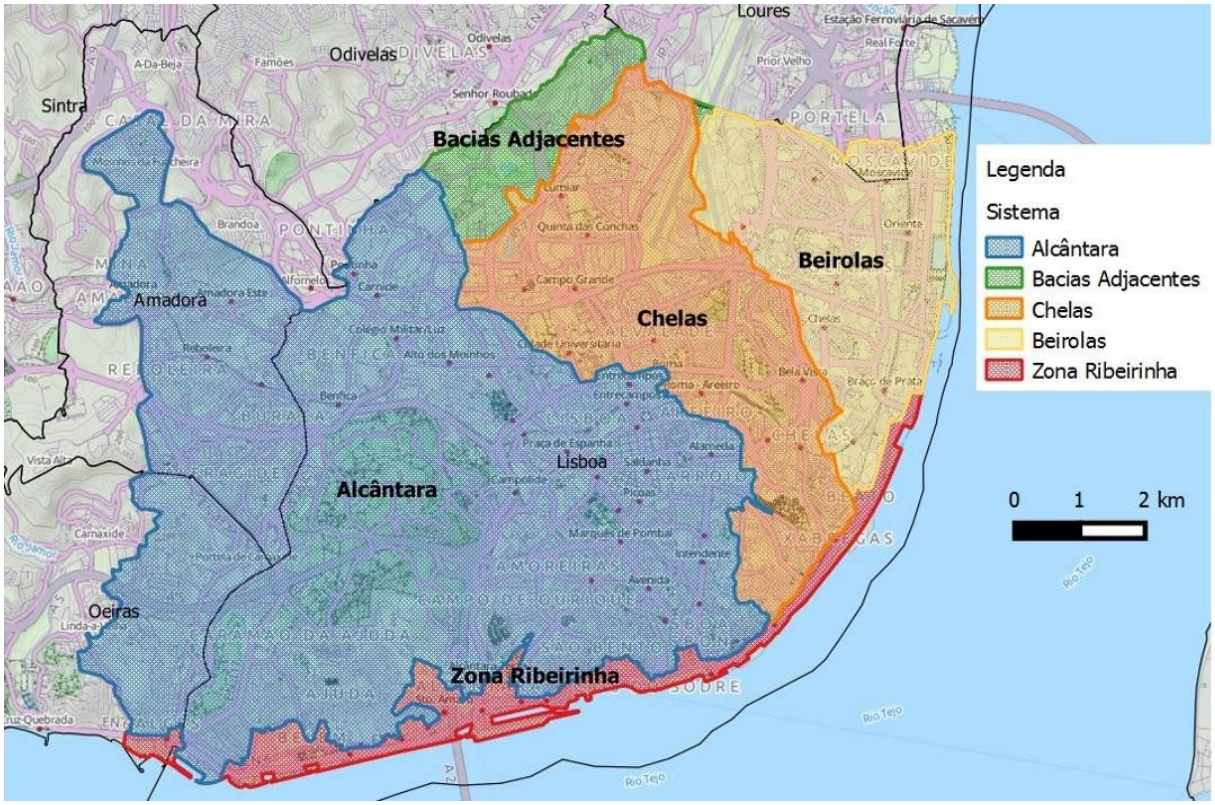


Figura 3.5-1 - Bacias hidrográficas no concelho de Lisboa

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2015)

Os cinco sistemas de drenagem acima referidos dividem-se no conjunto de bacias de drenagem apresentado na Figura 3.5-2. A rede de drenagem de Lisboa integra, assim, vinte e uma bacias hidrográficas principais, codificadas de A a R e quatro bacias adjacentes (de S a V) que drenam para concelhos vizinhos. A Zona Ribeirinha corresponde à bacia R. O Quadro 3.5-1 apresenta as áreas de cada uma destas bacias de drenagem (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

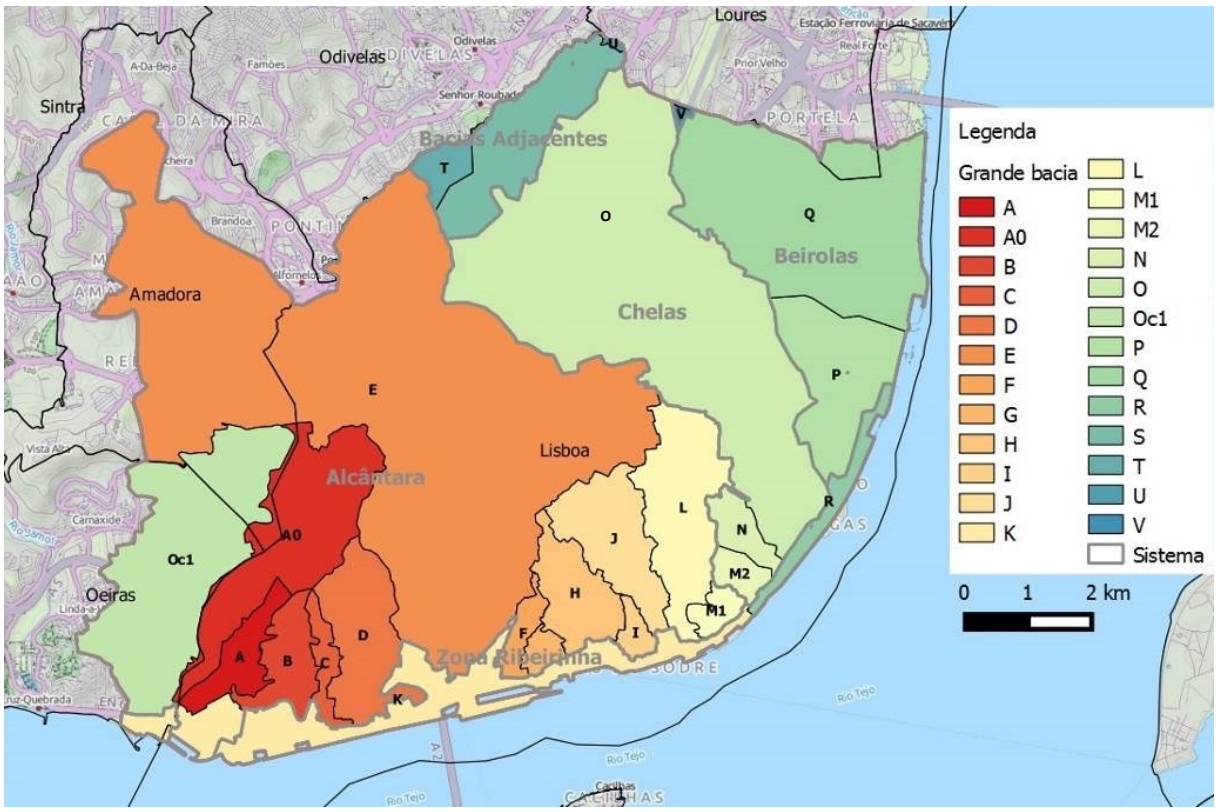


Figura 3.5-2 - Grandes bacias e bacias integradas na rede de drenagem de Lisboa

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2015)

Quadro 3.5-1 - Área das bacias de drenagem da rede de drenagem de Lisboa

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2015)

Sistema	Bacia de drenagem	Área da bacia (ha)				
		Lisboa	Amadora	Loures	Oeiras	Total
Alcântara	A	119				119
	A0	431	32		17	480
	B	138				138
	C	61				61
	D	273				273
	E	2257	942			3199
	F	55				55
	G	35				35
	H	179				179
	I	37				37
	J	250				250
	K	486			28	515
	L	347				347
	M1	46				46
	Oc1		157		582	739
	Total	**4714**	**1131**		**627**	**6473**
Chelas	M2	52				52
	N	76				76
	O	1851				1851
	Total	**1979**				**1979**

Sistema	Bacia de drenagem	Área da bacia (ha)				
		Lisboa	Amadora	Loures	Oeiras	Total
Beirolas	P	338				338
	Q	902		49		951
	Total	**1240**		**49**		**1289**
Beirolas/Chelas (Ribeirinha)	R	94				94
Bacias Adjacentes	S	331				331
	T	59				59
	U	4				4
	V	7		1		8
	Total	**401**		**1**		**402**
PGDL	**Total**	**8428**	**1131**	**50**	**627**	**10 239**

Como referido, o TMSA e o TCB estão integrados no Sistema de Alcântara e Sistema de Chelas, respetivamente, pelo que, de seguida, se procede à caracterização destes sistemas de drenagem.

Sistema de Alcântara

O sistema de drenagem de Alcântara serve atualmente populações dos concelhos de Oeiras, Amadora e Lisboa, sendo os respetivos efluentes conduzidos para a ETAR de Alcântara. A Figura 3.5-3 apresenta uma planta do Sistema de Alcântara em que se identificam as zonas alta e baixa, bem como as frentes de drenagem da zona baixa: Algés-Alcântara, Cais do Sodré-Alcântara e Terreiro do Paço-Alcântara. Este sistema engloba as bacias de A a M1 e respetivas bacias ribeirinhas (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

A rede de coletores e intercetores que constitui o sistema de Alcântara apresenta, na sua maioria, trechos unitários, embora também existam trechos pseudo-separativos e separativos (nomeadamente na área do Pólo Universitário da Universidade Técnica de Lisboa, na Ajuda; na Rua da Boavista e na Rua de S. Paulo, localizadas junto ao Cais do Sodré). Adicionalmente, a diversidade de infraestruturas que integra, tais como descarregadores e intercetores (destinados a desviar os efluentes domésticos das redes unitárias e conduzi-los ao sistema), instalações elevatórias, condutas elevatórias, sifões invertidos e válvulas de maré, contribui para a elevada complexidade deste sistema (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

Os caudais provenientes da parte norte da cidade e de parte do concelho da Amadora, a denominada "Zona Alta", afluem à ETAR a partir do Caneiro de Alcântara, que corresponde a uma antiga ribeira posteriormente canalizada, responsável pelo transporte não só das águas residuais aí afluentes, mas também de uma componente significativa de caudais pluviais (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

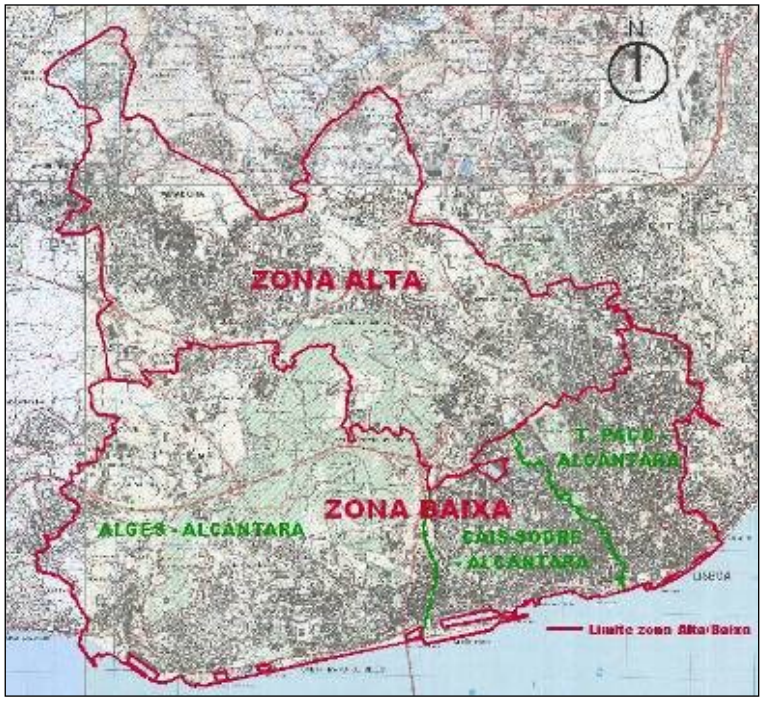


Figura 3.5-3 - Sistema de Alcântara: zona alta e baixa e principais frentes de drenagem da zona base

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2015)

Sistema de Chelas

As sub-bacias de drenagem que compõem o sistema de Chelas desenvolvem-se desde Santa Apolónia (fazendo fronteira com o sistema de Alcântara) até à Travessa do Grilo, onde faz fronteira com o sistema de Beirolas. Este sistema faz ainda fronteira, a norte, com as bacias que drenam para o Concelho de Odivelas, e a sul, com a zona ribeirinha, onde as redes pluviais ligam à Bacia R. Com uma área total de drenagem com 26.2 km², o sistema de Chelas é o único, dos três sistemas que servem a cidade de Lisboa, que drena apenas caudais do concelho e que não recebe caudais provenientes de concelhos vizinhos (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

A rede de coletores que constitui o sistema de Chelas apresenta, na sua maioria, trechos unitários, embora também existam trechos pseudo-separativos e separativos, nomeadamente na zona designada por Alta de Lisboa (Ameixoeira, Charneca e Lumiar) e em Chelas. Adicionalmente, a diversidade de infraestruturas que integra, tais como descarregadores, destinados a desviar os efluentes domésticos das redes unitárias e conduzi-los aos intercetores (infraestruturas que pertencem ao sistema "em alta") ou aos sistemas elevatórios (também pertencentes ao sistema "em alta"), contribui para a elevada complexidade desta Bacia (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

Os caudais separativos provenientes da zona designada por Alta de Lisboa drenam para coletores unitários da Alameda das Linhas de Torres e parte dos pluviais para a Av. Santos e Castro. Daqui, estes caudais drenam graviticamente para os coletores unitários do Campo Grande, Entre Campos, Av. Estados Unidos da América e Vale de Chelas. Também as redes separativas de Chelas estão ligadas a infraestruturas unitárias (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

A montante da ETAR de Chelas existem descarregadores que fazem a separação de caudais. Os caudais domésticos são conduzidos ao intercetor graviticamente e daqui para a ETAR e os caudais pluviais seguem pela "canalização" da ribeira e são descarregados no rio Tejo. À ETAR de Chelas afluem também caudais, por intermédio de sistemas elevatórios, pertencentes a outras bacias. Assim, este sistema é composto não só pela bacia de drenagem O, que encaminha os seus caudais

naturalmente para a ETAR, como também pelas bacias M2 e N, cujos efluentes são bombeados. Na Figura 3.5-4 apresentam-se as principais bacias e sub-bacias de drenagem do sistema de Chelas (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

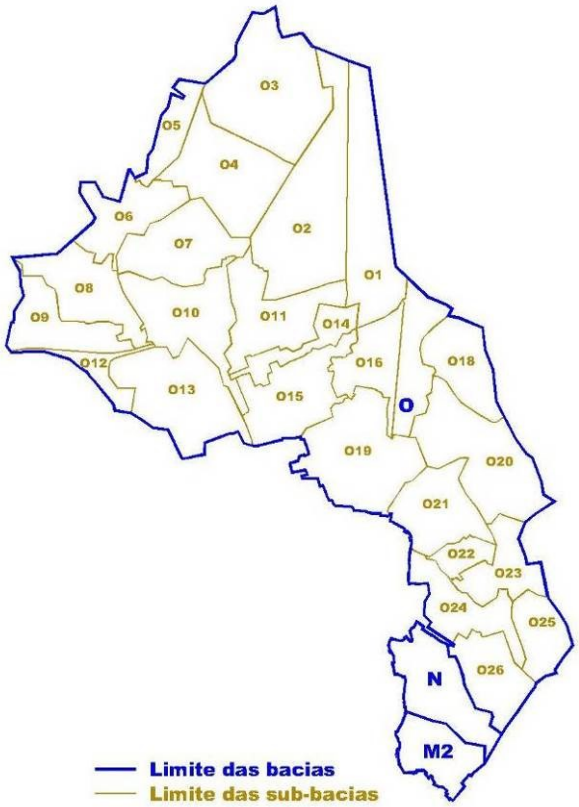


Figura 3.5-4 - Sistema de Chelas: principais bacias de drenagem (M2, N e O) e sub-bacias

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2015)

O tratamento dos efluentes domésticos desta bacia é realizado na ETAR de Chelas, que foi projetada para servir uma população total de 225 000 habitantes equivalentes, com um caudal máximo de cerca de 1.7 m^3/s. Os caudais médios atuais são, no entanto, significativamente inferiores (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

A rede principal que constitui o Sistema de Chelas, modelada no âmbito do PGDL, inclui cerca de 55 km de coletores. Em termos de drenagem pluvial, estas três Bacias, M2, N e O não são convergentes, uma vez que cada uma delas tem descarga própria para o rio ou para a bacia de drenagem de jusante, a bacia R (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

3.5.2 Principais eventos pluviosos em Lisboa

3.5.2.1 Evolução dos eventos pluviosos no século XX

Na cidade de Lisboa ocorrem, com bastante frequência, inundações que não se relacionam com o transbordo de cursos de água a céu aberto e que se podem classificar de urbanas, por ocorrerem em tecido urbano impermeabilizado, e rápidas, pela velocidade de formação e propagação (P. E. Oliveira & Ramos, 2002).

No sentido de perceber as implicações da melhoria do sistema de drenagem artificial após os anos 60 na cidade de Lisboa, Oliveira (2003b) analisou a ocorrência de inundações ao longo de um período de 80 anos (1918/19-1997/98), tendo sido possível obter algumas conclusões acerca da frequência anual destes eventos, bem como da localização das zonas com maior registo de inundações na cidade de Lisboa, neste período.

O estudo da temática das inundações urbanas na cidade de Lisboa tem vindo a ser desenvolvido pelo autor nos últimos anos (P. E. Oliveira, 2003a). Na investigação já realizada estudaram-se as inundações, com origem em precipitações intensas, ocorridas na cidade no período de 80 anos, compreendido entre 1918/1919 e 1997/98. Uma das conclusões foi a da efetiva melhoria que se verificou no sistema de drenagem de águas residuais e pluviais na cidade a partir do início da década de 70, facto que levou a que as inundações passassem a ocorrer mais pontualmente no tempo e de uma forma mais localizada no espaço.

Ao utilizar os mesmos parâmetros espaciais, Oliveira (2003b) destinou-se a comparar o longo período de 80 anos com os últimos 28 anos do período em estudo (1970/71-1997/98) no qual ocorreu grande parte de tal melhoria. Para tal, foram identificados os locais inundados a respetiva frequência das inundações de cada local e a respetiva distribuição espacial, segundo a metodologia descrita em (P. E. Oliveira, 2003a).

O levantamento das inundações foi realizado com base numa pesquisa da imprensa diária, complementada por uma lista de dias em que a precipitação diária foi igual ou superior a 10 l/m^2. Esta seleção de datas foi efetuada a partir dos registos da precipitação referentes à estação climatológica de Lisboa/Instituto Geofísico.

A irregularidade na variação interanual no número de inundações ao longo dos 80 anos é bem patente na Figura 3.5-5. Todavia, é possível dividir o período de 1918/19-1997/98 em três subperíodos: I de 1918/19 a 1934/35, II de 1935/36 a 1969/70 e III de 1970/71 a 1997/98.

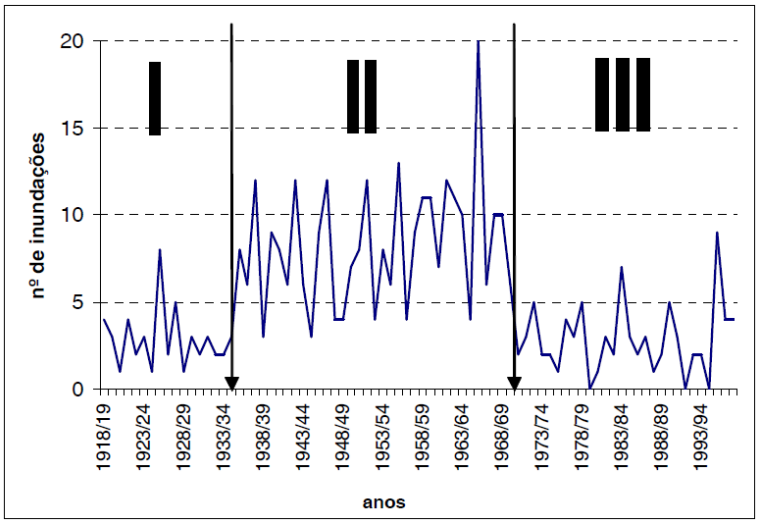


Figura 3.5-5 - Tendência evolutiva das inundações/ano na cidade de Lisboa, entre 1918/19 e 1997/98

Fonte: (P. E. Oliveira, 2003b)

Os subperíodos I e III, apesar de apresentarem baixas frequências, distinguem-se pelo facto de o primeiro ser mais curto e apresentar uma amplitude de variação menor, oscilando entre 1 e 5 ocorrências por ano, enquanto que no terceiro (III), mais extenso, o número de inundações por ano varia entre 0 e 7. No período II, a amplitude de variação oscila entre 3 e 20 inundações anuais. Na figura seguinte representam-se as zonas da cidade com ocorrência de maior número de inundações, considerando o período completo em estudo, ou seja, entre 1918/19 e 1997/1998:

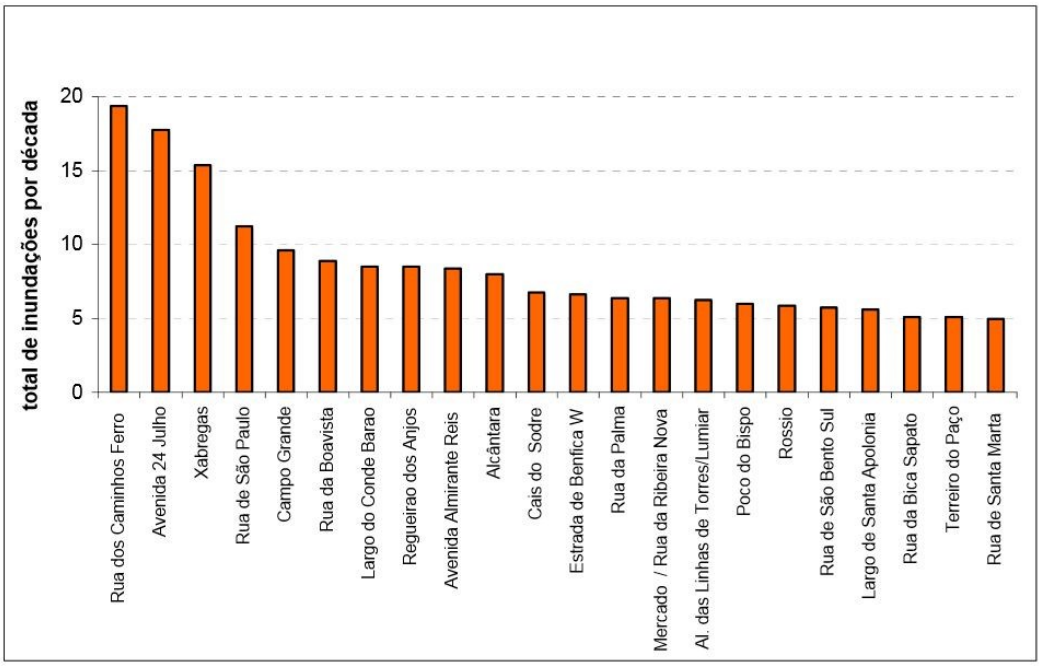


Figura 3.5-6 - Total de inundações nos locais de maior perigosidade da cidade de Lisboa: entre 1918/19 e 1997/98

Fonte: (P. E. Oliveira, 2003b)

As chuvadas que estiveram na origem das inundações foram caracterizadas através de quatro parâmetros distintos: duração da chuvada, valor total da chuvada, precipitação máxima horária e hora de ocorrência desta.

No Quadro 3.1-3 estão representados os episódios em que se registaram os valores mais elevados dos três parâmetros pluviométricos, nomeadamente: valor total da chuvada > 50 l/m^2, duração superior a 4h e precipitação máxima horária > 15 l/m^2. Destaca-se o facto de três dos doze episódios terem ocorrido em 1997, ultimo ano do período em análise.

Quadro 3.5-2 - Inundações com origem em precipitações de grande magnitude na cidade de Lisboa

Fonte: (P. E. Oliveira & Ramos, 2002)

Data da ocorrência	Valor Total (l/m^2)	Duração (h)	P. Máx. Horária (l/m^2/h)	P. Máx. Horária em relação ao valor total	Precipitação média horária %) (l/m^2)
23/09/43	62.4	11	23.7	38	5.7
22/01/59	55.8	11	18.8	32	5.3
10/10/62	63.7	5	30.2	47	12.7
14/10/65	53.6	8	24.5	46	6.7
25/11/67	88.6	14	26.1	29	6.3
09/01/69	77.0	13	17.5	23	5.9
31/01/72	51.0	8	15.8	31	6.4
10/02/79	67.8	11	38.1	56	6.2
19/11/83	95.1	12	35.1	37	7.9
18/05/97	52.5	6	28.8	55	8.8
18/10/97	84.9	5	42.6	50	17.0
02/11/97	87.8	8	36.1	41	11.0

A Figura 3.5-7 representa a evolução do total de inundações e do total de precipitação anual, assim como as respetivas tendência ao longo do período de 80 anos.

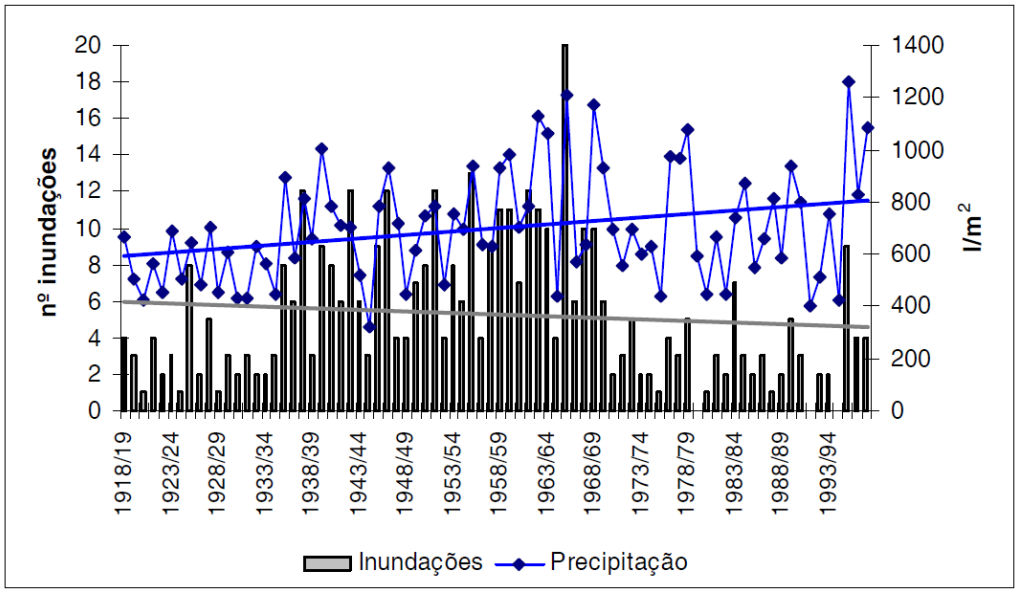


Figura 3.5-7 - Tendência evolutiva da precipitação anual e do total de inundações por ano em Lisboa – Instituto Geofísico, entre 1918/19 e 1997/98

Fonte: (P. E. Oliveira, 2003b)

A tendência revelam, por um lado, uma ligeira diminuição do número de inundações por ano, e por outro, um ligeiro aumento dos valores do total anual de precipitação, entre 1918/19 e 1997/8.

Comparando os períodos estabelecidos a partir da Figura 3.5-5 com a informação contida na Figura 3.5-7, nota-se que no subperíodo I, o menor número de inundações por ano está relacionado com menores totais anuais de precipitação; no subperíodo II, além do forte aumento e da relação entre o total anual de precipitação e a frequência de inundações, ocorreram também anos de precipitação não muito elevada mas com considerável número de inundações; no subperíodo III, pelo contrário, os anos de elevados totais anuais registaram frequências menores de inundações. O principal desvio à tendência acima referida verifica-se, assim, no subperíodo III, em que ocorreu uma diminuição nítida do número de inundações por ano, não se tendo verificado essa diminuição nos valores de precipitação anual. Este facto mostra que as várias intervenções no sistema de saneamento da cidade e a maior eficácia da recolha de lixos e entulhos que obstruíam frequentemente as sarjetas, levaram a uma melhoria da sua capacidade de vazão, diminuindo mas não resolvendo o fenómeno das inundações. É este último subperíodo que se irá comparar seguidamente com o período de referência (80 anos).

Locais mais afetados pelas inundações

A área estudada refere-se ao conjunto das bacias de drenagem, cujas superfícies se encontram totalmente envolvidas pelo limite administrativo da cidade, à exceção da bacia da Rua de Alcântara, que extravasa esses limites, na sua secção noroeste. Por tal motivo, a totalidade da área da bacia da Rua de Alcântara foi apenas considerada, na análise das bacias e redes de drenagem, para efeitos de cálculo dos respetivos parâmetros morfométricos.

Foram assim excluídas deste estudo as seguintes áreas: vertente ocidental da Serra de Monsanto, que pende para o vale da Rª de Algés; as secções das bacias que correm para norte em direção à Rua de Odivelas, nomeadamente as áreas da Colina

do Sol, Pontinha e Calçada de Carriche; todo o nordeste da cidade a norte da Avenida Marechal Gomes da Costa, por ter uma ocupação urbana relativamente recente.

Em 1918, a quase totalidade da área em estudo, já se encontrava construída. Apenas estavam por urbanizar: o troço da Avenida Almirante Reis a norte da Praça do Chile (Bairro dos Atores), a Avenida Gago Coutinho e o Bairro de Alvalade.

A lista dos locais inundados foi elaborada a fim de se obter uma informação o mais rigorosa possível, extirpando repetições ou imprecisões de localização, tendo-se recorrido ao levantamento de campo para a resolução de certas dúvidas, sempre que se revelou necessário. Foram também tidas em consideração as mudanças de nome das ruas e uniformizada a informação tendo por base as atuais designações. Depois de efetuadas todas estas correções, obtiveram-se 1077 locais inundados em Lisboa. No período 1918/19-1997/98 a fim de eliminar possíveis situações aleatórias de alagamento, foram apenas selecionados os locais inundados mais de 2 vezes (505) do conjunto dos 1 077 locais inundados. Dos 505 locais selecionados, apenas 115 (23%) foram inundados no período 1970/71-1997/98. É de salientar que neste período de 28 anos foram considerados, para o presente estudo, locais que apenas foram inundados uma só vez entre 1970/71-1997/98, mas que o foram mais de duas vezes no período de 80 anos.

A forte diminuição do número de locais inundados está bem patente na Figura 3.5-8: os principais alinhamentos de locais inundados, que praticamente são os mesmos, surgem no período de 28 anos com menos locais, tomando o fenómeno uma distribuição espacial tendencialmente mais pontual.

Os locais mais frequentemente inundados continuam-se a distribuir principalmente: pela Frente Ribeirinha (Alcântara, Av. 24 de Julho, Terreiro do Paço, Santa Apolónia, Caminhos de Ferro e Xabregas); pela Baixa, estendendo-se pelas avenidas Almirante Reis e Liberdade; pelo sector meridional do vale da Rª de Alcântara; pelo Vale de S. Bento; e a partir de Sete Rios pela Estrada de Benfica e ao longo do eixo Rego/Campo Grande/Lumiar (Figura 3.5-8).

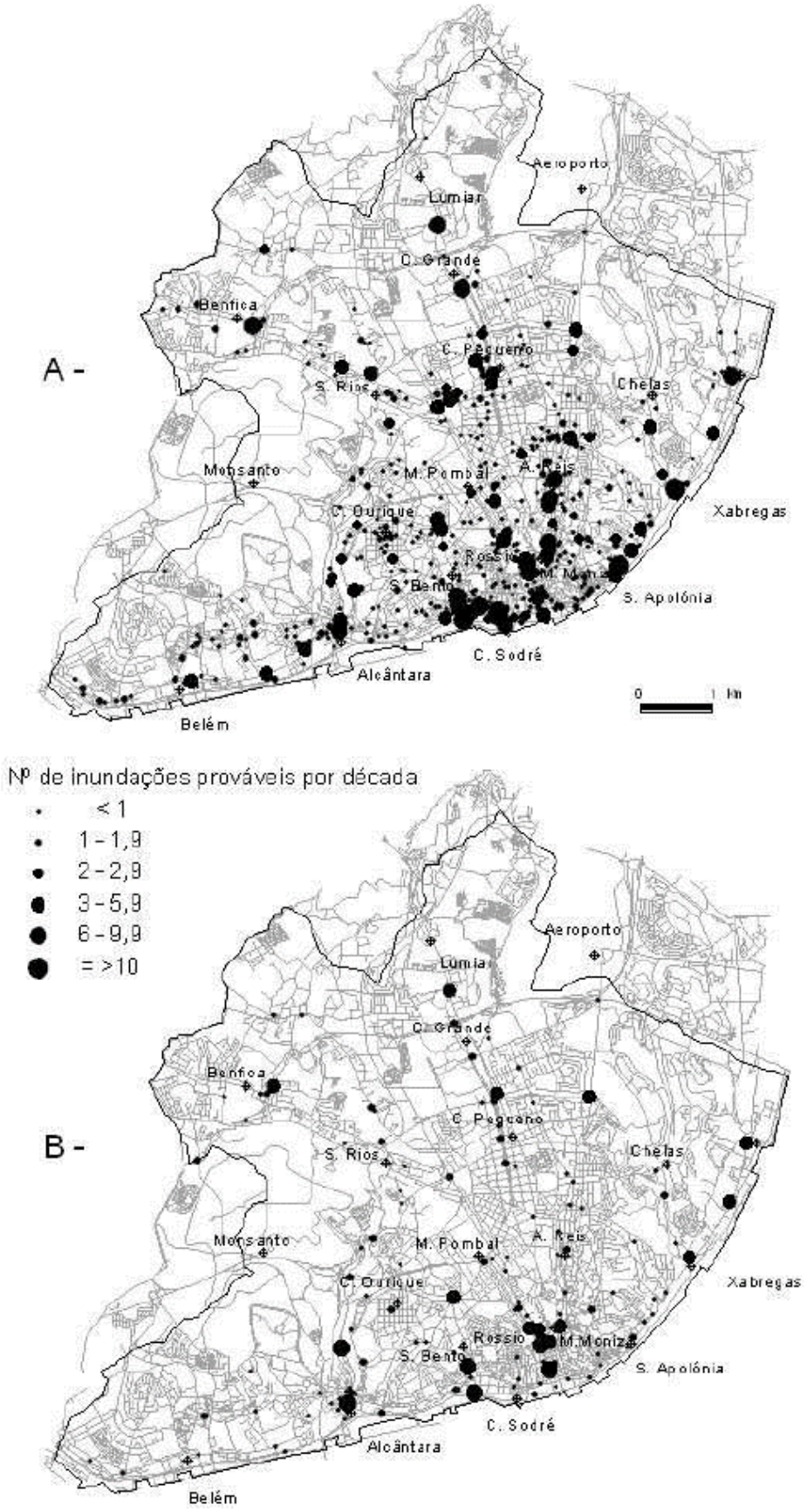


Figura 3.5-8 - Nº de inundações por década em cada local inundado na cidade de Lisboa:

A - (com mais de dois episódios) entre 1918/19 e 1997/98; **B** - entre 1970/71 e 1997/98.

Fonte: (P. E. Oliveira, 2003b)

3.5.2.2 Principais eventos pluviosos ocorridos mais recentemente

Por outro lado, num contexto mais recente, a análise dos principais eventos pluviosos ocorridos em Lisboa desde 2008 permite verificar o desempenho do sistema de drenagem existente (a análise detalhada do sistema de drenagem existente na cidade de Lisboa apresenta-se no subcapítulo 3.5) e avaliar o seu comportamento hidráulico em tempo de chuva, nomeadamente no que diz respeito à suficiência da sua capacidade de drenagem e à caracterização da frequência e dos efeitos das descargas diretas no meio recetor (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

O Quadro 3.5-3 apresenta os valores máximos de precipitação medidos em certos intervalos de tempo e durante os principais eventos pluviosos que ocorreram no concelho de Lisboa, desde 2008.

Quadro 3.5-3 - Principais eventos pluviosos ocorridos no concelho de Lisboa desde 2008[2]

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2015)

Data	Estação	Precipitação (mm)							
		Diária	24h	6h	3h	2h	1h	30 min	10 min
18/02/2008	Lisboa - Geofísico	118.0					36.0		
	Lisboa – Gago Coutinho	129.0	137.8	86.0			30.0		6.0
	Benfica								12.2
	Instituto D. Luiz		102.4				38.7		
19/10/2008	Lisboa – Gago Coutinho	26.8							
15/04/2010	Lisboa - Geofísico	33.0							
30/10/2010	Lisboa - Geofísico	79.4			71.0				
	Instituto D. Luiz		59.7				23.2		
	U6 - ETAR Beirolas		62.6	46.4	40.8	36.4	26.6	12.2	9.4
	U7 -ETAR Chelas		56.4	54.4	51.2	47.2	39.8	33.2	14.8
	U5-Bombeiros Pontinha		73.0	48.8	47.0	42.6	30.0	19.4	11.8
	U4-ETAR Frielas		44.0	40.6	39.4	35	24.2	14.2	9.2
	U3-EE Granja (Frielas)		37.4	35.4	33.8	30.4	22.0	12.2	8.4
	U1-Res. V.Pinheiro (Mafra)		43.6	41.6	25.2	17.8	9.4	5.2	1.8
15/02/2011	Lisboa - Geofísico	21.4							
	U6 - ETAR Beirolas		35.4	13.2	10.8	9.6	6.8	5.2	3.0
	U7 -ETAR Chelas		31.0	20.0	12.0	9.4	7.6	5.2	2.6
	U5-Bombeiros Pontinha		33.0	20.8	13.2	9.6	6.2	4.0	3.2
	U4-ETAR Frielas		29.9	12.6	10.0	7.2	5.6	4.4	2.0
	U3-EE Granja (Frielas)		29.1	12.0	8.8	7.8	6.0	5.0	2.4
	U1-Res. V.Pinheiro (Mafra)		36.6	20.2	14.6	10.6	7.8	6.2	3.2
19/04/2011	Lisboa - Geofísico	39.5							
	U6 - ETAR Beirolas		29.6	12.2	12.2	12.2	11.8	8.4	5.2
	U7 -ETAR Chelas		45.5	27.7	24.6	23.8	21.0	18.0	10.6
	U5-Bombeiros Pontinha		36.2	17.9	16.7	15.6	13.2	9.6	3.6
	U1-Res. V.Pinheiro (Mafra)		40.1	26.8	26.4	19.4	14.4	11.8	4.8
27/10/2011	Lisboa - Geofísico	55.0							
	U6 - ETAR Beirolas		37.4	22.4	19.6	17.4	9.8	6.0	3.2
	U7 -ETAR Chelas		37.2	21.6	19.6	16.0	9.0	6.0	4.2

[2] A precipitação diária registada nos postos udométricos dos postos do IPMA refere-se ao período entre as 9h do dia anterior e as 9h do próprio dia. A precipitação diária do Instituto D. Luiz refere-se ao período das 0h às 24h do próprio dia. As estações U1 a U7 são operadas pela SIMTEJO e medem a intensidade de precipitação de 2 em 2 minutos.

Data	Estação	Precipitação (mm)							
		Diária	24h	6h	3h	2h	1h	30 min	10 min
	U5-Bombeiros Pontinha		48.0	25.4	21.8	18.8	12.2	7.6	6.2
	U4-ETAR Frielas		44.4	28.4	23.0	19.8	11.6	7.2	3.2
	U3-EE Granja (Frielas)		44.0	30.2	22.4	19.2	10.2	6.0	3.0
	U2 -Res. Guerreiros (Loures)		46.8	25.4	22.8	20.6	15.0	10.6	7.0
	U1-Res. V.Pinheiro (Mafra)		61.4	37.0	24.8	16.8	9.2	5.6	3.4
09/11/2011	Lisboa - Geofísico	59.6							
04/11/2012	Lisboa - Geofísico	56.8							
	U6 - ETAR Beirolas		33.2	30.60	25.20	24.40	20.60	13.40	5.00
	U7 -ETAR Chelas		39.0	35.20	27.80	27.00	19.80	12.80	5.80
	U5-Bombeiros Pontinha		31.4	28.80	23.80	23.20	20.00	13.60	5.60
	U4-ETAR Frielas		36.2	33.40	25.00	24.00	20.80	16.40	7.00
	U3-EE Granja (Frielas)		34.4	31.20	21.80	20.20	17.80	13.40	6.00
	U2 -Res. Guerreiros (Loures)		32.6	29.60	17.60	17.00	13.20	10.20	5.60
	U1-Res. V.Pinheiro (Mafra)		17.2	14.80	8.80	8.60	6.60	5.00	2.40
25/11/2012	Lisboa - Geofísico	89.8							
	U6 - ETAR Beirolas		39.5	18.4	14.2	9.2	6.6	3.6	2.2
	U7 -ETAR Chelas		42.0	20.6	17.6	11.4	8.2	6.6	3.0
	U5-Bombeiros Pontinha		42.8	32.6	20.6	13.2	10.0	9.0	7.0
	U4-ETAR Frielas		32.7	21.0	14.8	9.4	6.8	4.0	2.0
	U3-EE Granja (Frielas)		31.8	20.4	13.0	9.4	6.4	3.6	2.0
	U2 -Res. Guerreiros (Loures)		38.0	29.2	20.2	14.4	10.4	7.6	3.8
	U1-Res. V.Pinheiro (Mafra)		31.0	22.4	12.8	9.4	6.0	3.8	1.8
07/12/2012	Lisboa - Geofísico	91.0							
	Lisboa – Gago Coutinho	67.4							
	U6 - ETAR Beirolas		63.8	51.2	35.6	25.8	16.0	5.8	3.8
	U7 -ETAR Chelas		67.6	57.6	40.6	28.6	16.2	9.8	4.0
	U5-Bombeiros Pontinha		59.8	46.4	32.8	23.2	12.4	7.0	2.8
	U4-ETAR Frielas		48.2	32.6	20.8	15.4	10.6	6.8	3.0
	U3-EE Granja (Frielas)		47.6	33.0	20.4	14.6	10.6	5.8	2.6
	U2 -Res. Guerreiros (Loures)		46.4	31.6	20.0	15.8	10.8	6.0	2.8
	U1-Res. V.Pinheiro (Mafra)		56.4	37.2	21.6	14.4	9.8	7.2	4.6
24/10/2013	Lisboa – Gago Coutinho	68.0							
	Lisboa - Tapada	57.2							
	U6 - ETAR Beirolas		70.0	34.6	20.6	18.2	15.6	13.0	6.8
	U7 -ETAR Chelas		86.6	56.4	28.8	28.2	26.2	23.0	12.0
	U5-Bombeiros Pontinha		73.6	45.8	34.6	33.8	29.8	19.4	14.0
	U4-ETAR Frielas		80.0	40.8	29.2	27.4	21.8	13.6	6.2
	U3-EE Granja (Frielas)		79.8	39.2	20.0	18.2	16.6	13.0	6.4
	U2 -Res. Guerreiros (Loures)		66.6	34.8	22.4	22.4	16.6	11.0	6.8
	U1-Res. V.Pinheiro (Mafra)		52.6	25.4	15.8	12.8	9.4	7.8	5.6
22/09/2014	Lisboa - Geofísico				22.4	13.2	10.5		
	Lisboa - Gago Coutinho		43.6	23.0	20.1	18.7	17.3		6.0
	Lisboa - Amoreiras				10.8	8.0	5.3		

Data	Estação	Precipitação (mm)							
		Diária	24h	6h	3h	2h	1h	30 min	10 min
	Lisboa - Baixa				10.8		5.1		
	Amadora				7.4	7.0	6.7		
	Instituto D. Luiz		21.2						
	U6 - ETAR Beirolas		28.4	16.2	16.2	15.6	10.8	8.8	8.0
	U7 -ETAR Chelas		60.2	48.2	46.4	39.2	25.0	15.8	12.0
	U5-Bombeiros Pontinha		42.4	38.0	37.8	37.8	37.0	28.4	13.0
	U4-ETAR Frielas		46.6	38.2	38.2	37.2	31.4	16.2	9.4
	U3-EE Granja (Frielas)		25.0	14.4	14.2	13.6	11.0	8.8	6.8
	U2 -Res. Guerreiros (Loures)		39.0	31.4	31.4	30.6	25.8	14.4	9.2
	U1-Res. V.Pinheiro (Mafra)		30.4	29.8	29.8	29.8	29.4	23.4	10.6
13/10/2014	Lisboa - Geofísico						34.2	29.2	15.6
	Lisboa - Gago Coutinho			36.0			34.0	26.5	12.6
	Instituto D. Luiz		37.4						
	U6 - ETAR Beirolas		33.4	31.0	30.6	29.4	24.4	11.4	10.2
	U7 -ETAR Chelas		35.4	34.4	33.4	32.6	28.8	25.2	15.8
	U5-Bombeiros Pontinha		33.0	27.4	26.0	24.4	19.8	15.4	7.8
	U4-ETAR Frielas		27.0	20.4	18.6	17.6	13.6	9.8	5.8
	U3-EE Granja (Frielas)		34.4	29.2	22.8	19.4	15.2	11.4	8.2
	U1-Res. V.Pinheiro (Mafra)		47.0	30.6	24.4	21.8	16.0	11.0	7.2

Os eventos pluviosos de 22/09/2014 e 13/10/2014 tiveram grande destaque nos meios de comunicação social por terem inundado várias zonas da cidade de Lisboa.

Mediante a previsão de aviso laranja de precipitação para o distrito de Lisboa, durante o dia 22 de setembro de 2014, a cidade registou valores de precipitação horária da ordem dos 17.3 mm/h, em horário coincidente com o pico de preia-mar (3.80 m) o que se traduziu em situações de inundação em diferentes áreas da cidade (CML, 2016a).

A Figura 3.5-9 e a Figura 3.5-10 ilustram algumas das consequências destes dois eventos pluviosos na cidade de Lisboa.

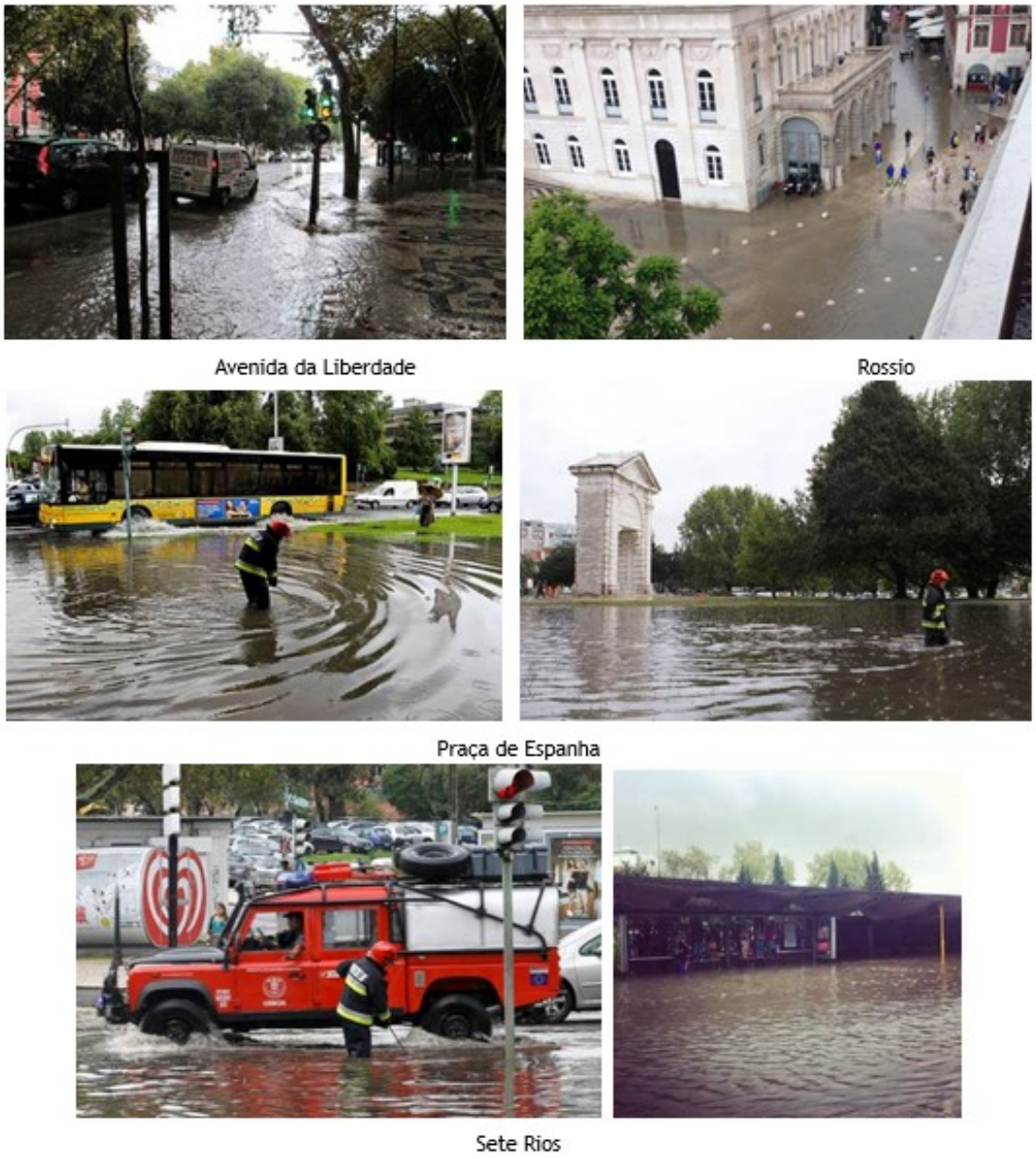


Figura 3.5-9 - Inundações em Lisboa, em 22/09/2014

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2015)

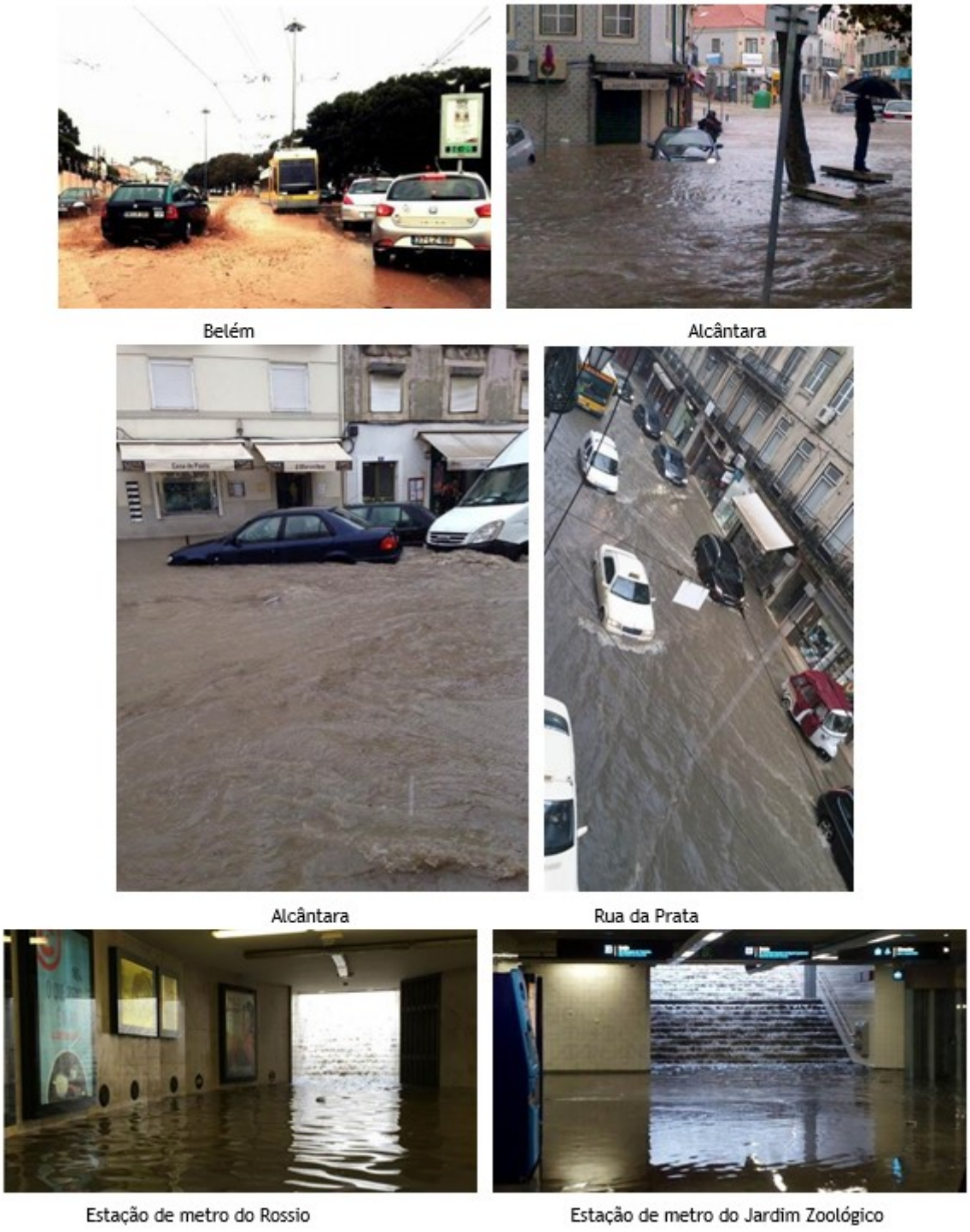


Figura 3.5-10 – Inundações em Lisboa, em 13/10/2014

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2015)

A Figura 3.5-11 mostra os locais de Lisboa mais afetados pelas inundações de 22/09 e 13/10 de 2014. Destacam-se as zonas de Benfica e Campolide, Avenidas Novas, Avenida da Liberdade, Terreiro do Paço, Alcântara e Baixa da cidade, que são consideradas vulneráveis ao risco de inundação pela Câmara Municipal de Lisboa (o risco de inundação é desenvolvido em maior detalhe no Subcapítulo 3.14).

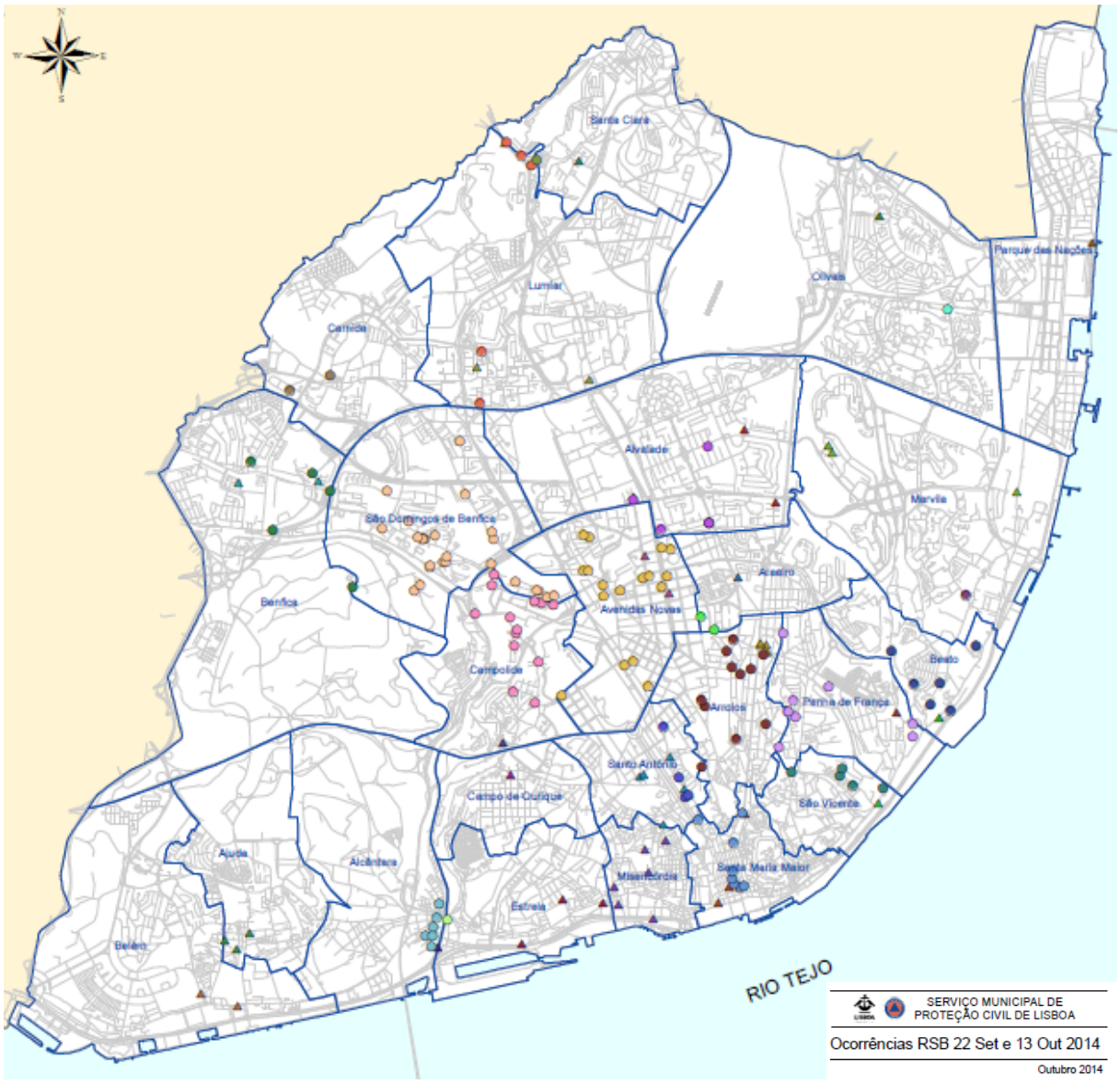


Figura 3.5-11 - Ocorrências de inundações registadas a 22/09 e 13/10 de 2014 em Lisboa

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2015)

Estas inundações provocam prejuízos significativos, sendo que se não houver uma intervenção estrutural na sua resolução não se prevê que a situação melhore, sendo previsível que no caso da evolução sem o projeto (pelas alterações climáticas) se venha a agravar sendo essencial intervir.

3.5.3 Infraestruturas de drenagem

O sistema de drenagem

A Figura 3.5-12 apresenta a rede de drenagem do concelho de Lisboa, que totaliza cerca de 1 430 km. A análise do desempenho da rede foi realizada no âmbito do PGDL (2006-2008) que, dada a extensão da rede e a existência de lacunas significativas de informação sobre o seu estado de conservação, incidiu, em especial, sobre os coletores pluviais e unitários

com diâmetro superior a 1 000 mm e coletores domésticos com diâmetro superior a 500 mm, totalizando 173 km. Esta rede primária está destacada na Figura 3.5-12 a azul (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

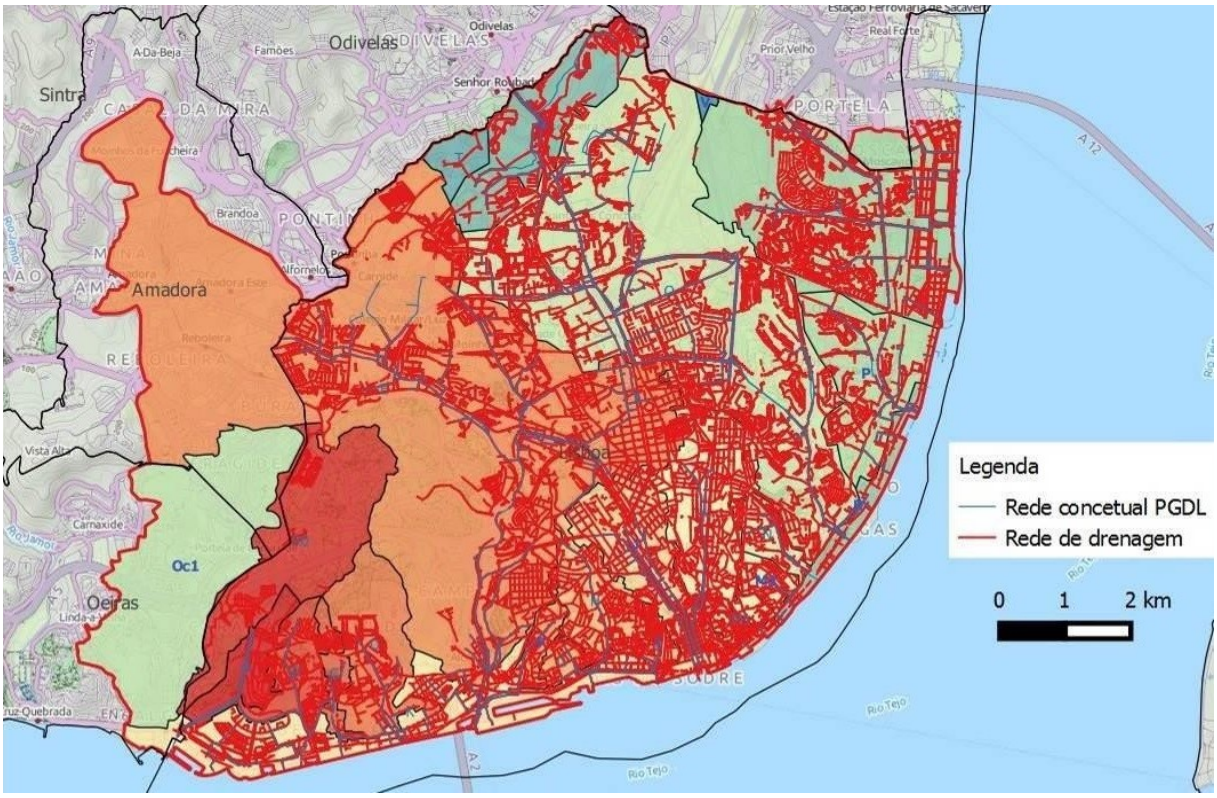


Figura 3.5-12 - Rede de drenagem do concelho de Lisboa

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

O sistema de drenagem da cidade de Lisboa é muito diversificado e complexo. Constituem características que contribuem para a sua complexidade (Consórcio Hidra/Engidro, 2015):

- a existência de núcleos de redes unitárias, redes separativas e redes pseudo-separativas;
- a existência de zonas separativas intercaladas com zonas unitárias – as águas residuais pluviais das redes separativas voltam a ser recolhidas, a jusante, por redes unitárias;
- a existência de redes ramificadas, redes malhadas, e redes pseudo-malhadas, ou seja, redes que se fecham em malha, do ponto de vista do traçado em planta, mas em que os coletores, nos nós, apresentam cotas distintas. Isto significa que, para caudais até certo limite, o sistema comporta-se como ramificado; a partir desse limite, o sistema passa a comportar-se como malhado. Nesta situação, há alteração do conceito de bacia de drenagem (ou limites da bacia de drenagem) consoante o caudal transportado;
- a existência de áreas contributivas de concelhos vizinhos, como Amadora e Oeiras, que assim contribuem com efluentes;
- a influência da maré nas zonas ribeirinhas;
- a existência de coletores de idades muito distintas, de tipos de secção muito diversas e de diferentes materiais (alvenaria de pedra, tijoleira, betão, PVC, PEAD), com ligações e interceções que dificultam a clara compreensão do funcionamento integrado das redes.

O sistema de Lisboa dispõe de descarregadores e intercetores, destinados a desviar os efluentes domésticos das redes unitárias e conduzi-los para o sistema em “alta” (descarregadores de ligação); descarregadores a montante de infraestruturas

especiais, como instalações elevatórias e sifões invertidos, que funcionam como descarregadores de segurança, e descarregadores que só entram em operação a partir de certo limite, para "aliviar" a rede e serem evitadas inundações superficiais (descarregadores de tempestade ou de alívio) (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

O sistema dispõe ainda de diversas instalações elevatórias (cerca de uma dezena de instalações elevatórias principais), pelo menos um sifão invertido, estruturas especiais (como transições de secção) e válvulas de maré, que contribuem para a sua elevada complexidade (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

A SIMTEJO/AdLVT iniciou estudos e intervenções sistemáticas e integradas de beneficiação do sistema, incluindo levantamentos e inspeções (cadastro), monitorização do meio recetor, desenvolvimento de projetos de execução, intervenções de obra e instalação de medidores de caudal (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

As principais características dos coletores existentes em Lisboa, atualmente em funcionamento, constam do Quadro 3.5-4. A informação apresentada inclui a secção tipo da tubagem e o comprimento total da rede da cidade, em função da maior dimensão ou do diâmetro dos coletores.

Quadro 3.5-4 - Características dos coletores existentes em Lisboa

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2015)

Material	Comprimento por dimensão da tubagem em mm (km)									Total (km)
	<500	500 a 1000	1000 a 1500	1500 a 2000	2000 a 2500	2500 a 3000	3000 a 3500	3500 a 4000	>4000	
Saimel	0.03	2.29	3.64	0.43	1.08	0.00	0.00	0.00	0.00	7.47
Cascões	9.86	28.98	0.34	0.10	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	39.36
Secção oval ou ovóide	9.21	157.05	89.21	15.63	8.90	7.71	3.82	2.10	0.22	293.85
Secção em arco abatido	0.00	0.04	0.24	0.35	0.68	1.18	0.84	0.44	0.10	3.88
Secção não conhecida	0.66	2.07	1.25	0.36	1.24	0.11	0.00	0.01	0.00	5.70
Secção retangular	0.00	0.26	0.53	1.38	0.26	0.00	0.00	0.38	0.96	3.77
Secção circular	771.90	203.37	47.66	15.20	3.73	0.80	0.07	0.03	0.00	1 042.81
Total	791.70	394.10	142.90	33.50	15.90	9.90	4.70	3.00	1.30	1 396.8

De acordo com os dados apresentados no PGDL 2016-2030, 26% dos troços foram construídos entre 1946 e 1960 e 68% dos troços são anteriores a 1960, constatando-se assim que a idade da rede é superior a 50 anos em mais de 60% dos troços. A idade média da rede estima-se em cerca de 63 anos.

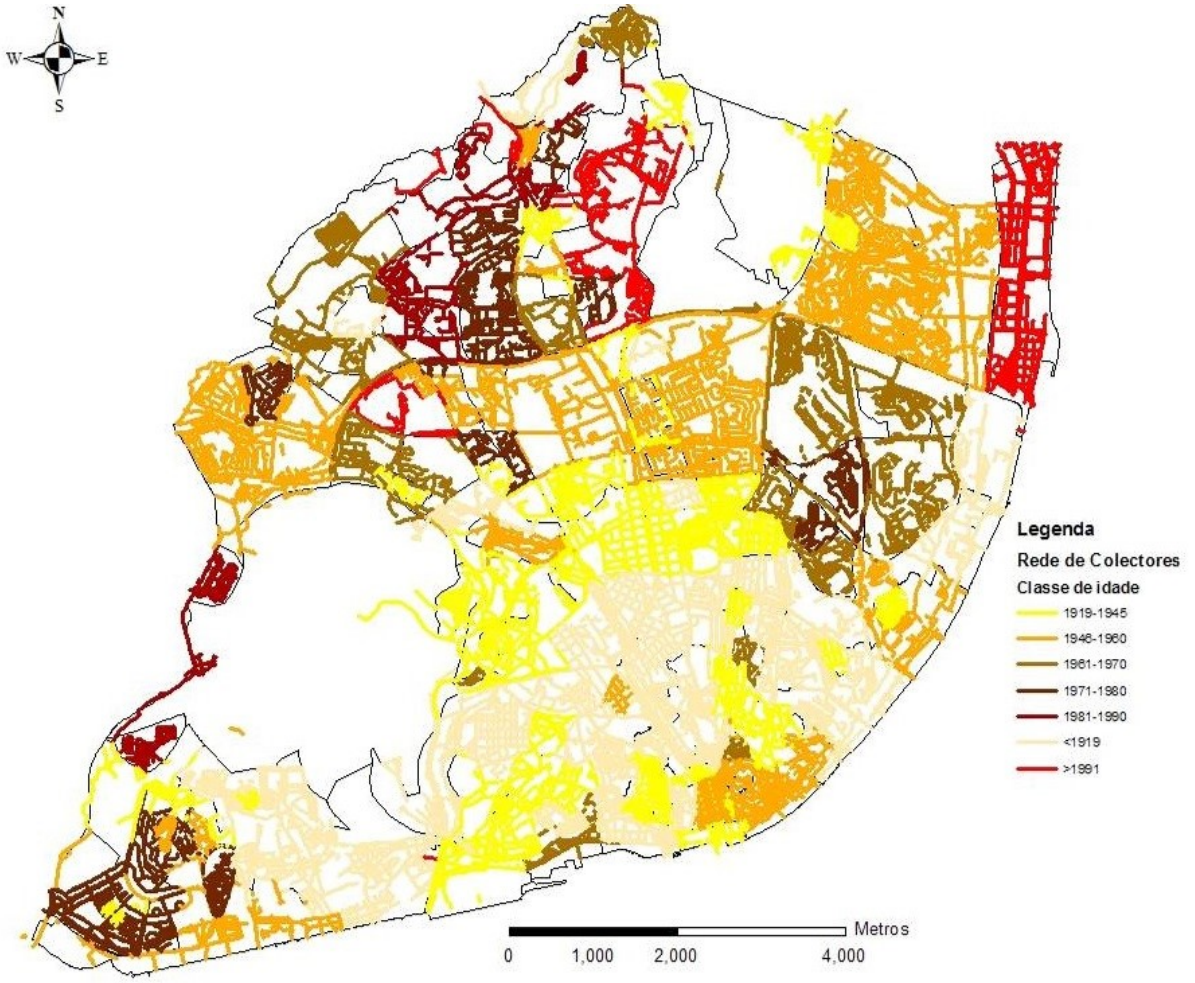


Figura 3.5-13 - Rede de coletores de Lisboa por classe de idade

Fonte: (Chiron, Engidro, & Hidra, 2008)

Capacidade de drenagem e casos de eventos pluviosos recentes

O sistema existente tem diferentes subsistemas, sendo que os seus sistemas de drenagem / coletores foram dimensionados para diferentes períodos de retornos (Figura 3.5-14) e, naturalmente, dispõem de diferentes capacidades de drenagem (Saldanha, Monteiro, & Oliveira, 2015).

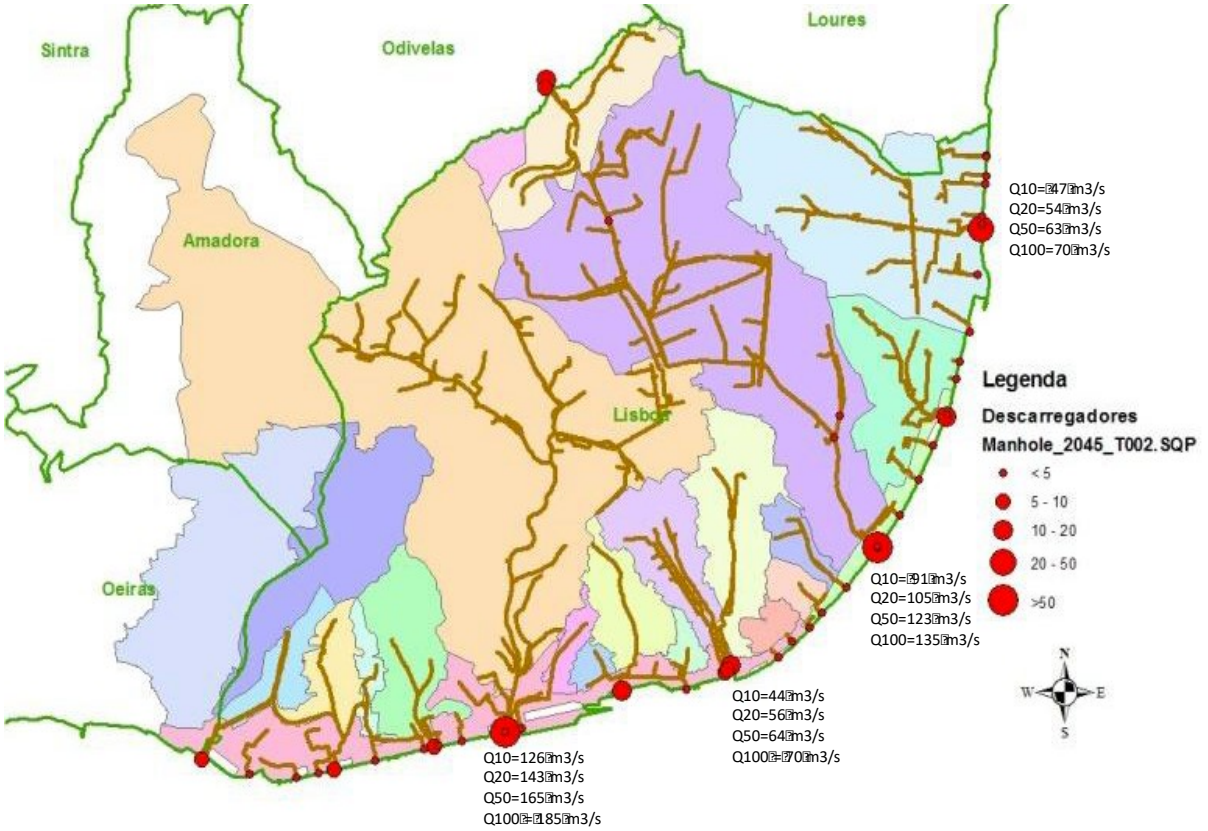


Figura 3.5-14 – Sistema de drenagem e capacidade de drenagem do sistema

Fonte: (Saldanha et al., 2015)

Em 18 de Fevereiro de 2008, a precipitação registada nas diferentes estações meteorológicas na região de Lisboa, foi de 30 a 38 mm em 1 hora, 86 mm em 6 horas e mais de 120 mm em 24 horas. Com estes elevados níveis de precipitação registaram-se inundações com efeitos e perturbações muitíssimo significativas (Figura 3.5-15).

Figura 3.5-15 Inundações em 18 de Fevereiro de 2008

Fonte: (Saldanha et al., 2015)

Em 30 de Outubro de 2010, a precipitação registada nas diferentes estações meteorológicas na região de Lisboa, foi aproximadamente 12-25 mm em 1 hora, 15-25 mm em 2 horas, (na estação do instituto geofísico atingiu 71 mm em 3 horas) e nas outras estações 26 mm em 6 horas. Com estes níveis de precipitação registaram-se inundações com efeitos e perturbações significativas (Figura 3.5-16).

Figura 3.5-16 - Inundações em 30 de Outubro de 2010

Fonte: (Saldanha et al., 2015)

Em 22 de Setembro de 2014, a precipitação registada nas diferentes estações meteorológicas na região de Lisboa, foi de aproximadamente 10-18 mm em 1 h, 15-19 mm em 2 horas, 18-22 mm em 3 horas e 43.6 mm (Lisboa Gago/Coutinho) em 24 horas. Com estes níveis de precipitação registaram-se inundações com efeitos e perturbações significativas (Figura 3.5-17).

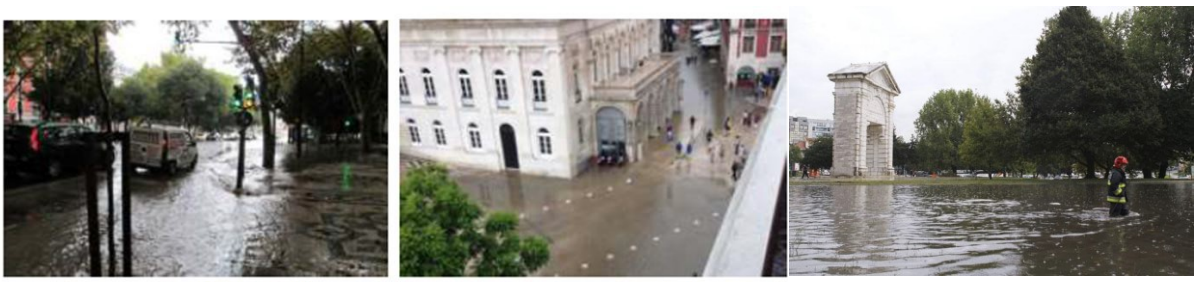


Figura 3.5-17 - Inundações em 22 de Setembro de 2014

Fonte: (Saldanha et al., 2015).

Em 13 de Outubro de 2014, a precipitação registada nas diferentes estações meteorológicas na região de Lisboa, foi de 7-30 mm em 30 minutos, 10-34 mm em 1 hora. Com estes níveis de precipitação elevados em curto período de tempo, registaram-se inundações com efeitos e perturbações significativas (ver figura).

Figura 3.5-18 - Inundações em 13 de Setembro de 2014

Fonte: (Saldanha et al., 2015)

A frequência destes eventos (Figura 3.5-19) dispõe de situações em que ao fim de uma hora o período de retorno é de 5, 10 ou 20 anos. Sendo que existe casos (2014) em que os períodos são inferiores a 10 anos. Estas situações levaram a inundações recentemente, o que evidencia a situação que o sistema de drenagem não assegura a capacidade atualmente, mesmo para períodos de retorno reduzidos.

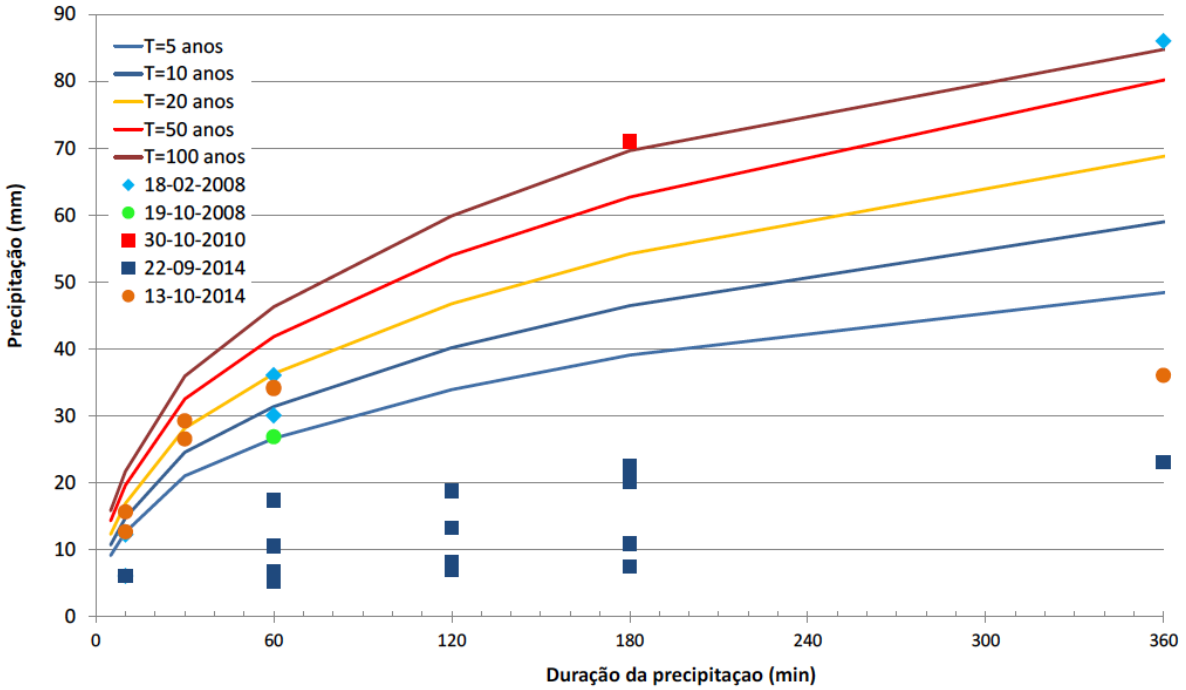


Figura 3.5-19 - Frequência de alguns eventos recentes

Fonte: (Saldanha et al., 2015)

Acresce que a frequência com que esses eventos com maiores efeitos têm vindo a ocorrer, nomeadamente 2008 (prolongando-se por dois dias), 2010 e dois eventos distintos em 2014, sendo um dos valores em que a precipitação atinge quase 30 mm em 30 minutos.

Uma análise dos eventos pluviosos de 18 e 19 de fevereiro de 2008, de 30 de outubro de 2010 e de 22 de setembro de 2014 e 13 de outubro de 2014 revela situações que já dão origem a inundações e danos nas várias zonas da cidade, evidenciando as limitações do existente sistema de drenagem (Saldanha et al., 2015). **Assim, é fundamental a atuação estrutural no sistema para evitar situações de risco, acrescendo que a tendência futura (face aos cenários das alterações climáticas) tenderá a aumentar, desde logo eventos extremos.**

3.5.4 Estuário do Tejo, características e impacte ecológico das ETAR

3.5.4.1 Bacia hidrográfica do Tejo

Considerando as regiões hidrográficas em Portugal na envolvente da zona em estudo localiza-se a região hidrográfica do Tejo (RH5), a qual inclui a bacia hidrográfica do Rio Tejo.

A RH5 é uma região hidrográfica internacional com uma área total de aproximadamente 81 310 km^2, dos quais 25 666 km^2, ou seja 32%, são em território nacional. Dos 25 666 km^2, 748 km^2 correspondem à área do plano de água das massas de água costeiras e de transição. Com base na informação presente no PGRH do Tejo, a bacia hidrográfica do Tejo, mais precisamente a massa de água Rio Tejo PT05TEJ1139, pertence à categoria Águas de Transição do Tipo A2 – Estuário mesotidal homogéneo com descargas irregulares de Rio e diz respeito a uma massa de água classificada como fortemente modificada.

A envolvente da área em estudo do presente projeto (local de descarga dos dois túneis) insere-se mais concretamente na sub-bacia Estuário do Tejo, integrada na grande bacia hidrográfica do Rio Tejo.

3.5.4.2 Estuário do Tejo

O Estuário do Tejo (IST, 2003), é o maior de Portugal e um dos maiores e mais importantes estuários da Europa. Ocupa uma área de cerca de 320 km² e tem um comprimento de cerca de 80 km desde o seu limite superior (perto de Muge) até à sua embocadura (perto de S. Julião da Barra-Bugio). A área submersa varia entre 30 000 ha em marés de águas mortas e 34 000 ha em marés de águas vivas (IST, 2003). As profundidades no Estuário do Tejo variam, aumentando na zona do canal, com valores da ordem dos 30 m. Na Figura 3.5-20, as áreas representadas a azul escuro correspondem às zonas intertidais (Neves, 2010).

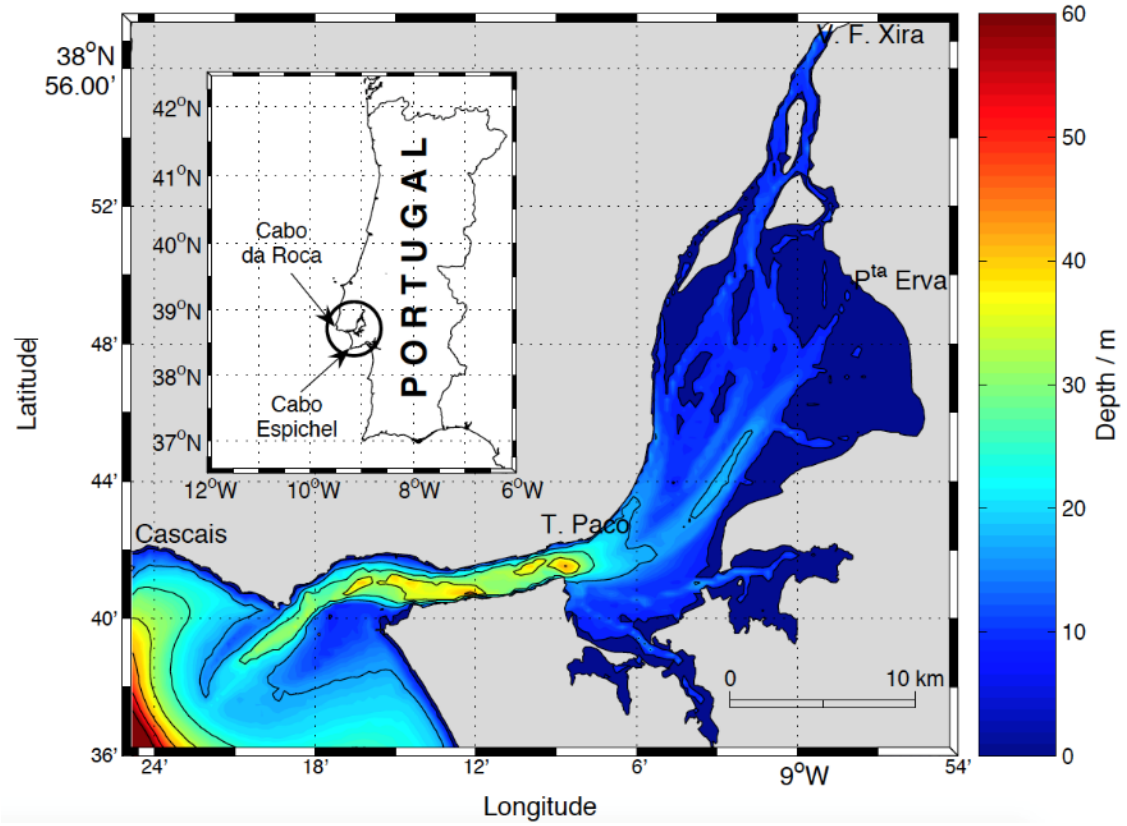


Figura 3.5-20 – Profundidades relativas ao Datum 2 m abaixo do nível do mar em Cascais.

Fonte: (Neves, 2010)

Como referido, a envolvente da área em estudo situa-se no Estuário do Tejo, inserindo-se na sub-bacia Estuário do Tejo. De acordo com a série de escoamentos mensais para regime natural considerado no PGRH Tejo, o escoamento anual médio é de 153 hm³. No quadro seguinte é apresentada a área de drenagem considerada, a precipitação ponderada e escoamento em regime natural médio anual para o Estuário do Tejo (ARH Tejo, 2012).

Quadro 3.5-5 – Caracterização da sub-bacia do Estuário do Tejo

Fonte: (ARH Tejo, 2012)

Sub-bacia	Área (m²)	Precipitação Ponderada (mm)	Escoamento (mm)	Escoamento (hm³)
Estuário do Tejo	1 227	637	126	153

De referir ainda que, por se inserir em águas de transição, nomeadamente tipo A2 - Estuário Mesotidal Homogéneo com descargas irregulares do Rio, este caracteriza-se por um fluxo de água doce grandemente dependente da estação do ano.

Ocorrem episódios intensos de precipitação durante o inverno, pelo que são estuários com uma boa mistura durante todo o ano, com raras ocasiões de estratificação (que apenas ocorre em situações específicas, tais como inundações extremas). A variação/amplitude média da maré tem valores entre 3.3 e 3.8 m e as salinidades anuais médias são de cerca de 20 psu (polihalinas), no Estuário do Tejo. As principais características deste tipo de massa de água de transição são apresentadas no quadro seguinte.

Quadro 3.5-6 - Principais características para o tipo A2 para a categoria águas de transição na RH5

Fonte: (ARH Tejo, 2012)

Tipo	Latitude (°)	Longitude (º)	Regime de Marés (m)	Salinidade (‰)	Mistura
A2 Estuário mesotidal homogéneo com descargas irregulares de Rio	40º37'N–37º09'N	08º43'W–07º23'W	Mesotidal (3.3-3.8 m)	Polihalina (20)	Homogéneo

Hidrodinâmica

O meio hídrico recetor das águas residuais geradas na cidade de Lisboa é o estuário do Tejo, quer diretamente, quer através das linhas de água afluentes. Com uma área molhada que varia entre 300 e 240 km^2, desde a embocadura até Vila Franca de Xira, limite montante da intrusão salina em condições normais, o estuário é a zona húmida mais extensa do País e uma das mais importantes da Europa (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

O estuário recebe água diretamente do rio Tejo e de alguns tributários, nomeadamente o rio Sorraia (na margem esquerda) e o rio Trancão, o rio Jamor e a ribeira de Barcarena (na margem direita). As afluências fluviais são quase exclusivamente provenientes do rio Tejo que tem, em Ómnias-Santarém, um caudal médio diário de cerca de 400 m^3/s, variando entre 30 m^3/s, no estio, e 18 000 m^3/s em situação de cheia. O rio Sorraia, o segundo afluente mais importante, contribui com menos de 10% do caudal do rio Tejo em Ómnias-Santarém (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

O estuário está sujeito a um regime de marés do tipo semi-diurno, com uma pequena diferença entre a enchente e a vazante, sendo o período de enchente ligeiramente superior ao da vazante. A amplitude média no Terreiro do Paço é de 3.2 m em maré-viva e 1.5 m em maré-morta, aumentando para montante, atingindo em Alcochete, 3.6 e 1.6 m, respetivamente em maré viva e maré morta (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

A velocidade de escoamento na embocadura é normalmente superior a 1.5 m/s, variando entre 1 m/s e 2 m/s, respetivamente em maré-morta e maré-viva. O tempo de residência no estuário é da ordem das 3 semanas, mas este valor varia com as condições meteorológicas. Este parâmetro varia também espacialmente, não sendo verdade que as regiões mais perto do mar tenham um menor tempo de residência viva (MARETEC/IST, 2002).

É também importante referir que o estudo do MARETEC/IST refere que plumas resultantes de descargas pontuais se dispersam rapidamente no estuário e que apenas as plumas de origem fluvial se mantêm claramente identificáveis na distribuição espacial da dinâmica do estuário.

A reduzida profundidade, correntes de maré fortes e uma baixa afluência fluvial contribuem para que o estuário do Tejo seja um corpo de água homogéneo em profundidade, em que a estratificação só ocorre em situações muito específicas, designadamente em maré morta e em caso de cheias (Ferreira et al., 2003).

Tendo em conta este hidrodinamismo, e de acordo com a matriz de classificação do N*ational Estuarine Eutrophication Assessment* (NEEA), desenvolvida pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) dos Estados Unidos da

América, o estuário do Tejo é classificado como tendo uma elevada capacidade de diluir e baixa capacidade de escoar os nutrientes que recebe (Ferreira et al., 2003). No Quadro 3.5-7 apresentam-se as principais características do estuário do rio Tejo.

Quadro 3.5-7 - Principais características do estuário do rio Tejo

Fonte: (Freire, Taborda, & Andrade, 2006), (Ferreira et al., 2003) e (MARETEC/IST, 2002)

Designação	Valor
Extensão até ao termo da propagação da maré dinâmica	80 km (Muge)
Extensão até ao limite montante da maré salina	50 km (V.F. de Xira)
Área total	320 km^2 (V.F. de Xira)
Área entre marés	130 km^2
Largura máxima	15 km
Largura média	4 km
Profundidade máxima	46 m
Profundidade média	10,6 m
Volume total médio	18 000 hm^3
Tempo médio de residência	3 semanas
Prisma de maré médio	600 hm^3

Qualidade da água no estuário do rio Tejo

O estuário do Tejo tem sido alvo de campanhas de monitorização da qualidade das suas águas, tendo em vista o controlo da sua poluição. O estudo de 2002, elaborado pelo IMAR para o INAG, com o objetivo de avaliar a potencial classificação de vários estuários portugueses como áreas sensíveis ou vulneráveis, sintetiza e analisa os dados resultantes dessas campanhas (Ferreira et al., 2003).

De acordo com esse estudo, a concentração da clorofila-a tem vindo a baixar desde o início dos anos 80, provavelmente fruto da melhoria dos esquemas de tratamento das águas residuais. As medições posteriores a 1995 mostram que a concentração deste constituinte raramente é superior a 20 ug/l, o limite acima do qual o meio é considerado com uma eutrofização elevada, de acordo com a NEEA. As medições de biomassa algal podem ser consideradas baixas e não existem registos de *blooms* algais nos últimos 20 anos. Os valores mínimos de oxigénio dissolvido são quase sempre superiores a 5 mg/l, o limite abaixo do qual a matriz da NEEA considera existir *stress* biológico. Em consequência destes dados, o estuário do Tejo é classificado como tendo uma condição global de eutrofização moderada, um nível que é, sobretudo, devido aos valores elevados de clorofila-a.

Em consequência das descargas industriais que existem no estuário, foram já identificados níveis elevados de alguns metais pesados e metalóides de estatuto toxicológico conhecido, tais como Chumbo (Pb), Arsénio (As), Mercúrio (Hg), Cobre (Cu) e Zinco (Zn) (Bettencourt, A.M.M & Costa, 1980).

No que respeita à concentração de nitratos, constata-se que mantém quase sistematicamente abaixo de 1.5 mg/l, um valor francamente abaixo do limite considerado pela Diretiva 91/676/EEC.

O estudo referido conclui que não foram identificados problemas de eutrofização no estuário do Tejo e que não existe justificação para classificá-lo como zona sensível nem vulnerável.

No entanto, o Decreto-Lei nº 149/2004, de 2 de junho, tem uma lista com a identificação de zonas sensíveis, onde vem estabelecido para o estuário do Tejo a seguinte zona sensível: "Margem esquerda do Rio Tejo: zona entre Vila Franca de Xira e a Cova do Vapor, até ao limite da praia de São João da Caparica (exclusive), incluindo áreas inundadas". Verifica-se assim

que, mesmo de acordo com este Decreto-Lei, a zona abrangida pelo Plano Geral de Drenagem de Lisboa não está classificada como zona sensível.

Afluência de nutrientes

As principais fontes de contaminação de nutrientes do estuário do Tejo são os efluentes domésticos, tratados e não tratados, dos concelhos ribeirinhos e as cargas provenientes dos rios Tejo, Sorraia e Trancão que incluem fontes pontuais e difusas, domésticas, industriais e agrícolas. A indústria existente em volta do estuário, que descarrega diretamente para o estuário, é sobretudo dos setores químicos e metalúrgico, pelo que não contribui de forma significativa para a contaminação por nutrientes (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

Ferreira et al. (2003) estima que as afluências de azoto e fósforo ao estuário atingem, respetivamente as 39.12 tonN/dia e 11.73 tonP/dia (Quadro 3.5-8). O rio Tejo assume-se como o principal contribuinte de nutrientes para o estuário, provenientes sobretudo da atividade agrícola. A situação atual é francamente melhor em resultado das intervenções realizadas no âmbito do PEAASAR II, designadamente a construção de novas ETAR e as melhorias nos esquemas de tratamento das ETAR existentes (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

Quadro 3.5-8 - Estimativa das afluências de nutrientes ao estuário do Tejo

Fonte: (Ferreira et al., 2003)

Fonte	Azoto (ton N/dia)	Fósforo (ton N/dia)
Efluentes de ETAR	5.78	4.50
Efluentes domésticos não tratados	7.78	1.82
Rio Tejo	25.29	5.36
Rio Sorraia	0.23	0.03
Rio Trancão	0.04	0.02
Total	29.12	11.73

Com base nos resultados de observações efetuadas no âmbito de vários trabalhos (Projeto Tejo, 1981-1983; estudos e análises realizados pela ÂMBIO para a CML, 1991; projeto ECOTEJO, 1994-1995) a sensibilidade do sistema estuarino às variações da concentração de azoto inorgânico, tem sido definida da seguinte forma: "*…a grande maioria dos valores de concentração de azoto orgânico dissolvido e fosfato situa-se abaixo da linha correspondente à razão de Redfield (N:P de 16:1 em átomos). Dado que esta razão corresponde à taxa média de absorção de nutrientes pelos produtores primários, o azoto dissolvido atua claramente como nutriente limitante. Desta forma, alterações das cargas de azoto para o Estuário do Tejo deverão ser examinadas cuidadosamente, enquanto variações nas cargas de fósforo não parecem ser tão críticas, dado que a limitação da produção primária não ocorre por via deste nutriente"* (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

Outro aspeto analisado prende-se com a situação presente do estuário em termos de equilíbrio trófico. Relativamente a este assunto, as conclusões mais importantes são as seguintes: *"… o azoto inorgânico dissolvido é o elemento limitante para os produtores primários do Estuário do Tejo* e a *situação presente do sistema, em termos ecológicos, é aparentemente equilibrada, não havendo condições de anóxia, mesmo junto ao fundo, e sendo as concentrações de clorofila a razoáveis para um estuário deste tipo."* (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

O estudo do MARETEC/IST refere, no entanto, a luz como o fator limitante, observando que os nutrientes no estuário não são completamente consumidos pelo fitoplâncton. A elevada concentração de matéria suspensa é a principal responsável pela redução acentuada da luz na coluna de água (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

O estudo de modelação matemática realizado pelo MARETEC/IST (2002) concluiu que "o estuário é um exportador líquido de nitratos e fitoplâncton e um importador de amónia e matéria orgânica, provenientes de ETAR. Os processos internos que ocorrem no estuário procedem à conversão destas formas de azoto. O estuário do Tejo produz e exporta biomassa, sob a forma de fitoplâncton e zooplâncton, consumindo parte dos nutrientes que entram no estuário. A concentração de oxigénio dissolvido é sempre superior ao mínimo exigido pela atividade biológica." (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

Impacte ecológico das ETAR sobre o estuário do Tejo

O estudo do MARETEC/IST conclui que a eliminação completa da descarga de nutrientes provenientes das ETAR teria um efeito reduzido na produção primária de biomassa, uma vez que o fator limitante do nível trófico do estuário é a luz, devido aos valores elevados de turbidez resultantes da suspensão de materiais finos depositados nas zonas entre-marés (http://www.maretec.mohid.com/PortugueseEstuaries/index.htm) (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

O estudo "Remoção de azoto do efluente da ETAR de Chelas. Impacto ecológico sobre o estuário do Tejo" aponta uma conclusão semelhante. Este trabalho compreendeu a realização de um conjunto de simulações matemáticas, recorrendo a dois modelos, com o objetivo de avaliar o impacto sobre a ecologia estuarina da descarga de azoto dissolvido e particulado a partir das águas residuais domésticas tratadas na rede de ETAR previstas para a bacia do estuário (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

Da análise comparativa da situação do horizonte do projeto com a situação de referência, e admitindo a inexistência de restrições à descarga de nutrientes, no estudo conduzido com o modelo ECOWIN concluiu-se que (Consórcio Hidra/Engidro, 2015):

- Não ocorrem acréscimos significativos quer sobre a biomassa média quer sobre a produtividade primária do fitoplâncton no Estuário;
- Permanece um impacto sobre as concentrações de azoto.

Estas conclusões sugerem que, a partir de certos limites dos níveis de azoto, a produtividade primária passa a ser essencialmente controlada pelos restantes fatores, designadamente: turbidez, concentrações de fósforo e dispersão associada à hidrodinâmica estuarina. O estudo apontou ainda a necessidade de se reter uma diferenciação de zonas no estuário, em termos da necessidade de restrições às descargas de nutrientes (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

Por outro lado, os resultados obtidos com o Modelo Bidimensional de Eutrofização do Estuário do Tejo – HIDROPROJETO, aplicado em simulações com a duração de 60 dias, mostraram que (Consórcio Hidra/Engidro, 2015):

- O acréscimo da concentração de azoto permanece polarizado na margem direita;
- O acréscimo da concentração de fitoplâncton é distribuído por uma área muito vasta do estuário, devendo este facto contribuir decisivamente para limitar a produção primária por unidade de área.

Em termos das recomendações do estudo efetuado, transcreve-se o seguinte: "Em face das conclusões, não foi possível postular a necessidade da remoção sistemática de matéria orgânica azotada na rede de ETAR da AML, na bacia do Estuário do Tejo. Contudo, também não foi possível concluir que, até ao horizonte de projeto, não venha a ser necessária essa remoção, ainda que parcial. As futuras decisões terão em conta a evolução dos indicadores da qualidade da água do estuário, os usos da água, atuais e potenciais, e a própria legislação que vier a ser promulgada." (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

A recomendação final desse estudo apontou, assim, para a adoção de soluções de tratamento que, não contemplando numa primeira fase a remoção de matéria orgânica azotada, a possam vir a incorporar no futuro. De realçar que algumas das ETAR

da cidade, como Beirolas, já dispõem atualmente de processos biológicos de nitrificação/desnitrificação que possibilitam elevadas eficiências de remoção de azoto (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

Salinidade e Sedimentos

De forma a caracterizar os impactes decorrentes das descargas no estuário do Tejo, cujo estudo (Hidromod, 2017) se apresenta no Anexo AII-3, sendo a sua análise detalhada no Capitulo 5, importa caracterizar a situação atual relativamente a alguns parâmetros que serão considerados no estudo efetuado.

Salinidade

A salinidade média na área em estudo (localização dos pontos de descarga dos dois túneis) é da ordem de 30 psu (Figura 3.5-21) podendo em períodos em que o caudal do rio Tejo seja baixo atingir valores próximos de 36 psu (salinidade característica de massas de água costeiras). O facto do meio recetor apresentar salinidades elevadas tende a condicionar de forma muito intensa o processo de mistura de quantidade de movimento e massa associadas às duas descargas de água pluviais em análise. O facto do meio recetor apresentar uma densidade superior ao das descargas tende a inibir muito a mistura vertical devido à estratificação que se estabelece entre a interface da água doce de origem pluvial e a água salgada do meio recetor (Hidromod, 2017).

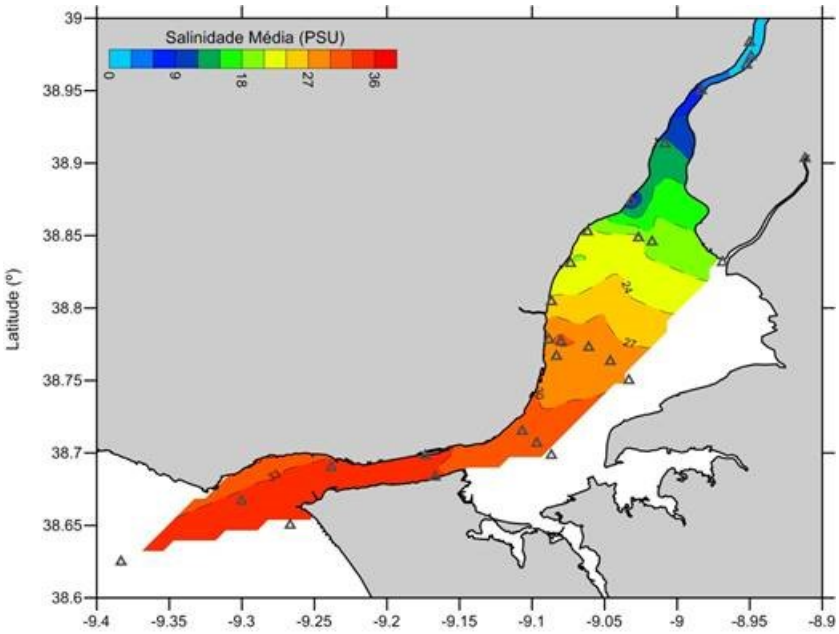


Figura 3.5-21 - Salinidade média anual no estuário do rio Tejo

Fonte: (POET, 2013)

Sedimentos

Medições feitas no estuário em duas estações próximas das zonas de interesse mostram que no meio recetor a concentração de SST varia entre 20 e 150 mg/l (G; Franz et al., 2014). Na zona mais afastada da frente cais (mais profundas e de maior velocidade) o fundo é de areia fina a média ((Canário & Vale, 2007) - Figura 3.5-22).

Os sedimentos junto ao cais tenderão a ser lodos de espessura e consistência muito variáveis (Perestrelo, 1971).

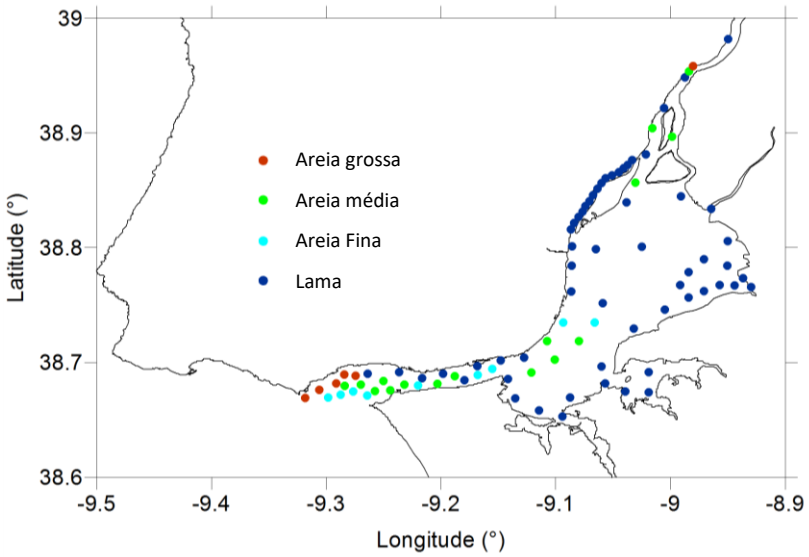


Figura 3.5-22 - Amostras de sedimentos em vários pontos do estuário

Fonte: ((G Franz, 2016) adaptado de (Canário & Vale, 2007))

3.6 QUALIDADE DO AR

A caracterização da qualidade do ar tem como objetivo estabelecer uma base de referência para a avaliação dos impactes na qualidade do ar na fase de construção do projeto, já que na fase de operação não se espera uma alteração à situação existente. Assim, a caracterização da qualidade do ar tem por base as fontes emissoras nas áreas em estudo associadas às atividades presentes, os recetores sensíveis existentes, bem como os dados de qualidade do ar e indicadores existentes. A análise foi efetuada à escala regional e local, nomeadamente, para cada um dos sistemas, com base na localização das intervenções à superfície..

A identificação e caracterização das fontes emissoras e atividades nas áreas em estudo foi realizada com base nos levantamentos de campo efetuados em cada um dos locais, sendo complementada com interpretação de ortofotomapas, sempre que necessário.

Para a caracterização da qualidade do ar foi efetuada uma análise dos dados de qualidade do ar obtidos na rede de monitorização existente na envolvente dos locais a intervir. Para tal, recorreu-se a dados disponibilizados pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA), obtidos na base de dados online sobre a qualidade do ar (QualAr), especificamente, utilizando os valores registados nas estações de monitorização de qualidade do ar mais próximas dos locais a intervir.

3.6.1 Fontes emissoras/atividades nas áreas em estudo

A cidade de Lisboa, dada a sua ocupação de solo maioritariamente urbana, sendo o maior centro urbano do país, apresenta elevados padrões de circulação automóvel, que resultam na emissão de grandes quantidades de poluentes atmosféricos e na consequente degradação da qualidade do ar da região.

Entre Campolide e Santa Apolónia não se verifica a existência de fontes fixas de relevância para a qualidade do ar. No entanto, no que respeita a fontes móveis importa salientar o tráfego nas vias rodoviárias na envolvente. Neste âmbito importa salientar o Eixo Norte-Sul, junto à zona de Campolide, a rotunda do Marquês de Pombal e Avenida da Liberdade, assim como

a Av. Almirante Reis e a Av. Infante Dom Henrique em Santa Apolónia. Em Santa Apolónia, por se situar junto ao Estuário do Tejo, a zona está mais exposta às brisas, pelo que haverá uma maior capacidade de dispersão dos poluentes emitidos.

De igual modo, entre Chelas e o Beato não se verificam atividades ou infraestruturas com influência na qualidade do ar envolvente, à exceção das emissões provenientes das atividades portuárias e tráfego na Estrada de Chelas, em Chelas, e Av. Infante Dom Henrique, no Beato. Também a zona do Beato, dada a sua localização junto ao litoral, terá uma maior capacidade de dispersão dos poluentes.

3.6.2 Qualidade do ar regional e local

A caracterização da qualidade do ar foi efetuada a duas escalas, compreendendo primeiramente uma análise anual para a área metropolitana de Lisboa Norte e, com base nos valores registados nas estações de medição de qualidade do ar mais próximas, para as áreas em estudo.

A rede de monitorização da qualidade do ar da Rede Nacional de Medição da Qualidade do Ar da Agência Portuguesa do Ambiente (APA, 2016a) mais próxima da área do PGDL é a da CCDR LVT.

A rede de monitorização da qualidade do ar da CCDR LVT é atualmente constituída por 23 estações, distribuídas pelas 4 zonas da região de Lisboa e Vale do Tejo. As estações mais próximas do traçado dos túneis Monsanto-Santa Apolónia e Chelas-Beato, respetivamente, são a estações urbanas de tráfego da Avenida da Liberdade e de Entrecampos e as estações urbanas de fundo do Beato e dos Olivais.

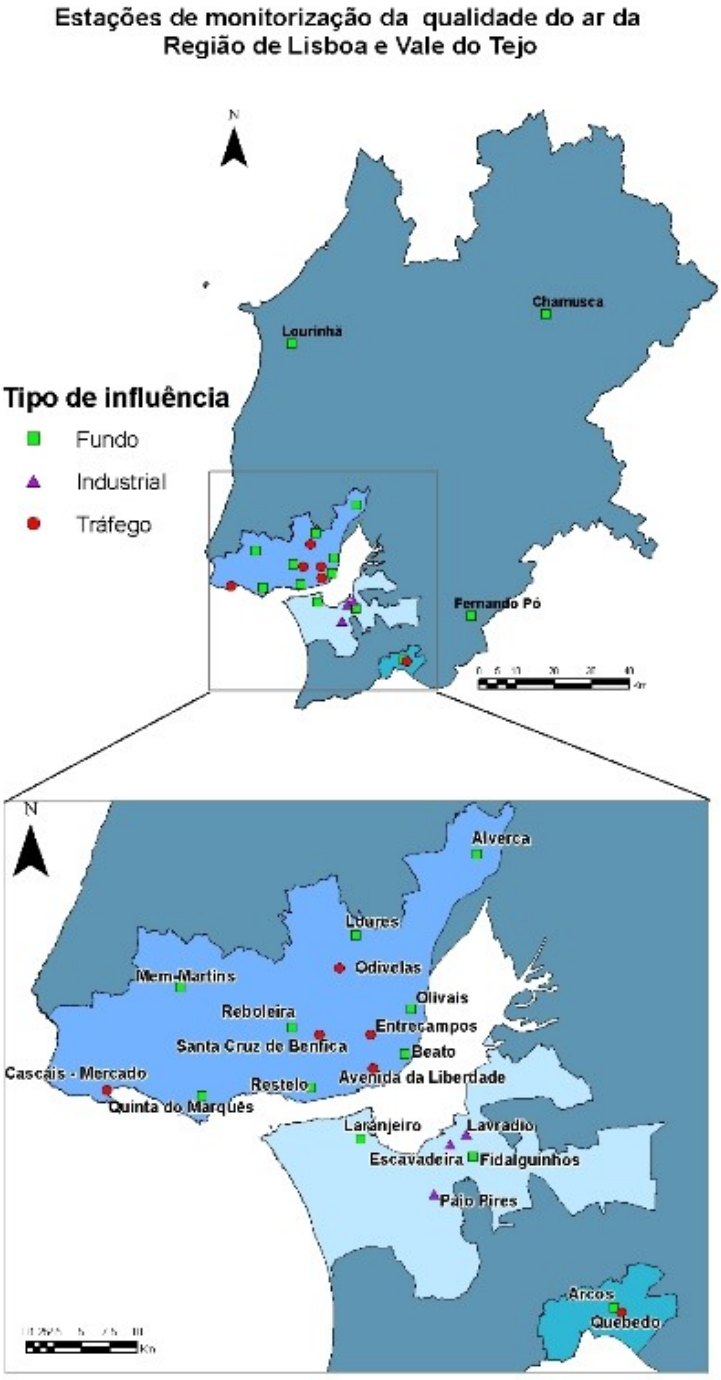


Figura 3.6-1 –Estações de monitorização da rede de qualidade do ar

Fonte: (APA, 2016a)

De entre as diversas substâncias poluentes presentes na atmosfera, nas estações de monitorização são medidos poluentes para os quais a regulamentação nacional e comunitária define níveis de concentração que não devem ser ultrapassados:

monóxido de carbono (CO), óxidos de azoto (NO_x), dióxido de enxofre (SO_2), ozono (O_3), partículas PM_{10} e $PM_{2.5}$ e compostos orgânicos voláteis (COV).

3.6.2.1 Caracterização regional da qualidade do ar

Ao nível regional, nomeadamente, na Área Metropolitana de Lisboa Norte, os dados disponíveis na base de dados online sobre a qualidade do ar (QualAr), referem-se ao ano de 2014 e dizem respeito a um índice que quantifica o número de dias com qualidade do ar "muito bom", "bom", "médio", "fraco" ou "mau" (Figura 3.6-2). O índice de qualidade do ar resulta da média aritmética calculada para cada um dos poluentes medidos em todas as estações da rede numa determinada área.

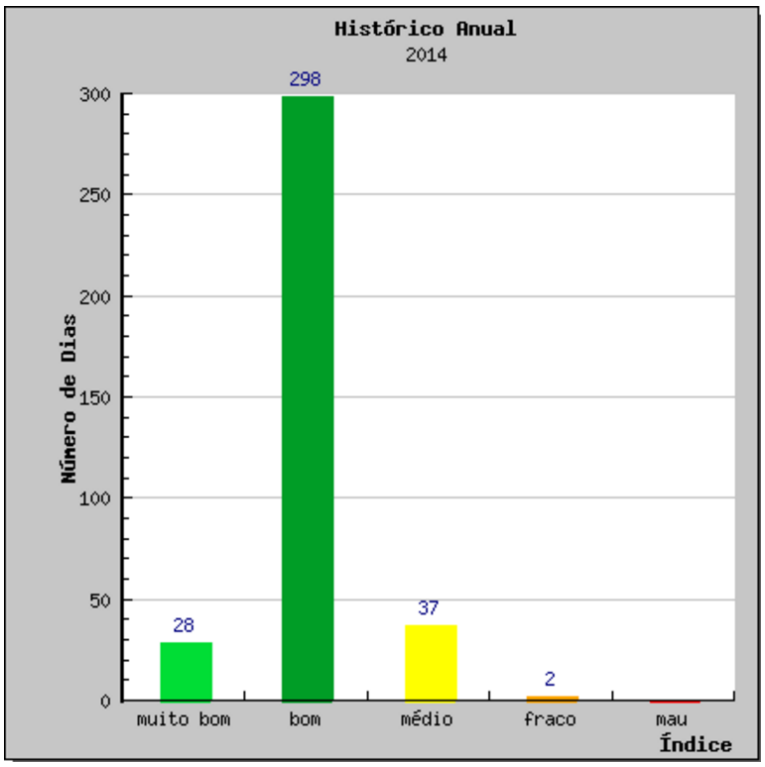


Figura 3.6-2 - Qualidade do ar na Área Metropolitana de Lisboa Norte

Fonte: (APA, 2014)

De um modo geral, na Área Metropolitana de Lisboa Norte, para o ano de 2014, a qualidade do ar apresenta um nível bastante satisfatório, com 28 dias com classificação "muito bom" e 298 dias com classificação "bom".

3.6.2.2 Caracterização local da qualidade do ar

De seguida, apresenta-se a caracterização da qualidade do ar para os sistemas em que se inclui cada um dos túneis, de acordo com as estações de monitorização mais próximas.

Zonas em Análise Monsanto-Santa Apolónia

Entre Campolide e Santa Apolónia existe uma estação de Qualidade do Ar, a estação da Avenida da Liberdade. Considerando a sua proximidade, à área em estudo junto à Av. da Liberdade e Rua de Marta, foi esta a estação selecionada para obtenção dos dados para a presente análise. Esta estação não dispõe de dados para Dióxido de Enxofre e Ozono, pelo que para estes poluentes se considerou a estação urbana de tráfego de Entrecampos, que se situa, em linha reta, a cerca de 2 km do local onde se procede à entrada da máquina para construção do túnel. Refira-se, no entanto, que estas estações apresentam

características urbanas de tráfego, pelo que se deverá ter em conta o facto de estarem associadas a uma representatividade espacial mais reduzida, mais confinada à área em que se inserem.

Assim, de acordo com os dados disponíveis para as estações mais próximas, nomeadamente as estações urbanas de tráfego da Av. da Liberdade (monóxido de carbono, óxidos de azoto e partículas PM_{10}) e de Entrecampos (dióxido de enxofre e ozono), apresenta-se de seguida a caracterização da situação atual para a qualidade do ar, referente ao ano de 2014, por se tratar do ano mais recente com dados de monitorização disponíveis.

Monóxido de Carbono (CO)

No que respeita ao monóxido de carbono, a avaliação dos níveis deste poluente no ar ambiente, em termos de proteção da saúde humana, foi feita tendo em conta o valor máximo diário das médias octo-horárias (10 mg/m^3) definidos no Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro.

Na estação de monitorização da Avenida da Liberdade verificou-se, no decorrer do ano de 2014, uma concentração média de 301.4 µg/m^3, sendo que a concentração máxima registada (base 8 horas) foi de 1 925.4 µg/m^3. Relativamente à Proteção da Saúde Humana, não foram registadas excedências do Valor Limite pelo que se verifica o cumprimento da legislação em vigor.

Óxidos de Azoto (NO_x)

No que respeita aos óxidos de azoto, a avaliação dos níveis destes poluentes no ar ambiente, mais especificamente no caso do dióxido de azoto (NO_2) e em termos de proteção da saúde humana, foi feita tendo em conta o valor limite horário (200 µg/m^3) definido no Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro.

Na estação de monitorização da Avenida da Liberdade verificou-se no decorrer do ano de 2014 uma concentração média de 53.2 µg/m^3, sendo que a concentração máxima registada (base horária) foi de 328.0 µg/m^3. Relativamente à Proteção da Saúde Humana, foram registadas 20 excedências do Valor Limite em base horária (200 µg/m^3), no entanto, o Limiar de Alerta (400 µg/m^3) nunca foi excedido. Considerando que é permitida a excedência em 18 horas do Valor Limite, verifica-se o incumprimento da legislação em vigor.

Dióxido de Enxofre (SO_2)

No que respeita ao dióxido de enxofre, o Valor Limite em termos de proteção da saúde humana (base diária) é definido no Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro e corresponde a 125 µg/m^3.

Na estação de monitorização de Entrecampos verificou-se no decorrer do ano de 2014, para este poluente, uma concentração média de 0.6 µg/m^3, sendo que a concentração máxima registada (base diária) foi de 5.5 µg/m^3. Relativamente à Proteção da Saúde Humana, não foram registadas excedências do Valor Limite, sendo que são permitidas excedências em até 3 dias por ano. Assim, verifica-se o cumprimento da legislação em vigor.

Ozono (O_3)

No que respeita ao ozono, o Valor-Alvo (base octo-horária) em termos de proteção da saúde humana é definido no Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro e corresponde a 120 µg/m^3.

Na estação de monitorização de Entrecampos verificou-se no decorrer do ano de 2014, para este poluente, uma concentração média de 46.6 µg/m^3, sendo que a concentração máxima registada (base 8 horas) foi de 121.3 µg/m^3. Relativamente à Proteção da Saúde Humana, foi registada apenas 1 excedências do Valor-Alvo, sendo que são permitidas até 25 excedências por ano. Assim, verifica-se o cumprimento da legislação em vigor.

Partículas PM_{10}

Segundo o Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, o Valor Limite para a Proteção da Saúde Humana (numa base diária) referente às partículas PM_{10} corresponde a 50 µg/m³.

Para a estação da Av. da Liberdade, no decorrer do ano de 2014, verificou-se uma concentração média de 30.0 µg/m³, sendo a concentração máxima (base diária) obtida correspondente a 116.6 µg/m³. Relativamente à Proteção da Saúde Humana, foram registadas 31 excedências do valor limite, sendo que são permitidas até 35 excedências por ano. Assim, verifica-se o cumprimento da legislação em vigor.

À exceção dos Óxidos de Azoto, de um modo geral, ao longo do traçado do TMSA a zona dispõe de uma qualidade do ar dentro dos limites previstos na legislação em vigor para os diferentes poluentes em análise.

Zonas em Análise Chelas-Beato

De acordo com os dados disponíveis para as estações mais próximas, nomeadamente as estações urbanas de fundo do Beato e dos Olivais, apresenta-se de seguida a caracterização da qualidade do ar para o ano de 2011 e 2014, no caso do dióxido de azoto e dióxido de enxofre. Embora a estação de monitorização dos Olivais se encontre a cerca de 4 km da área em estudo, optou-se por apresentar os dados referentes às PM10 por não existirem dados relativos a este poluente na estação mais próxima, nomeadamente a estação do Beato.

Monóxido de Carbono (CO)

No que respeita ao monóxido de carbono, a avaliação dos níveis deste poluente no ar ambiente, em termos de proteção da saúde humana, foi feita tendo em conta o valor limite (10 mg/m³) definido no Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro.

Na estação de monitorização do Beato verificou-se, no decorrer do ano de 2014, uma concentração média de 206.5 µg/m³, sendo que a concentração máxima registada (base 8 horas) foi de 1 295.2 µg/m³. Relativamente à Proteção da Saúde Humana, não foram registadas excedências do Valor Limite pelo que se verifica o cumprimento da legislação em vigor.

Óxidos de Azoto (NO_x)

No que respeita aos óxidos de azoto, a avaliação dos níveis destes poluentes no ar ambiente, mais especificamente no caso do dióxido de azoto (NO_2) e em termos de proteção da saúde humana, foi feita tendo em conta o valor limite horário (200 µg/m³) definido no Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro.

Na estação de monitorização do Beato verificou-se, no decorrer do ano de 2011, uma concentração média de 19.8 µg/m³, sendo que a concentração máxima registada (base horária) foi de 135.9 µg/m³. Relativamente à Proteção da Saúde Humana, não foram registadas excedências do Valor Limite em base horária (200 µg/m³) e, consequentemente, o Limiar de Alerta (400 µg/m³) também não foi excedido.

Dióxido de Enxofre (SO_2)

No que respeita ao dióxido de enxofre, o Valor Limite em termos de proteção da saúde humana (base diária) é definido no Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro e corresponde a 125 µg/m³.

Na estação de monitorização do Beato verificou-se no decorrer do ano de 2011, para este poluente, uma concentração média de 1.0 µg/m³, sendo que a concentração máxima registada (base diária) foi de 5.5 µg/m³. Relativamente à Proteção da Saúde Humana, não foram registadas excedências do Valor Limite, sendo que são permitidas excedências em até 3 dias por ano. Assim, verifica-se o cumprimento da legislação em vigor.

Ozono (O_3)

No que respeita ao ozono, o Valor-Alvo (base octo-horária) em termos de proteção da saúde humana é definido no Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro e corresponde a 120 µg/m³.

Na estação de monitorização do Beato verificou-se no decorrer do ano de 2014, para este poluente, uma concentração média de 55.2 µg/m³, sendo que a concentração máxima registada (base 8 horas) foi de 117.6 µg/m³. Relativamente à Proteção da Saúde Humana, não foram registadas excedências do Valor-Alvo, pelo que se verifica o cumprimento da legislação em vigor.

Partículas PM_{10}

Segundo o Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, o Valor Limite para a Proteção da Saúde Humana (numa base diária) referente às partículas PM_{10} corresponde a 50 µg/m³.

Para a estação de monitorização dos Olivais, no decorrer do ano de 2014, verificou-se uma concentração média de 20.4 µg/m³, sendo a concentração máxima (base diária) obtida correspondente a 55.9 µg/m³. Relativamente à Proteção da Saúde Humana, foram registadas 2 excedências do valor limite, sendo que são permitidas até 35 excedências por ano. Assim, verifica-se o cumprimento da legislação em vigor.

De um modo geral, as estações de monitorização da qualidade do ar mais próximas da localização do TCB revelam, como seria de esperar, o cumprimento da legislação em vigor, registando-se para os diferentes poluentes poucas situações de excedência dos valores limite e valores alvo previstos na legislação.

Como seria de esperar, dada a caracterização das fontes emissoras de poluentes existentes na envolvente da área em estudo, a qualidade do ar revela-se melhor nas estações das zonas em análise entre Chelas e Beato (estações de monitorização do Beato e Olivais), do que nas estações próximas das zonas localizadas entre Campolide e Santa Apolónia (estações de monitorização da Av. da Liberdade e de Entrecampos).

3.6.3 Zonas de emissões reduzidas na cidade de Lisboa

O problema da qualidade do ar nas áreas urbanas é uma questão que tem vindo a merecer cada vez maior atenção por parte das entidades comunitárias e do governo português. Em 2008, a nova Diretiva Quadro Europeia da Qualidade do Ar (Diretiva 2008/50/CE) fixou os objetivos e parâmetros da qualidade do ar de forma a reduzir, prevenir e evitar os seus efeitos nocivos para a saúde humana (CML, 2017).

A transposição, dois anos depois, para a legislação nacional (DL nº 102/2010, de 23 de setembro), e a necessidade de cumprir os valores-limite de concentração de poluentes, já tinha dado origem ao Plano e Programa de Execução da Melhoria da Qualidade do Ar para a região de Lisboa. Uma das medidas previstas que se exigia concretizar em Lisboa era a introdução de uma Zona de Emissão Reduzida (ZER) (CML, 2017).

A não observância, reiterada, dos valores limites de concentração de poluentes na região de Lisboa - onde o eixo da Av. da Liberdade/Baixa apresentava os piores resultados – conduziu a Comissão Europeia a instaurar um processo judicial contra o Estado Português no Tribunal de Justiça Europeu (CML, 2017).

Com o objetivo de alcançar as metas ambientais definidas, deu-se início à implementação da Zona de Emissões Reduzida na Cidade de Lisboa - Eixo Av. Liberdade/Baixa.

A ZER de Lisboa tem já implementadas três fases. A 1.ª fase, que entrou em vigor no dia 4 de julho de 2011, caracterizou-se pela restrição à circulação de veículos que não respeitassem as normas de emissão EURO 1 (veículos construídos antes de

julho de 1992), no eixo da Av. da Liberdade/Baixa (limitado a norte pela Rua Alexandre Herculano e a sul pela Praça do Comércio) (CML, 2017).

Na 2.ª fase que entrou em funcionamento a 1 de abril de 2012, procedeu-se ao alargamento da área afeta à ZER, que passou a compreender duas zonas, e ao aumento das normas de emissão EURO, conforme segue (CML, 2017):

- Zona 1: eixo da Av. da Liberdade/Baixa (limitado a norte pela Rua Alexandre Herculano e a sul pela Praça do Comércio) – apenas circulam veículos que respeitam a norma de emissão EURO 2 (veículos de 1996 ou posteriores);
- Zona 2: limitada a sul da Av. de Ceuta | Eixo Norte-Sul | Av. das Forças Armadas| Av. dos Estados Unidos da América | Av. Marechal António Spínola I Av. Infante Dom Henrique – apenas circulam veículos que respeitam a norma de emissão EURO 1 (veículos de 1992 ou posteriores).

Na 3.ª fase da ZER de Lisboa, em vigor desde 15 de janeiro, mantem-se a área geográfica (zona 1 e zona 2), bem como o horário e período de aplicação em que vigoram as restrições (dias úteis, das 7h00 às 21h00) (CML, 2017).

A alteração prende-se com uma maior exigência em termos ambientais, passando assim a ZER de Lisboa a ter as seguintes regras (CML, 2017):

- Zona 1 (Eixo Av. Liberdade/Baixa) – apenas circulam veículos posteriores a 2000, ou seja, que respeitem as normas de emissão EURO 3 (em geral, veículos ligeiros fabricados depois de Janeiro de 2000 e pesados depois de Outubro de 2000);
- Zona 2 (limitada a sul da Avenida de Ceuta| Eixo Norte-Sul| Avenida das Forças Armadas| Avenida EUA| Avenida Marechal António Spínola| Avenida Infante Dom Henrique) – apenas circulam veículos posteriores a 1996, ou seja, que respeitem as normas de emissão EURO 2 (em geral, veículos ligeiros fabricados depois de janeiro de 1996 e pesados depois de outubro de 1996).

As áreas em estudo no presente EIA estão distribuídas pelas diferentes zonas, nomeadamente, Avenida da Liberdade e Santa Marta na Zona 3, por outro lado Santa Apolónia, Almirante Reis, Chelas e Beato localizam-se na Zona 2.

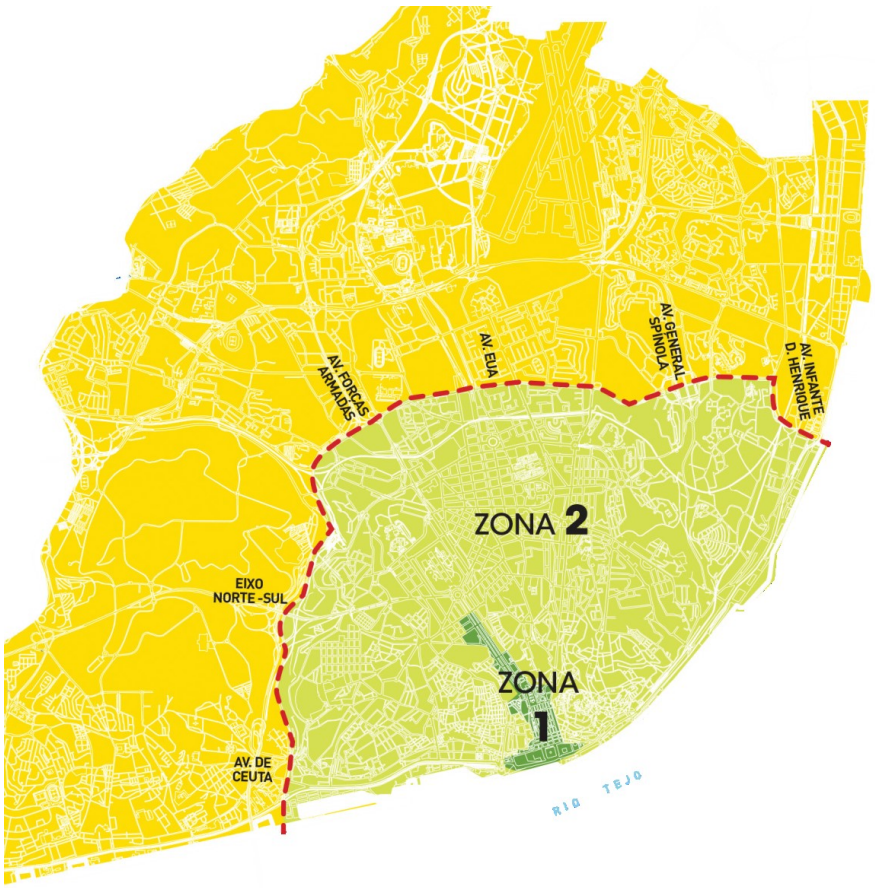


Figura 3.6-3 - Zona de emissões Reduzidas de Lisboa

Fonte: (CML, 2014)

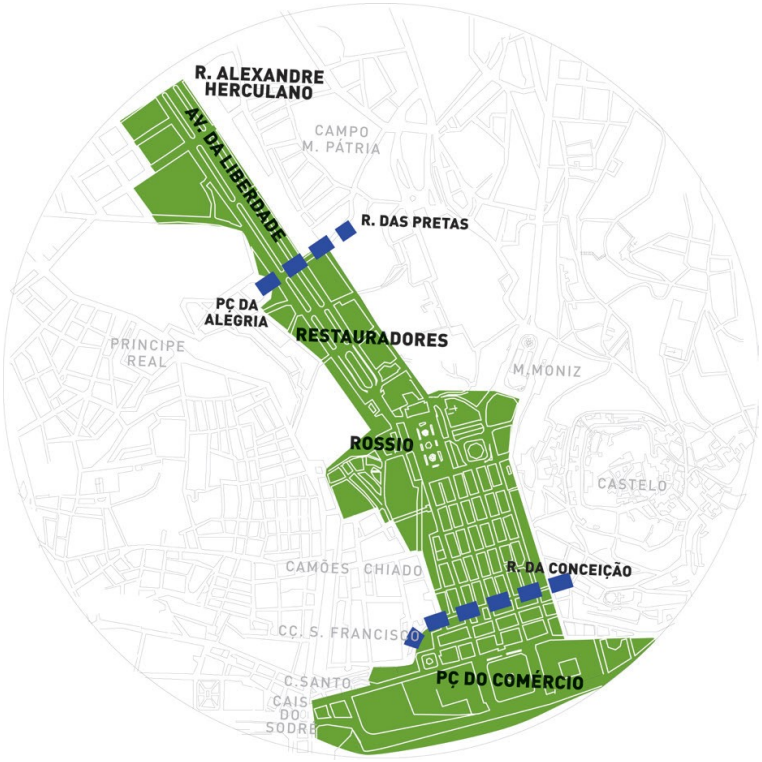


Figura 3.6-4 - Pormenor da Zona 1 da Zona de Emissões Reduzidas de Lisboa

Fonte: (CML, 2014)

3.7 RUÍDO

A caracterização do ruído permitirá estabelecer uma base de referência para a avaliação dos impactes neste fator ambiental, induzidos essencialmente na fase de construção, já que na fase de operação do projeto não deverá existir qualquer aspeto relevante em termos de ambiente acústico incomodadivo para as populações.

A caracterização do ruído atual contemplou, numa primeira fase, uma abordagem regional, com base nos mapas de ruído do PDM de Lisboa, bem como uma identificação nas áreas em estudo dos principais recetores sensíveis e do atual ruído que se verifica nesses locais.

3.7.1 Mapa do Ruído de Lisboa

A Câmara Municipal de Lisboa dispões de Mapas de Ruído, referentes à situação atual. Na Figura 3.7-1 apresenta-se o mapa de ruído com representação dos níveis sonoros resultantes do somatório da contribuição de todas as fontes de ruído, para todos os períodos do dia, representando o indicador $L_{den,}$ (indicador de 24 horas), para a situação atualmente existente.

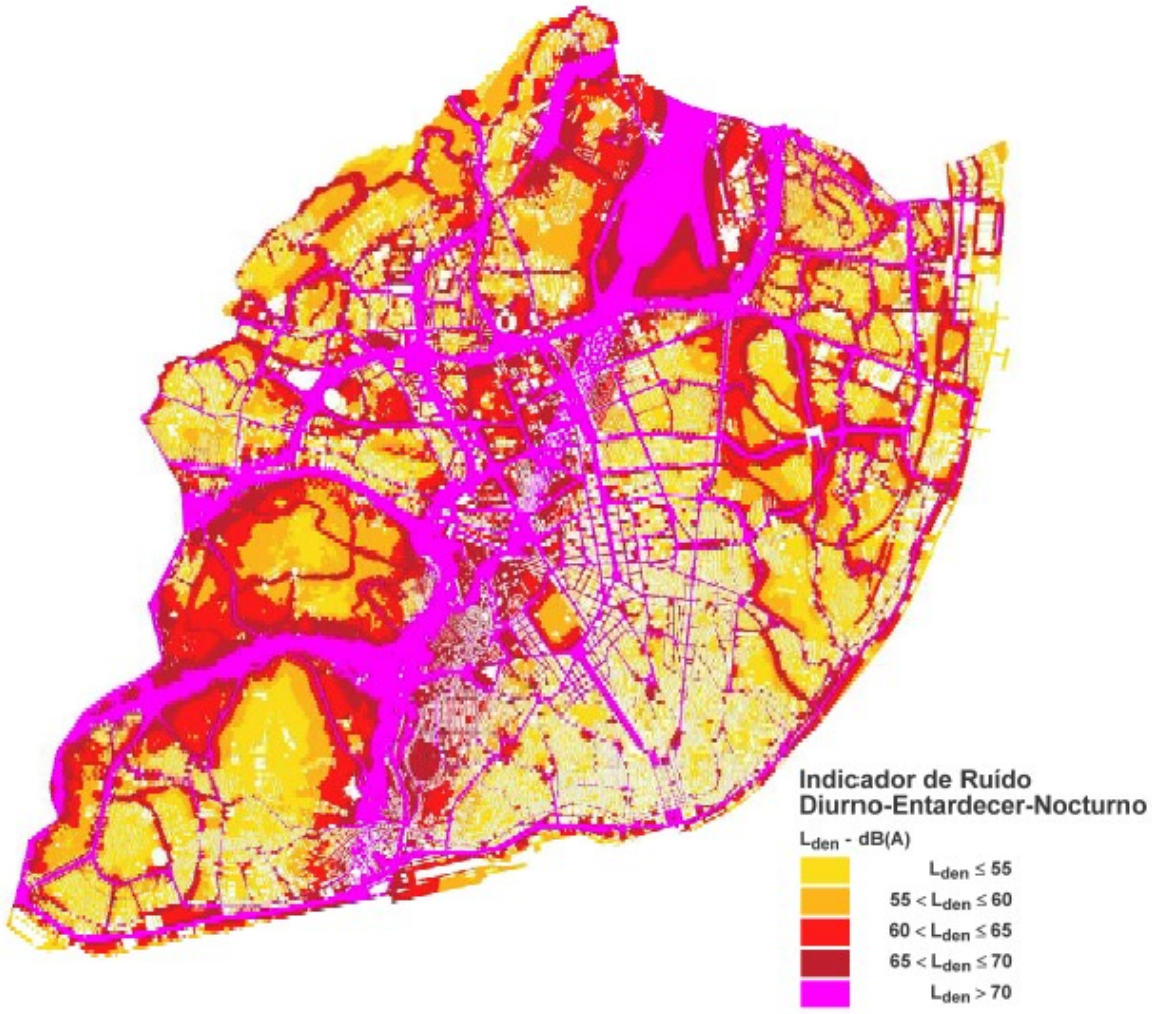


Figura 3.7-1 - Mapa de ruído global para o indicador Lden (Diurno-Entardecer-Noturno)

Fonte: (CML, 2008b)

Por outro lado, na Figura 3.7-2 apresenta-se o mapa de ruído com representação dos níveis sonoros resultantes do somatório da contribuição de todas as fontes de ruído, para a situação existente, no período entre as 23h00 e as 07h00, representado pelo indicador L_n.

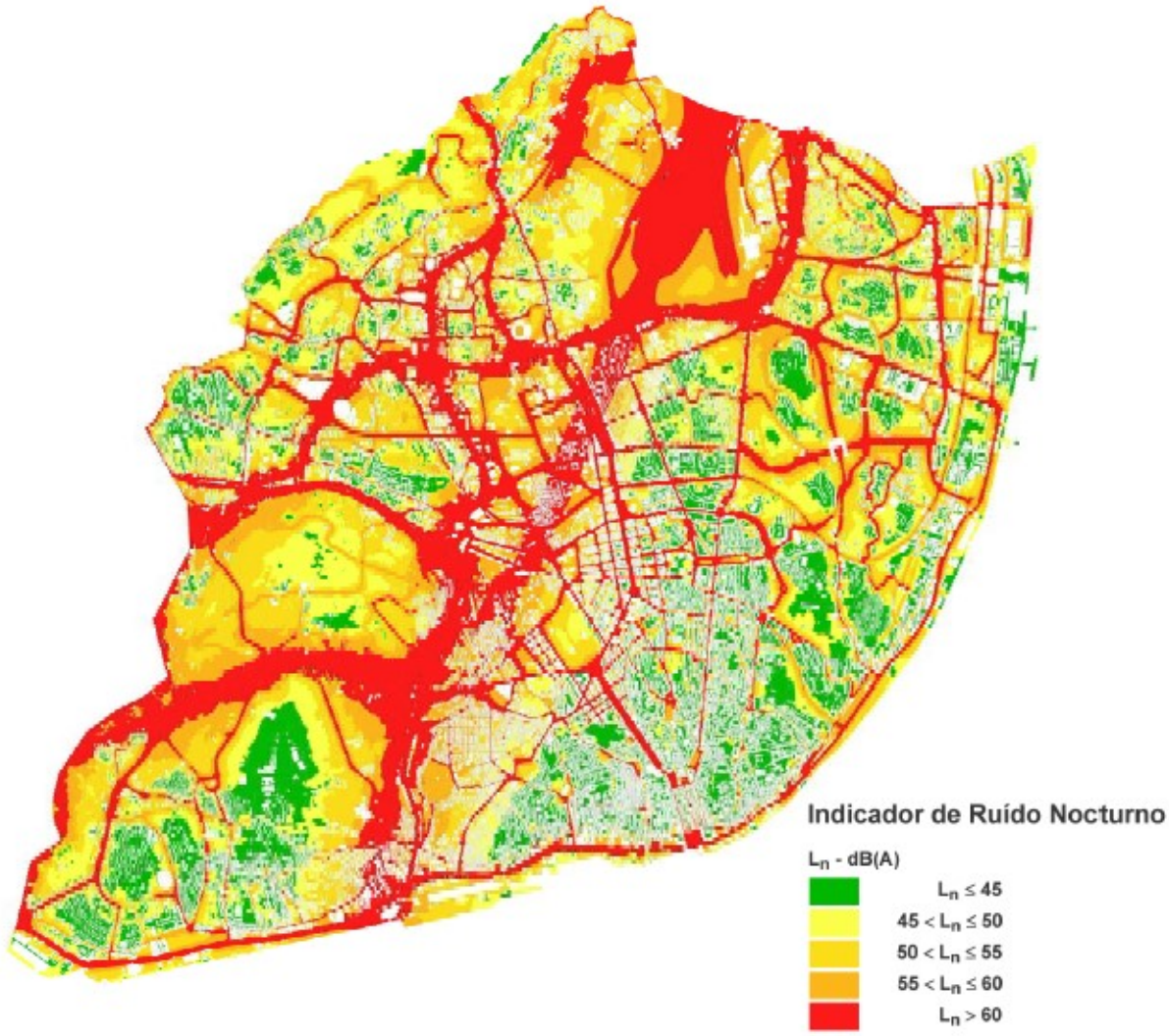


Figura 3.7-2 - Mapa de ruído global para o indicador Ln (Noturno)

Fonte: (CML, 2008b)

Efetuando uma análise global, verifica-se que, na cidade de Lisboa, a principal fonte de ruído se encontra associada é o tráfego rodoviário, sendo que ao longo das principais vias se observam os valores mais elevados de ruído ambiente, reduzindo significativamente no interior dos quarteirões ou em ruas cujo tráfego é mais reduzido.

Acresce ainda que durante o período noturno o tráfego rodoviário reduz bastante, principalmente em altas horas da madrugada.

O ruído do tráfego aéreo é pouco percetível no ruído ambiente da cidade, sendo mascarado essencialmente pelo ruído proveniente do tráfego rodoviário. Como seria de esperar, a sua influência é mais notória junto ao aeroporto, principalmente junto à Avenida Almirante Gago Coutinho, para o período das 24 horas.

De uma forma geral, o ruído registado na cidade de Lisboa provem do tráfego rodoviário e, pontualmente, nas zonas adjacentes, do tráfego ferroviário.

As fontes de ruído ambiental com incidência mais relevante nas áreas em estudo são, sem dúvida alguma, o tráfego rodoviário local existente. De seguida procede-se a uma análise mais aprofundada, em zonas estratégicas com intervenção à superfície.

3.7.1.1 Zonas em análise Monsanto-Santa Apolónia

Zona 1 – Campolide

Esta zona é caracterizada por um "descampado", com algumas edificações, de caracter habitacional e misto, existindo nos arredores um eixo viário com bastante tráfego e uma ferrovia.

Figura 3.7-3 - Identificação da área em estudo na zona de Campolide

Fonte: (Google Earth, 2016)

Analisando o extrato do mapa de ruído da situação atual para o indicador Lden (Figura 3.7-4) verifica-se, conforme mencionado anteriormente, que a principal fonte de ruído é o tráfego rodoviário, com indicadores, na zona em estudo, correspondentes a 65≤Lden<70 dB(A), sendo que os valores mais altos em termos de ruído encontrados se verificam nas imediações da área em estudo, devido essencialmente ao referido tráfego rodoviário e neste caso também ferroviário.

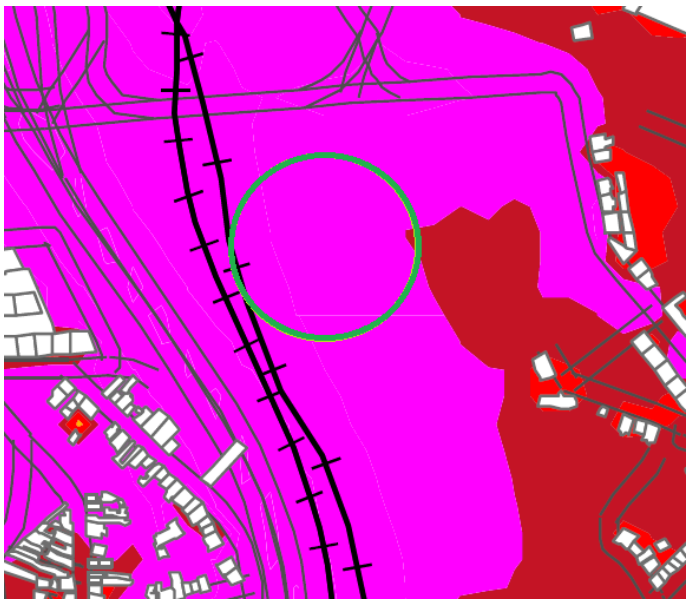


Figura 3.7-4 - Extrato do Mapa de ruído global para o indicador Lden (Diurno-Entardecer-Noturno) para Campolide - Situação Atual

Fonte: (CML, 2008b)

Para o mesmo local, mas para o indicador de ruído Ln (Figura 3.7-5), o tráfego rodoviário e ferroviário continuam a ser as principais fontes de ruído, sendo que os mesmos apresentam valores Ln>60 dB(A).

Figura 3.7-5 - Extrato do Mapa de ruído global para o indicador Ln (Noturno) para Campolide - Situação Atual

Fonte: (CML, 2008b)

Zona 2 – Avenida da Liberdade/Santa Marta

Cruzamento Rua de Santa Marta com Rua Alexandre Herculano

Esta zona (Figura 3.7-6) é caracterizada pela presença de habitações e serviços com bastante tráfego rodoviário no seu eixo principal.

Figura 3.7-6 - Identificação da área em estudo junto ao cruzamento da Rua de Santa Marta com a Rua Alexandre Herculano

Fonte: (Google Earth, 2016)

Analisando o extrato do mapa de ruído da situação atual para o indicador Lden (Figura 3.7-7), verifica-se, conforme mencionado anteriormente, que a principal fonte de ruido é o trafego rodoviário, com indicadores, na zona correspondente à área em estudo de 60≤Lden<70 dB(A), sendo que os valores mais altos em termos de ruído encontrados se localizam nas imediações da área em estudo, devido essencialmente ao tráfego rodoviário.

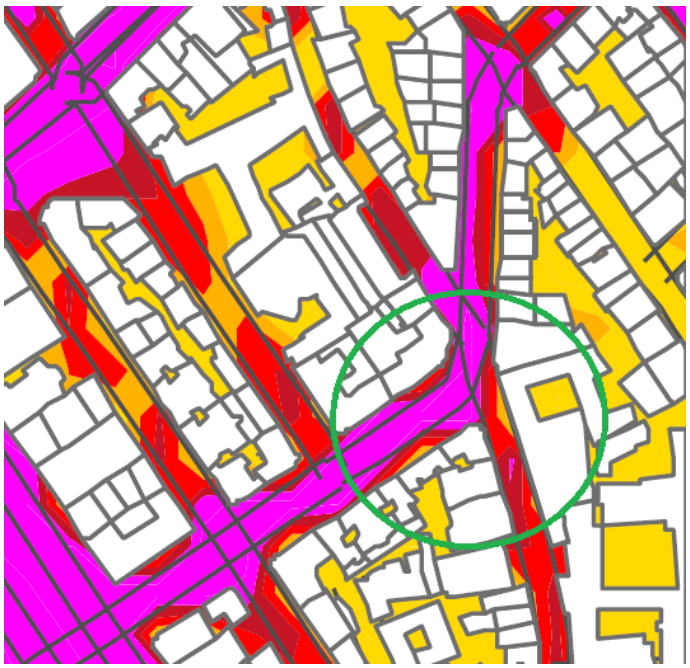


Figura 3.7-7 - Extrato do Mapa de ruído global para o indicador Lden (Diurno-Entardecer-Noturno) para Santa Marta Com Alexandre Herculano - Situação Atual

Fonte: (CML, 2008b)

Para o mesmo local, mas para o indicador de ruido Ln (Figura 3.7-8), o tráfego rodoviário continua a ser a principal fonte de ruído, sendo que o mesmo apresenta valores, para a área em estudo de 55≤Ln<65 dB(A). De notar que os valores mais baixos correspondem a zonas interiores de edifícios de habitações.

Figura 3.7-8 - Extrato do Mapa de ruído global para o indicador Ln (Noturno) para Santa Marca com Alexandre Herculano - Situação Atual

Fonte: (CML, 2008b)

Avenida da Liberdade

Esta zona (Figura 3.7-9) é caracterizada por uma áreas de habitações e serviços com bastante tráfego rodoviário no seu eixo principal.

Figura 3.7-9 - Identificação da área em estudo na Avenida da Liberdade

Fonte: (Google Earth, 2016)

Analisando o extrato do mapa de ruído da situação atual para o indicador Lden (Figura 3.7-10), verifica-se, conforme mencionado anteriormente, que a principal fonte de ruído é o tráfego rodoviário, com indicadores, na área em estudo de Lden≥70 dB(A), devido essencialmente, ao tráfego rodoviário.

Figura 3.7-10 - Extrato do Mapa de ruído global para o indicador Lden (Diurno-Entardecer-Noturno) para Avenida da Liberdade - Situação Atual

Fonte: (CML, 2008b)

O mesmo local, mas para o indicador de ruído Ln (Figura 3.7-11), continua a ter como principal fonte de ruído o tráfego rodoviário, sendo que o mesmo apresenta valores, para a área em estudo de Ln≥60 dB(A).

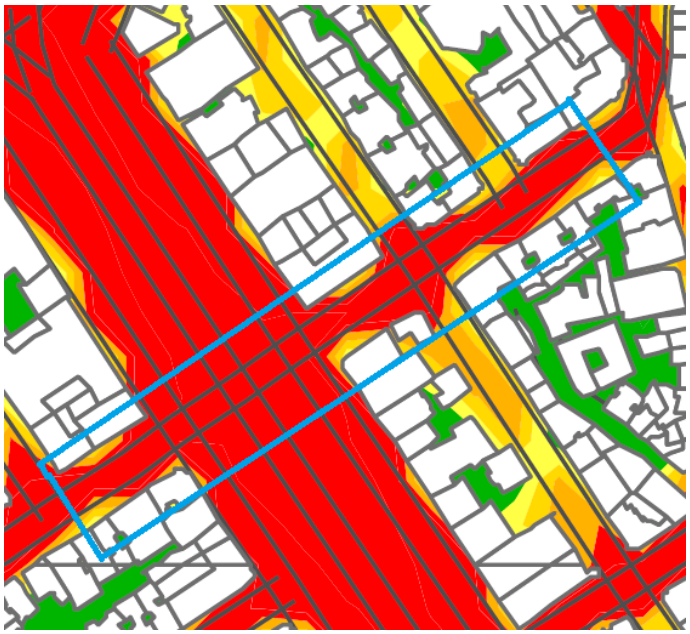


Figura 3.7-11 - Extrato do Mapa de ruído global para o indicador Ln (Noturno) para a Avenida da Liberdade - Situação Atual

Fonte: (CML, 2008b)

Esta zona (Figura 3.7-12) é caracterizada por uma zona de habitações e serviços com bastante tráfego rodoviário no seu eixo principal.

Figura 3.7-12 - Identificação da área em estudo junto ao cruzamento da Rua de Santa Marta com a Rua Barata Salgueiro

Fonte: (Google Earth, 2016)

Analisando o extrato do mapa de ruído da situação atual para o indicador Lden (Figura 3.7-13), verifica-se, conforme mencionado anteriormente, que a principal fonte de ruído é o tráfego rodoviário, com indicadores, na área em estudo de 65≤Lden<70 dB(A), devido essencialmente, ao tráfego rodoviário.

Figura 3.7-13 - Extrato do Mapa de ruído global para o indicador Lden (Diurno-Entardecer-Noturno) para Santa Marta com Rua Barata Salgueiro - Situação Atual

Fonte: (CML, 2008b)

O mesmo local, mas para o indicador de ruído Ln (Figura 3.7-14), continua a ter como principal fonte de ruído o tráfego rodoviário, sendo que o mesmo apresenta valores, para a área em estudo de 50≤Ln<65 dB(A).

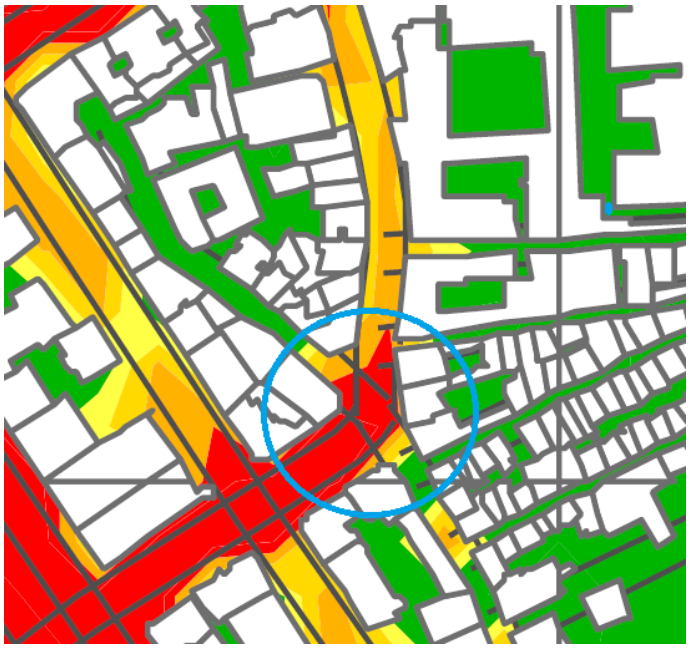


Figura 3.7-14 - Extrato do Mapa de ruído global para o indicador Ln (Noturno) para Santa Marca com Rua Barata Salgueiro - Situação Atual

Fonte: (CML, 2008b)

Zona 3 – Zona da Almirante reis

Esta zona (Figura 3.7-15) é caracterizada por um núcleo urbano denso, rodeada por edifícios de caracter habitacional e misto.

Figura 3.7-15 - Identificação da área em estudo na Avenida Almirante Reis

Fonte: (Google Earth, 2016)

Analisando o extrato do mapa de ruído da situação atual para o indicador Lden (Figura 3.7-16), verifica-se, conforme mencionado anteriormente, que a principal fonte de ruido é o trafego rodoviário, com indicadores, na área de intervenção de Lden≥70 dB(A).

Figura 3.7-16 - Extrato do Mapa de ruído global para o indicador Lden (Diurno-Entardecer-Noturno) para a Almirante Reis - Situação Atual

Fonte: (CML, 2008b)

O mesmo local, mas para o indicador de ruido Ln (Figura 3.7-17), continua a ter como principal fonte de ruído o tráfego rodoviário, sendo que o mesmo apresenta valores de 60≤Ln<65 dB(A).

Figura 3.7-17 - Extrato do Mapa de ruído global para o indicador Ln (Noturno) para a Almirante Reis - Situação Atual

Fonte: (CML, 2008b)

Esta zona (Figura 3.7-18) é caracterizada por uma zona de habitações e serviços existindo nas suas imediações um eixo rodoviário com tráfego significativo, com velocidades praticadas não superiores a 60 Km/h.

Figura 3.7-18 - Identificação da área em estudo em Santa Apolónia

Fonte: (Google Earth, 2016)

Analisando o extrato do mapa de ruído da situação atual para o indicador Lden (Figura 3.7-19), verifica-se, conforme mencionado anteriormente, que a principal fonte de ruído é o tráfego rodoviário, com indicadores, na área em estudo de 55≤Lden<70 dB(A), sendo que os valores mais altos em termos de ruído encontrados se verificam nas imediações da área em estudo, devido essencialmente, ao tráfego rodoviário.

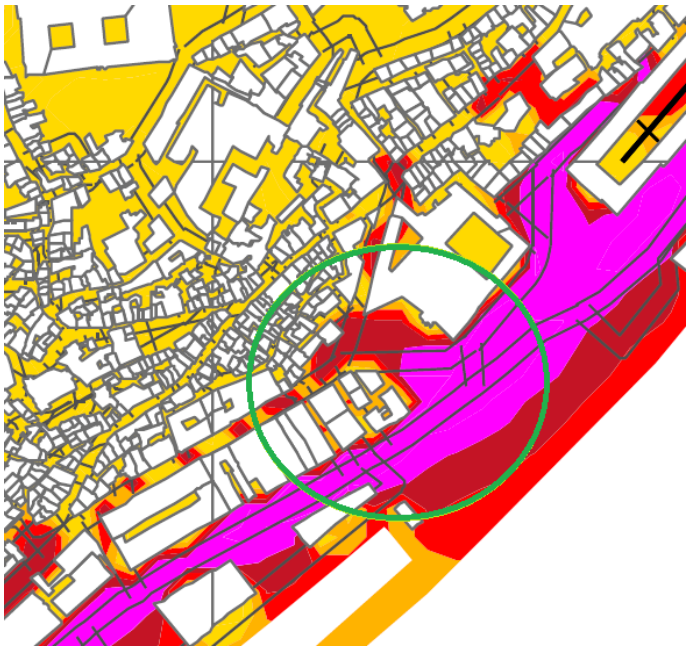


Figura 3.7-19 - Extrato do Mapa de ruído global para o indicador Lden (Diurno-Entardecer-Noturno) para Santa Apolónia - Situação Atual

Fonte: (CML, 2008b)

O mesmo local, mas para o indicador de ruido Ln (Figura 3.7-20), continua a ter como principal fonte de ruído o tráfego rodoviário, sendo que o mesmo apresenta valores, para a área em estudo de 45≤Ln<60 dB(A). De notar que os valores mais baixos correspondem a zonas interiores de edifícios de habitações.

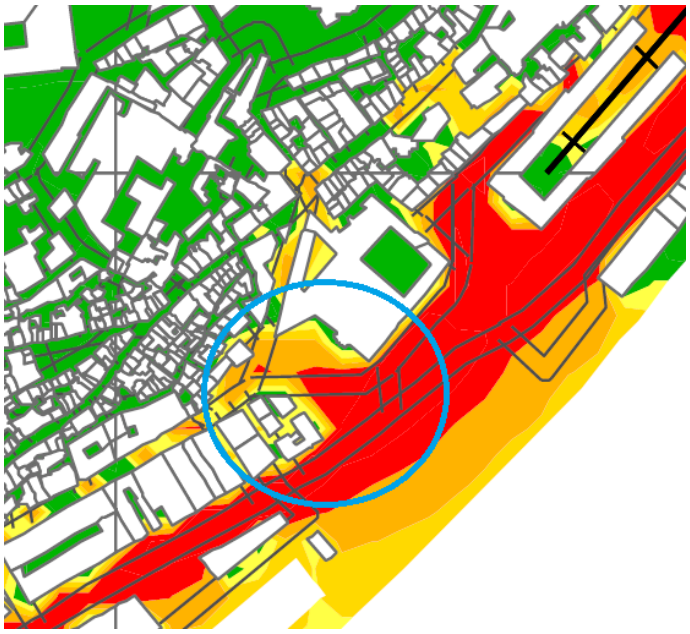


Figura 3.7-20 - Extrato do Mapa de ruído global para o indicador Ln (Noturno) para Santa Apolónia - Situação Atual

Fonte: (CML, 2008b)

3.7.1.2 Zonas em análise Chelas-Beato

Zona 5 – Chelas

Esta zona (Figura 3.7-21) é caracterizada por uma zona de habitações e "barracões", existindo nos arredores um eixo ferroviário e algumas estradas de carácter não significativo com tráfego local de baixa velocidade.

Figura 3.7-21 - Identificação da área em estudo em Chelas

Fonte: (Google Earth, 2016)

Analisando o extrato do mapa de ruido da situação atual para o indicador Lden (Figura 3.7-22), verifica-se, conforme mencionado anteriormente, que a principal fonte de ruido é o tráfego ferroviário e rodoviário, com indicadores, na área em estudo de 65≤Lden<70 dB(A), sendo que os valores mais altos em termos de ruído encontrados se localizam nas imediações da área em estudo, devido essencialmente, ao tráfego ferroviário, sendo que o tráfego rodoviário apesar de existente, não contribui significativamente para o acréscimo de ambiente acústico.

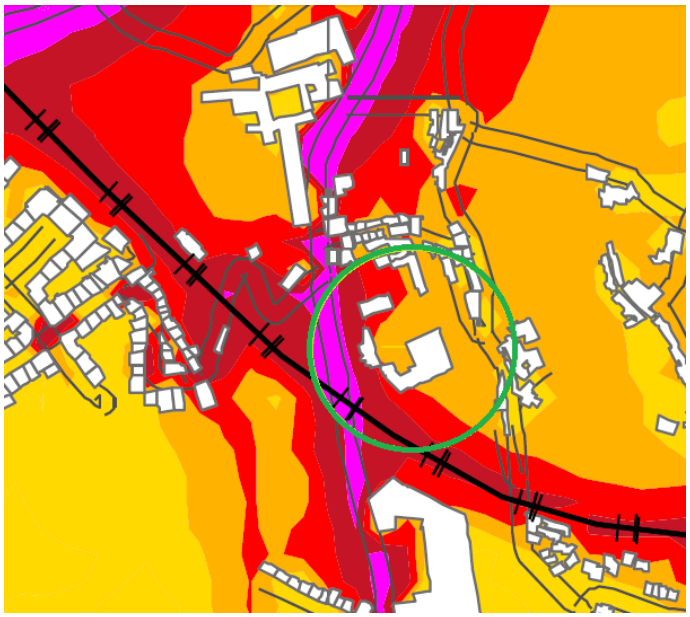


Figura 3.7-22 - Extrato do Mapa de ruído global para o indicador Lden (Diurno-Entardecer-Noturno) para Chelas - Situação Atual

Fonte: (CML, 2008b)

O mesmo local, mas para o indicador de ruido Ln (Figura 3.7-23), continua a ter como principal fonte de ruído o tráfego ferroviário, sendo que o mesmo apresenta valores, para a área em estudo de Ln>60 dB(A).

Figura 3.7-23 - Extrato do Mapa de ruído global para o indicador Ln (Noturno) para Chelas - Situação Atual

Fonte: (CML, 2008b)

Zona 6 – Beato

Esta zona (Figura 3.7-24) é caracterizada por um núcleo industrial denso, com algumas edificações, de caracter habitacional e misto. Refira-se que para qualquer das áreas no Beato (Terminal Multiusos do Poço do Bispo, Calçada Dom Gastão, Rua do Grilo ou Doca do Poço do Bispo) a caracterização é semelhante à apresentada de seguida.

Figura 3.7-24 - Identificação da área em estudo no Beato

Fonte: (Google Earth, 2016)

Analisando o extrato do mapa de ruído da situação atual para o indicador Lden (Figura 3.7-25), verifica-se, conforme mencionado anteriormente, que a principal fonte de ruído é o tráfego rodoviário, com indicadores, na área em estudo de 55≤Lden<70 dB(A), sendo que os valores mais altos em termos de ruído encontrados se situam no eixo viário mais movimentado.

Figura 3.7-25 - Extrato do Mapa de ruído global para o indicador Lden (Diurno-Entardecer-Noturno) para o Beato - Situação Atual

Fonte: (CML, 2008b)

O mesmo local, mas para o indicador de ruido Ln (Figura 3.7-26), continua a ter como principal fonte de ruído o tráfego rodoviário, sendo que o mesmo apresenta valores de 45≤Ln<60 dB(A). Os valores mais baixos de Ln correspondem a zonas interiores das habitações e indústrias, sendo que as últimas não laboram no período noturno.

Figura 3.7-26 - Extrato do Mapa de ruído global para o indicador Ln (Noturno) para Campolide - Situação Atual

Fonte: (CML, 2008b)

3.7.2 População exposta a níveis de ruído acima dos limites legais

De forma a conhecer a evolução da população exposta a níveis sonoros prejudiciais à saúde e de que modo as medidas preventivas, em especial ao nível do planeamento urbano, e as medidas corretivas têm sido eficazes na redução do ruído a que a população residente na cidade de Lisboa está exposta, calculou-se (DMPU, 2009) o número de residentes expostos a níveis de ruído superiores aos limites legais. Para tal, utilizaram-se os dados obtidos nos Censos de 2001 relativos à população residente e áreas afetadas pelo ruído acima dos limites legais e considerou-se todo o território do município de Lisboa como zona acústica mista.

Com base no limite de LAeq ≤ 65dB(A) para o ruído ambiente exterior (período de referência diurno) e de LAeq ≤ 55 dB(A) para o ruído ambiente exterior (período de referência noturno), apresenta-se no Quadro 3.7-1 a população e áreas afetadas.

Quadro 3.7-1 - População e áreas afetadas por ruído acima dos limites legais

Fonte: (DMPU, 2009)

População		**Área (ha)**	
Período Diurno	**Período Noturno**	**Período Diurno**	**Período noturno**
114 585	106 843	2 141	1 792

O total da população que reside em zona acústica mista, com níveis sonoros acima dos limites de exposição sonora (LAeq ≥ 65 dB(A) e LAeq ≥ 55 dB(A), para o período de referência diurno e noturno, respetivamente) constitui, tanto em período

diurno como noturno, cerca de 20% da população residente na cidade. Localizando-se as habitações em áreas envolventes às principais vias de tráfego de atravessamento e avenidas com elevados fluxos de tráfego (CML, 2012b).

O total da área do território localizada em zona acústica mista, com níveis de ruído acima dos limites de exposição sonora constitui cerca de 25%, no período diurno e 21%, no período noturno, da área da cidade. No período noturno os valores são ligeiramente mais baixos, dado que há uma redução de tráfego que circula durante a noite, em especial nos grandes eixos viários como a Circular Regional Interior de Lisboa, A5, Eixo Norte-Sul e Radial de Benfica (CML, 2012b).

Tal como referido na análise dos mapas de ruído da cidade de Lisboa, as principais fontes sonoras dos centros urbanos e, portanto, na cidade de Lisboa são o tráfego rodoviário, ferroviário e aéreo. Não sendo de desprezar o ruído com origem em atividades industriais e algumas atividades comerciais e de lazer, em especial as noturnas.

3.7.3 Recetores sensíveis nas áreas em estudo

Os recetores sensíveis nas áreas em estudo dizem respeito, sobretudo, ao tecido urbano envolvente (residencial e serviços).

Em termos de recetores sensíveis (Figura 3.7-27), identificam-se na envolvente da área em estudo em Campolide alguns serviços e habitações, a cerca de 200 metros do local.

Figura 3.7-27 – Recetores sensíveis identificados na envolvente da área em estudo em Campolide

Na zona da Av. da Liberdade (Figura 3.7-28), Rua de Santa Marta (Figura 3.7-29 e Figura 3.7-30) e Av. Almirante Reis (Figura 3.7-31), os recetores sensíveis constituem essencialmente escritórios, habitações e cafés/restaurantes na envolvente imediata da área em estudo, incluindo serviços de restauração e comerciais com atividades no exterior.

Na Rua de Santa Marta, entre a Rua Alexandre Herculano e a Rua Barata Salgueiro, salienta-se especificamente a localização da Universidade Autónoma de Lisboa e do Hospital de Santa Marta, como recetores sensíveis que carecem de uma atenção especial (Figura 3.7-30).

Figura 3.7-28 – Recetores sensíveis na zona da Avenida da Liberdade (edifícios de habitação e serviços)

Fonte: (Google Earth, 2016)

Figura 3.7-29 – Recetores sensíveis no cruzamento da Rua de Santa Marta com a Rua Barata Salgueiro

Fonte: (Google Earth, 2016)

Figura 3.7-30 – Hospital de Santa Marta e Universidade Autónoma de Lisboa, recetores sensíveis na Rua de Santa Marta

Fonte: (Google Earth, 2016)

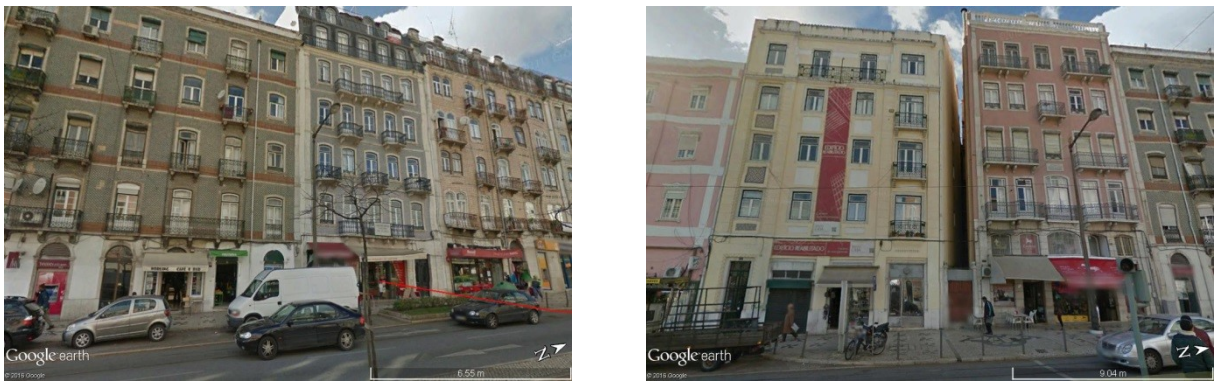


Figura 3.7-31 – Recetores sensíveis na Avenida Almirante Reis

Fonte: (Google Earth, 2016)

Em Santa Apolónia, embora um pouco mais afastados da área em estudo, existem vários recetores sensíveis (Figura 3.7-32 e Figura 3.7-33), constituindo igualmente espaços de restauração, serviços (esquadra PSP, creche, museu, entre outros) e zonas residenciais na envolvente mais alargada.

Figura 3.7-32 – Recetores sensíveis em Santa Apolónia (habitação e restauração)

Fonte: (Google Earth, 2016)

Figura 3.7-33 – Recetores sensíveis em Santa Apolónia (serviços – creche, esquadra da polícia e museu)

Fonte: (Google Earth, 2016)

No caso de Chelas e Beato, a densidade do tecido urbano é menor comparativamente às zonas em análise para o TMSA, no entanto, na envolvente das áreas em estudo, quer em Chelas (Figura 3.7-34), quer no Beato (Figura 3.7-35 e Figura 3.7-36),

verifica-se a existência de alguns recetores sensíveis, dos quais se destacam habitações, atividades de ensino/formação e a Igreja e antigo Convento do Grilo.

Figura 3.7-34 - Recetores sensíveis na envolvente da área em estudo, em chelas junto à Rua Amigos de Lisboa (à direita)

Figura 3.7-35 - Recetores sensíveis na envolvente da área em estudo, no Beato, junto à Rua Amigos de Lisboa (à esquerda, Alternativa TCB1 e TCB4) e junto à Calçada Dom Gastão (à direita, Alternativa TCB2)

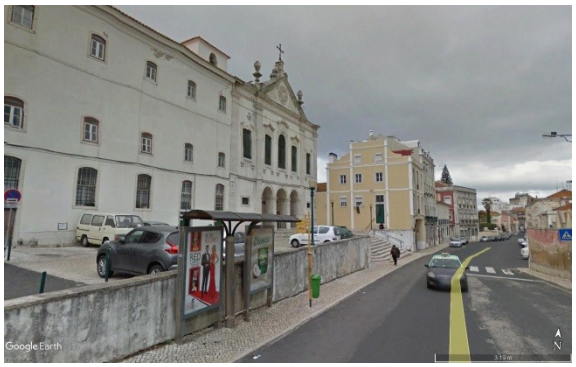


Figura 3.7-36 - Recetores sensíveis na envolvente da área em estudo, no Beato, junto à Rua do Grilo (Alternativa TCB3)

3.7.4 Tráfego nas principais vias envolventes aos locais em estudo

Por outro lado, importa caracterizar o tráfego nas vias existentes na envolvente, de forma a estimar, na avaliação de impactes, qual o possível aumento de tráfego e a significância desse impacte para os recetores sensíveis na sua envolvente. Assim, as

principais vias rodoviárias cujo tráfego poderá sofrer alterações durante a fase de construção e que poderá afetar os recetores sensíveis aí existentes apresentam-se no Quadro 3.7-2.

Quadro 3.7-2 - Tráfego horário nas principais vias adjacentes às zonas em estudo

Fonte: (CML, 2008a)

Identificação da via	Número total de veículos (nº veículos/hora)			Número de veículos pesados (nº veículos/hora)		
	Diurno (07-20h)	Entardecer (20-23h)	Noturno (23-07h)	Diurno (07-20h)	Entardecer (20-23h)	Noturno (23-07h)
Eixo Norte-Sul	1 980	2 004	894	63	39	5
Rua de Campolide	1 630	1 187	300	41	18	4
Avenida da Liberdade	1 423	947	417	52	30	15
Av. Infante D. Henrique	1 386	941	272	109	64	13
Estrada de Chelas	814	593	149	41	24	4

Os dados apresentados referem-se ao Mapa do Ruído de 2008 do PDM, tendo sido utilizados na sua elaboração, para as vias em que se considerou não ter havido alterações significativas, os dados constantes da Carta de Ruído existente e para as restantes situações recorreu-se a contagens de tráfego e elementos constantes de estudos de tráfego recentes.

3.8 FATORES BIOLÓGICOS E ECOLÓGICOS

3.8.1 Biodiversidade e ecossistemas na cidade de Lisboa

Lisboa abriga centenas de espécies arbóreas diferentes incluindo arbustos e herbáceas. Importa referir que as árvores podem ser responsáveis por abrigar um nicho ecológico servindo como estrutura de sobrevivência para espécies da fauna inclusive. Noutros casos em ambiente urbano, as espécies podem encontrar substrato nos terrenos expectantes, nas residências históricas abandonadas, margens de rios permeáveis, entre outros (Cardoso, 2011).

As aves são presença assídua no Concelho, dada a localização geográfica e a alta capacidade de tolerância do grupo. Entre espécies residentes e frequentadoras, encontram-se desde indivíduos comensais, como pombos e gaivotas, até migratórias como os flamingos. Além das aves, outras espécies também conseguem encontrar, nos centros urbanos, locais para se alimentar e reproduzir, como é o caso de alguns pequenos mamíferos, répteis, anfíbios, insetos, entre outros (Cardoso, 2011).

Os ecossistemas urbanos possuem uma dinâmica funcional similar à natural, com a particularidade de estarem sob influência direta dos elementos físicos (edificação, impermeabilização) e interagirem com as componentes antrópicas (cultural, étnica, social, econômica, política, sistemas de transporte, entre outros) (Cardoso, 2011).

Ao analisar-se os ecossistemas do Concelho de Lisboa é necessário considerar que os tipos de ecossistemas presentes estão integrados aos demais Concelhos nas áreas envolventes nas quais se estabelecem as áreas da Rede Fundamental de Conservação da Natureza e da Biodiversidade, Plano Nacional de Sintra Cascais, Plano Nacional da Arrábida, Rede Agrícola Nacional e Rede Ecológica Nacional. Atualmente existe na cidade um conjunto de ecossistemas não muito populares – como terrenos expectantes, telhados verdes, entre outros – porém muito funcionais quando o tema é biodiversidade urbana e manutenção dos serviços de ecossistemas (Cardoso, 2011).

Na cidade de Lisboa existem áreas verdes, no centro e com grande influência na qualidade ambiental devido à extensão territorial ou estado de preservação em que se apresentam, sendo de destacar a Tapada da Ajuda, o Parque Florestal de Monsanto, Parque do Monteiro-Mor, Parque Eduardo VII, Jardim Botânico da Universidade de Lisboa, Jardim do Campo Grande, Jardim da Fundação Calouste Gulbenkian, Jardim Guerra Junqueiro, Jardim Marcelino Mesquita, Jardim de São Pedro de Alcântara, Jardim Teixeira Rebelo, Jardim Zoológico, Parque das Nações, Parque Silva Porto (Cardoso, 2011).

3.8.2 Vegetação no concelho de Lisboa

3.8.2.1 Flora e Fitogeografia

A vegetação existente no Concelho de Lisboa encontra-se muito degradada e recentemente não têm sido detetadas espécies da flora com interesse para proteção. Na Serra de Monsanto encontraram-se registos de espécies com interesse como a Ionopsidium acaule (espécie prioritária) referenciada em 1896 e a Orchis simia, embora nenhuma delas tenha sido encontrada nos últimos 30 anos. Na zona da Ajuda existem referências relativas à Vulpia unilateralis (L.) Stace considerada atualmente como extinta para Portugal (Souto Cruz, 2004).

Em termos fitogeográficos, segundo Franco (1996), Lisboa encontra-se na sua quase totalidade na zona fitogeográfica do Centro-Sul Plistocénico, com exceção da Serra de Monsanto que se incluiu na zona fitogeográfica do Centro-Oeste Olissiponense (Figura 3.8-1). Esta classificação apresenta-se ainda como relevante na medida em que a distribuição da Nova Flora de Portugal se remete a esta distribuição.

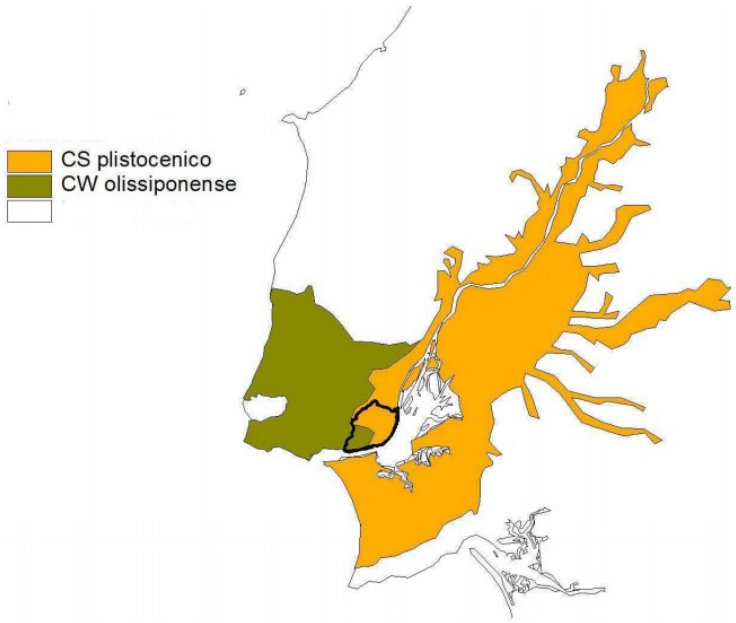


Figura 3.8-1 - Zonagem fitogeográfica segundo Amaral Franco

Numa classificação mais recente segundo Costa *et al* (1998), igualmente em termos fitogeográficos, Lisboa encontra-se no Superdistrito Olissiponense, Subsetor Oeste-Estremenho, Setor Divisório Português, Província Gaditano-Onubo-Albarviense, Super Província Mediterrâneo-ibero-atlântica, Sub-região Mediterrânica Ocidental, Região Mediterrânica e do Reino Holártico (Figura 3.8-2).

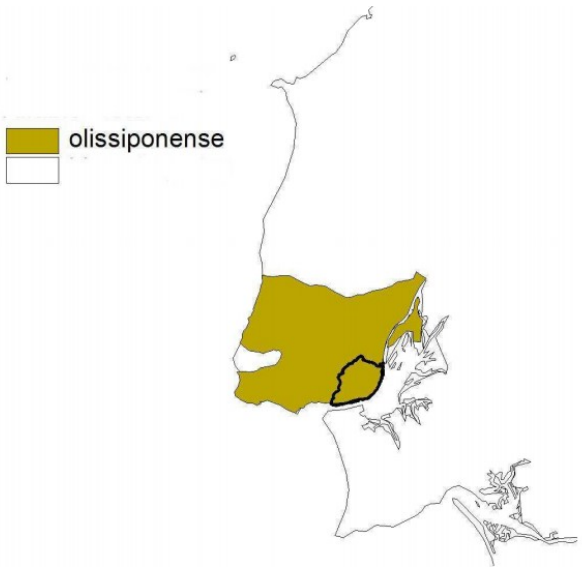


Figura 3.8-2 - Zonagem fitogeográfica segundo Costa et al (1999)

Segundo as cartas ecológicas de Pina Manique e Albuquerque (Albuquerque, 1982), Lisboa localiza-se integralmente na zona fitoclimática Atlante-Mediterrânea (Figura 3.8-3), em andar basal (abaixo dos 400 m) e levando como indicadores fitoclimáticos, *Olea europaea* var. *sylvestris*, *Pinus pinea, Pinus pinaster, Quercus faginea* e *Quercus suber*.

Figura 3.8-3 - Zonagem Ecológica de Portugal segundo Albuquerque (1982)

3.8.2.2 Vegetação natural e seminatural

A vegetação potencial (Figura 3.8-4) é a do carvalhal da zona húmida quente (cabeços, arribas e encostas) e, no sistema húmido, a da associação ribeirinha dos aluviões e talvegues (galerias e margens ripícolas) (Souto Cruz, 2004).

O clima da região e a abundância de água permite que muitas das espécies exóticas que existem em avenidas, jardins públicos e quintas tradicionais, possam ser consideradas como características da cidade e muitas outras espécies, também exóticas, como "pioneiras" na recuperação do coberto vegetal (Souto Cruz, 2004).

A vegetação natural encontra-se representada nas matas, matos e prados. Nos olivais, hortas, pomares e nas quintas de recreio encontram-se as espécies representativas da flora cultural. Os jardins botânicos, para além do interesse científico e histórico, dão, por sua vez, uma ideia das potencialidades ecológicas da região (Souto Cruz, 2004).

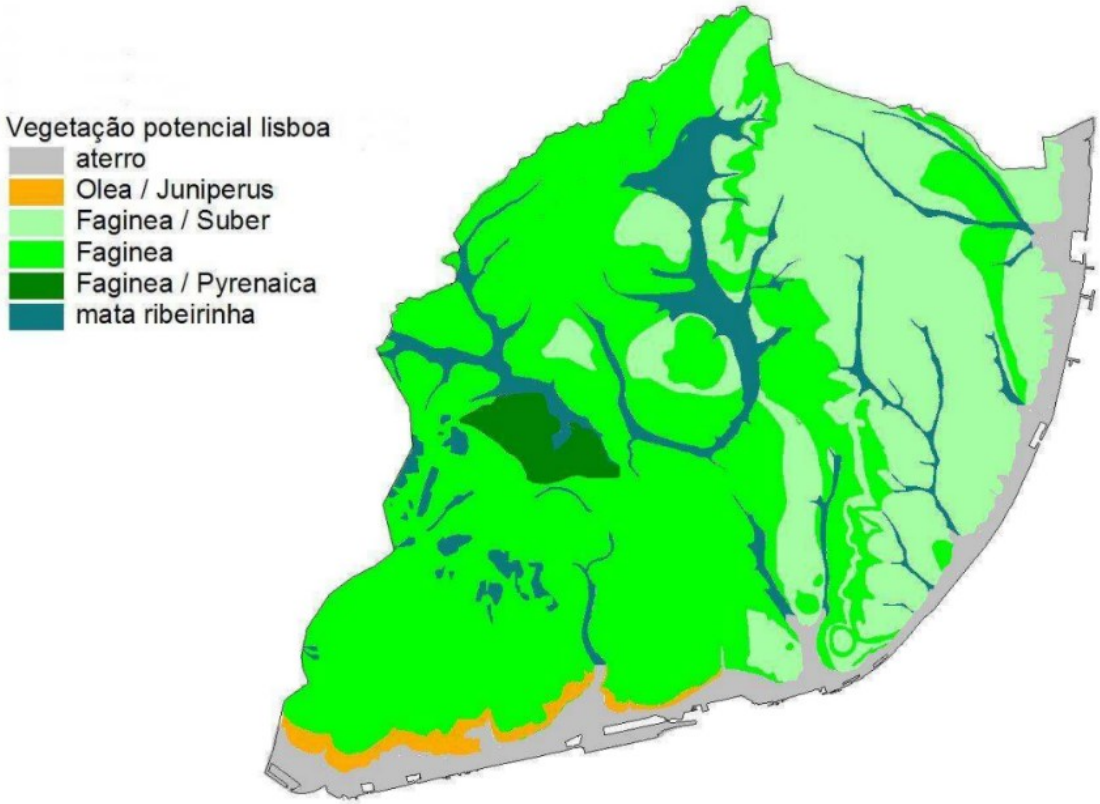


Figura 3.8-4 - Vegetação potencial em Lisboa

Na fase atual e com a informação disponível, considera-se que o principal agrupamento vegetal potencial corresponde ao carvalhal marcescente dominando por *Quercus faginea* na zona oriental de Lisboa em solos areniticos. O sobreiral (denominado por *Quercus suber*) constituiu a vegetação potencial. Em solos verticos sub-higrófilos da encosta norte da Serra de Monsanto a vegetação potencial corresponde ao carvalhal caducifólio dominado por *Quercus pyrenaica*. Nas zonas próximas do litoral onde a influência oceânica determinaria condições ambientais de elevada xericidade o domínio corresponderia ao zambujal (dominado por *Olea europaea* var. *sylvestris*), o qual seria substituído na franja mais próxima do litoral por matagais xerofílicos com *Pistacia lentiscus* e Juniperus turbinata (Souto Cruz, 2004).

Nas zonas de aterro sobre os aluviões ribeirinhos não foi definida qualquer tipologia de vegetação potencial devido à diversidade de condições do substrato onde ocorre um mosaico de habitats higrófilos, halo-higrofilos e xerófilos (Souto Cruz, 2004).

3.8.3 Áreas sensíveis

Na Figura 3.8-5 apresenta-se o enquadramento regional do Concelho de Lisboa, que integra a área em estudo, face às áreas de conservação da natureza ocorrentes, nomeadamente, as Áreas Protegidas geridas pelo ICNF e a Rede Natura 2000 (Sítios de Importância Comunitária e Zonas de Proteção Especial).

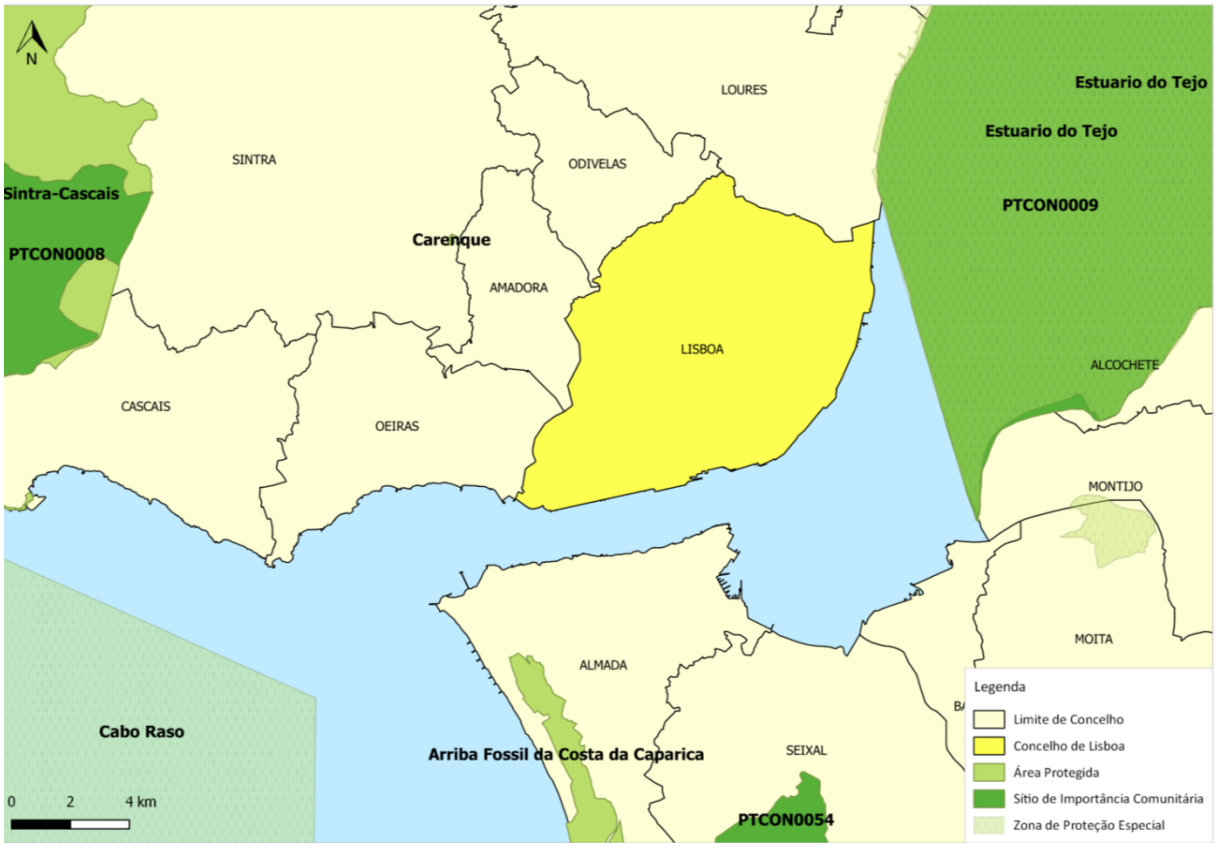


Figura 3.8-5 - Enquadramento regional da área em estudo face às áreas de conservação da natureza na envolvente

Fonte: (ICNF, 2016)

Na envolvente alargada da área em estudo, encontram-se as seguintes áreas de conservação:

- Reserva natural do Estuário do Tejo
- Paisagem Protegida da Arriba Fóssil da Costa da Caparica
- Parque Natural Sintra Cascais
- Monumento Natural de Carenque
- SIC Estuário do Tejo (PTCON0009)
- SIC Fernão Ferro/Lagoa de Albufeira (PTCON0054)
- SIC Sintra Cascais (PTCON0008)
- ZPE Estuário do Tejo (PTZPE0010)
- ZPE Cabo Raso

A área em estudo não é abrangida por qualquer estatuto de proteção, não estando inserida em qualquer área classificada, verificando-se a existência de áreas de conservação apenas na sua envolvente alargada.

3.8.3.1 Estuário do Tejo

Das áreas de conservação referidas salienta-se o estuário do rio Tejo, dada a proximidade relativamente à área em estudo. A importância e valor do estuário do rio Tejo advêm, em parte, do facto de se tratar de um ecossistema caracterizado por uma elevada biodiversidade e uma notável diversidade paisagística. O estuário inclui as maiores extensões contínuas de sapal e as de maior significado no país, sendo também de destacar a grande extensão da zona intertidal, que desempenha funções essenciais para a manutenção dos ecossistemas estuarinos e do litoral adjacente. Constitui um ecossistema de extrema

importância para peixes migradores e aves aquáticas. Efetivamente, na zona do estuário ocorre um número significativo de espécies de aves, algumas das quais utilizam esta área para nidificarem e outras como local de invernada ou durante a migração. Os juvenis de espécies de peixe com valor comercial, como o robalo, a faneca, a solha e o linguado, utilizam o estuário como local de desenvolvimento (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

Os fatores de perturbação deste ecossistema estão relacionados com a deterioração da qualidade das suas águas, resultante das atividades e ocupação humanas verificadas na sua bacia hidrográfica. As atividades agrícolas, a descarga de águas residuais domésticas e industriais, a pressão turística e urbana e a caça furtiva constituem ameaças à sobrevivência deste importante ecossistema (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

A sua importância, sob o ponto de vista da conservação da natureza, está consubstanciada no facto de constituir, ao abrigo do Decreto-Lei nº 565/76, de 19 de maio, uma zona com estatuto de proteção especial (Reserva Natural do Estuário do Tejo). A nível internacional, integra a rede de áreas abrangidas pela Diretiva Aves (Zona de Proteção Especial) (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

3.8.4 Caracterização nas áreas em estudo

A cidade de Lisboa apresenta diversas áreas verdes, no centro e com grande influência na qualidade ambiental devido à extensão territorial ou estado de preservação em que se apresentam, no entanto, a área em estudo não interfere diretamente com nenhuma das áreas referidas. Por um lado, grande parte da área em estudo ocorre em profundidade, pelo que por si só não interceta potenciais locais de importância em termos de fauna e flora, os locais à superfície são pontuais e em zonas sobretudo com valências urbanas onde a biodiversidade existente é reduzida. Das áreas referidas, apenas o Parque Eduardo VII se encontra mais próximo da área em estudo, junto à Avenida da Liberdade/Santa Marta, distando ainda assim cerca de 600 metros.

Das visitas de campo realizadas conclui-se que a maioria das zonas incluídas na área em estudo ocorrem em locais já intervencionados e impermeabilizados, não constituindo locais propícios à existência de espécies animais ou vegetais de relevância.

Salienta-se a área em estudo na zona de Campolide, que diz respeito a um local com terreno livre, onde se verifica a existência de alguma vegetação, com zonas pontuais de vegetação densa. Neste âmbito refira-se também área em estudo junto a Chelas, onde o local a intervir apresenta, em parte, alguma vegetação.

Como relevante é destacar a importância ecológica do Estuário do Tejo, embora nas zonas especificamente de Santa Apolónia e Beato seja de reduzido interesse ecológico pela elevada pressão gerada pelas atividades económicas no local, nomeadamente portuárias, como os cruzeiros em Santa Apolónia e movimentação de embarcações a granel e outras no Beato.

Salienta-se ainda a zona de Santa Apolónia, especificamente o Largo do Museu de Artilharia e Avenida Infante Dom Henrique, pelo arvoredo que apresenta.

3.8.4.1 Caracterização do arvoredo no Largo do Museu de Artilharia/Avenida Infante Dom Henrique (Santa Apolónia)

De acordo com a localização da área em estudo na zona de Santa Apolónia, em Setembro de 2016, foi elaborada pelo Núcleo de Arvoredo e Fitossanidade da CML uma avaliação do arvoredo existente com base em inspeção visual (Figura 3.8-6 a Figura 3.8-9). Foram identificados 14 exemplares cuja caracterização se apresenta no Quadro 3.8-1. Esta análise complementa-se com a avaliação de risco e registo fotográfico dos exemplares existentes já efetuada em 2015 aquando da análise do arvoredo

local no âmbito das Intervenções na Frente Ribeirinha Santa Apolónia – Praça do Comércio, também efetuadas pela CML. Os relatórios do respetivos pareceres técnicos apresentam-se no Anexo II-4.

Quadro 3.8-1 – Avaliação visual e avaliação de risco do arvoredo existente no Largo do Museu de Artilharia e Av. Infante Dom Henrique
Adaptado de (CML, 2015b) e (CML, 2016b)

Código SIG	Morada	Espécie	PAP (cm)	Avaliação visual	Avaliação de risco
360341071001	Largo do Museu de Artilharia	*Jacaranda mimosifolia*	164	Exemplar antigo. Apresenta bom vigor apesar de ter uma área morta extensa ao longo do fuste desde o colo. Internamente é visível a presença de cavidade longitudinal ao longo de todo o fuste. Inclinação do fuste e algum desequilíbrio da copa.	9
360341071002	Largo do Museu de Artilharia	*Jacaranda mimosifolia*	233	Exemplar antigo. Apresenta bom vigor. Cavidade grande ao longo de todo o fuste com madeira de reação desenvolvida. Passeio levantado pelo sistema radicular. Forte rebentação basal.	8
360341070001	Largo do Museu de Artilharia	*Tilia spp*	93	Muita rebentação basal e ao longo do fuste, devido a podas mal executadas.	4
360341070002	Largo do Museu de Artilharia	*Tilia spp*	111	Rebentação no fuste e base dos ramos devido a poda excessiva.	4
360341070003	Largo do Museu de Artilharia	*Citrus sinensis*	81	Nada a assinalar.	3
360341070004	Largo do Museu de Artilharia	*Eriobotrya japonica*	118	Exsudações no fuste.	3
360341070005	Largo do Museu de Artilharia	*Citrus sinensis*	90	Nada a assinalar.	3
360341070006	Largo do Museu de Artilharia	*Tilia spp*	110	Nada a assinalar.	3
360341070007	Largo do Museu de Artilharia	*Ficus elastica*	190	Encostada ao muro.	8
360341070008	Largo do Museu de Artilharia	*Ficus elastica*	335	Apresenta pernada com sinais de problemas: fendilhamento da casca, menor vigor, folhagem mais esparsa e miúda. Raiz superficial com os mesmos sinais.	7
360341071002	Largo do Museu de Artilharia	*Celtis australis*	340	Exemplar de grande porte já antigo. Apresenta grande descontinuidade no fuste devido à presença de uma cavidade antiga. Na copa é visível o sinal de rotura de pernada que deixou a copa um pouco desequilibrada. Presença de alguns ramos secos. Presença de fungo xilófago no colo.	10
360062891013	Doca do Cais da Pedra	*Pinus pinea*	30	Aspeto débil.	3
360062891012	Doca do Cais da Pedra	*Pinus pinea*	85	Inclinação para o estacionamento.	3
360062891011	Doca do Cais da Pedra	*Pinus pinea*	97	Nada a assinalar.	3

Figura 3.8-6 - Exemplar 360341071001 - *Jacaranda mimosifolia* (à esquerda) com pormenor do fuste na zona de madeira morta com cavidade interna (à direita)

Fonte: (CML, 2015b)

Figura 3.8-7 - Exemplar 360341071002 - *Celtis australis* (à esquerda) com pormenor da cavidade na zona do colo (à direita)

Fonte: (CML, 2015b)

Figura 3.8-8 - Exemplares 360341070006, 360341070007 e 360341070008 no Largo do Museu de Artilharia

Fonte: (CML, 2015b)

Figura 3.8-9 - Exemplar 360341070008 – *Ficus elastica*, pernada doente (à esquerda) com pormenor da pernada doente com fendilhamento da casca na base (à direita)

Fonte: (CML, 2015b)

Em geral, o arvoredo desta zona encontra-se em bom estado, havendo, no entanto, algumas situações a realçar (CML, 2015b). No Capitulo 5 e de acordo com as intervenções propostas para o projeto em estudo, são apresentadas as intervenções propostas para o local ao nível do arvoredo existente, com base na avaliação visual e avaliação de risco efetuadas.

3.9 PAISAGEM

3.9.1 Enquadramento

A caracterização da situação de referência da componente paisagem tem como objetivo o conhecimento e a compreensão, à escala regional, da paisagem do local em estudo (Cancela d'Abreu, Pinto-Correia, & Oliveira, 2002). Assim, esta caracterização compreende várias aproximações metodológicas: inicialmente uma caracterização objetiva com o estudo dos elementos estruturantes do território e o estudo do funcionamento e da participação de cada elemento no mesmo e, posteriormente, uma caracterização mais subjetiva, que consiste na caracterização e avaliação da manifestação visual do território, que é conhecida por paisagem.

A recolha de informação para a caracterização da situação de referência foi realizada quer em trabalho de gabinete, quer a informação constante no PDM de Lisboa e documentos que o acompanham, assim como outros documentos relevantes.

3.9.2 Caracterização da Paisagem a nível regional e municipal

3.9.2.1 Estrutura da paisagem

Hipsometria

No âmbito da caracterização biofísica de Lisboa efetuada aquando da revisão do PDM, a carta hipsométrica (Figura 3.9-1) foi elaborada com base na Planta de Altimetria do Levantamento Aerofotogramético de 1998 à escala 1:1000, tendo sido definidas 7 classes de altimetria entre os 0 e os 220 m, correspondendo a intervalos entre 10 a 70 m, consoante as classes.

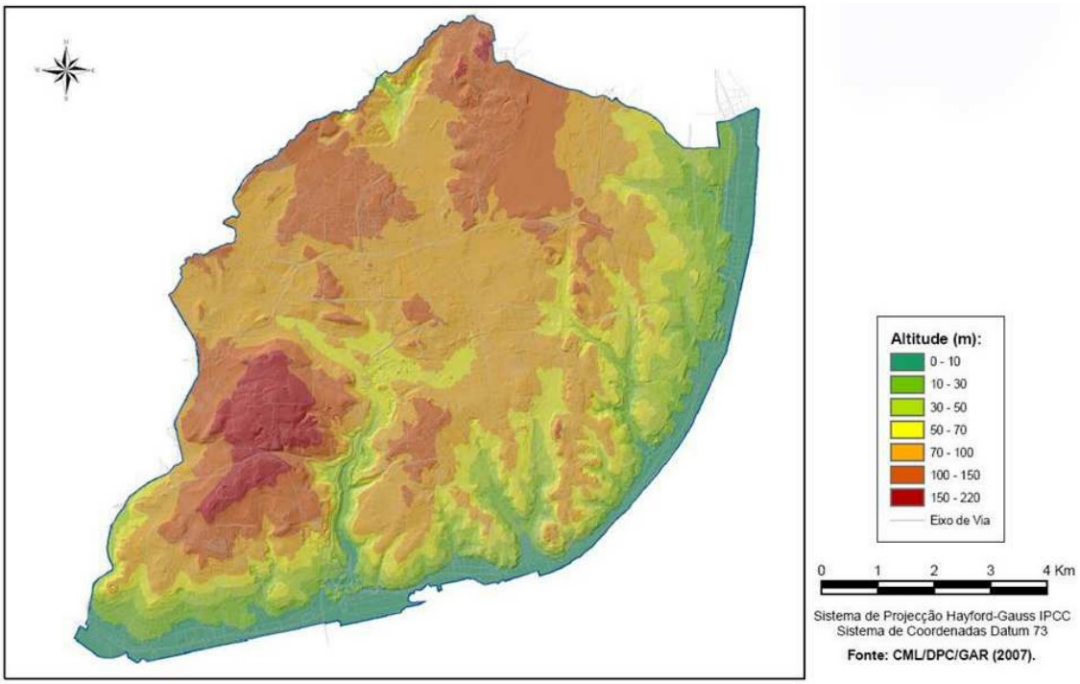


Figura 3.9-1 - Carta hipsométrica do concelho de Lisboa

Fonte: (CML, 2010b)

Pela observação cartográfica constata-se que a diferença de cotas altimétricas existentes em Lisboa ocorre entre o nível do mar até à cota dos 220 m, que se atinge na Serra de Monsanto, pelo que não existe uma grande diversidade altimétrica. O

território de Lisboa é dominado por áreas com altitude inferior a 100 m, sendo a grande exceção a Serra de Monsanto (CML, 2010b).

As áreas correspondentes a toda a zona ribeirinha e aos vales interiores têm alturas maioritariamente inferiores aos 30 m e as encostas rondam alturas aproximadas aos 70 m. Por outro lado, a zona central da Serra de Monsanto atinge cotas superiores a 150 m, sendo as restantes áreas, maioritárias, na ordem dos 70 a 100 m (CML, 2010b).

Na zona Norte do concelho, salienta-se a zona da Ameixoeira e Aeroporto, onde se atinge, tal como na Serra de Monsanto ainda que de forma pontual, a maior classe de altitudes, considerando a escala adotada. Merecendo ainda algum destaque a zona de Telheiras e Carnide, em que domina a classe de altitudes dos 100 aos 150 m, só voltando a verificar-se estas alturas na zona de Campolide (CML, 2010b).

Por este motivo se depreende que as situações altimétricas verificadas estão associadas a circunstâncias específicas – os vales afluentes do Tejo, a margem ribeirinha do Tejo, a serra de Monsanto e a zona planáltica. As duas primeiras situações definem as cotas mais baixas, associadas à presença, circulação e acumulação de água (CML, 2010b).

Morfologia

A carta de Morfologia do concelho de Lisboa (Figura 3.9-2) foi produzida no âmbito do Aprofundamento do Plano Verde de Lisboa, em 2002, com base na Planta de Altimetria do Levantamento Aerofotogramético de 1998 à escala 1:1000.

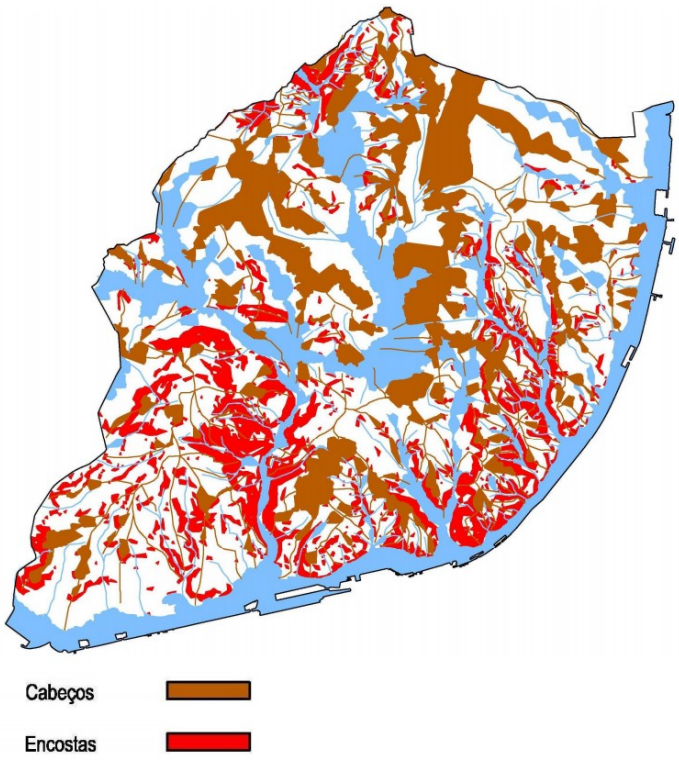


Figura 3.9-2 - Morfologia do concelho de Lisboa

Fonte: (CML, 2010b)

A caracterização geomorfológica do Concelho revela a presença de áreas significativas de cabeços largos na zona central e zonas com relevo moderado nas restantes áreas, que se traduz numa malha mais apertada de festos e talvegues. As zonas de encosta são caracterizadas aqui pelos declives superiores a 25% (CML, 2010b).

Os principais vales de Lisboa, diretamente tributários do estuário do Tejo encontram-se em Alcântara, Chelas, Valverde (Av. Liberdade), Arroios (Almirante Reis) Marvila e Olivais. Os vales ao longo da margem oriental da cidade definem colinas, de declives relativamente acentuados e variados, distribuídas irregularmente ao longo da costa, sendo as principais a colina do Castelo, da Graça e Senhora do Monte (S. Gens). Destaca-se a Serra de Monsanto na zona ocidental de Lisboa, limitada a poente pelo Vale da Ribeira de Alcântara, constituída pelo complexo vulcânico de Lisboa e que constitui o ponto dominante da paisagem (CML, 2010b).

A norte do concelho dominam as zonas planálticas, compostas por extensas áreas de relevo pouco acentuado, com a ocorrência de zonas baixas aluvionares em Benfica, Sete Rios, Campo Grande e Charneca. Estas extensas zonas mais baixas são separadas por elevações de declive moderado, com exceção da Serra da Ameixoeira, de declive mais acentuado. Ao longo do limite norte do concelho desenvolve-se a zona alcantilada, composta por encostas de declive muito acentuado e de exposição predominante a norte (CML, 2010b).

Exposição de encostas

A carta de exposição de encostas (Figura 3.9-3), efetuada no âmbito da caracterização biofísica de Lisboa aquando da revisão do PDM, foi elaborada sobre Planta de Altimetria do Levantamento Aerofotogramético de 1998 à escala 1:1000 e MDT.

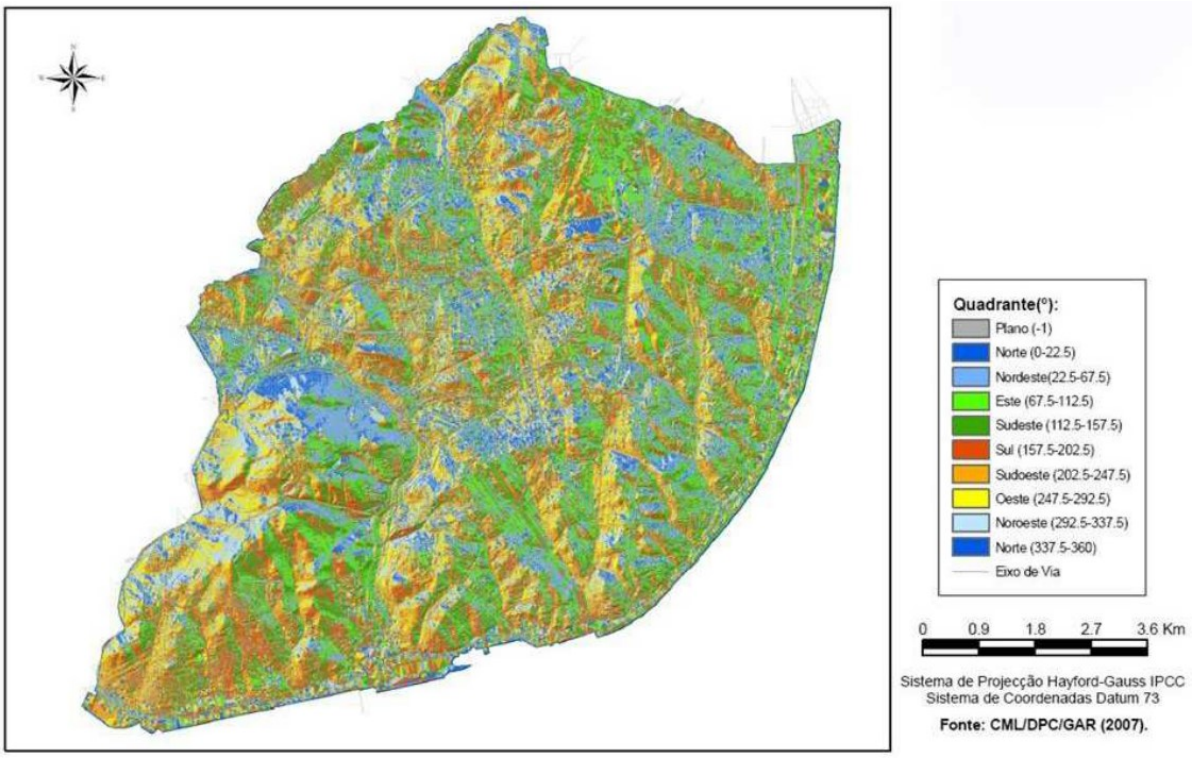


Figura 3.9-3 – Carta de exposição de encostas do concelho de Lisboa

Fonte: (CML, 2010b)

Verifica-se que a Sul do concelho de Lisboa as encostas se encontram expostas maioritariamente a Sudeste e Sudoeste. À medida que caminhamos para Norte deste território, começa a dominar a exposição Norte e Nordeste. Os quadrantes poentes têm dominância de orientações Sudoeste e nos quadrantes nascente predominam as orientações Este e Sudoeste. Localmente há muitas variações produzidas por elevações que condicionam a orientação solar (CML, 2010b).

3.9.2.2 Unidades de paisagem

Na sequência da Convenção Europeia da Paisagem (CEP), em 2004, a nível nacional foi desenvolvido pela Direção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano (DGOTDU) o estudo "Contributos para a Identificação e Caracterização da Paisagem em Portugal Continental".

Como enquadramento à escala regional a área em apreço, nomeadamente a cidade de Lisboa, encontra-se, de acordo com a classificação adotada pela DGOTDU no grupo de paisagem M - Área Metropolitana de Lisboa – Norte, enquadrada na unidade 77 Lisboa. Dada a extensão do traçado dos túneis, a área em estudo está inserida nas duas subunidades 77 A – Centro Histórico e 77 B – Envolvente do Centro Histórico.

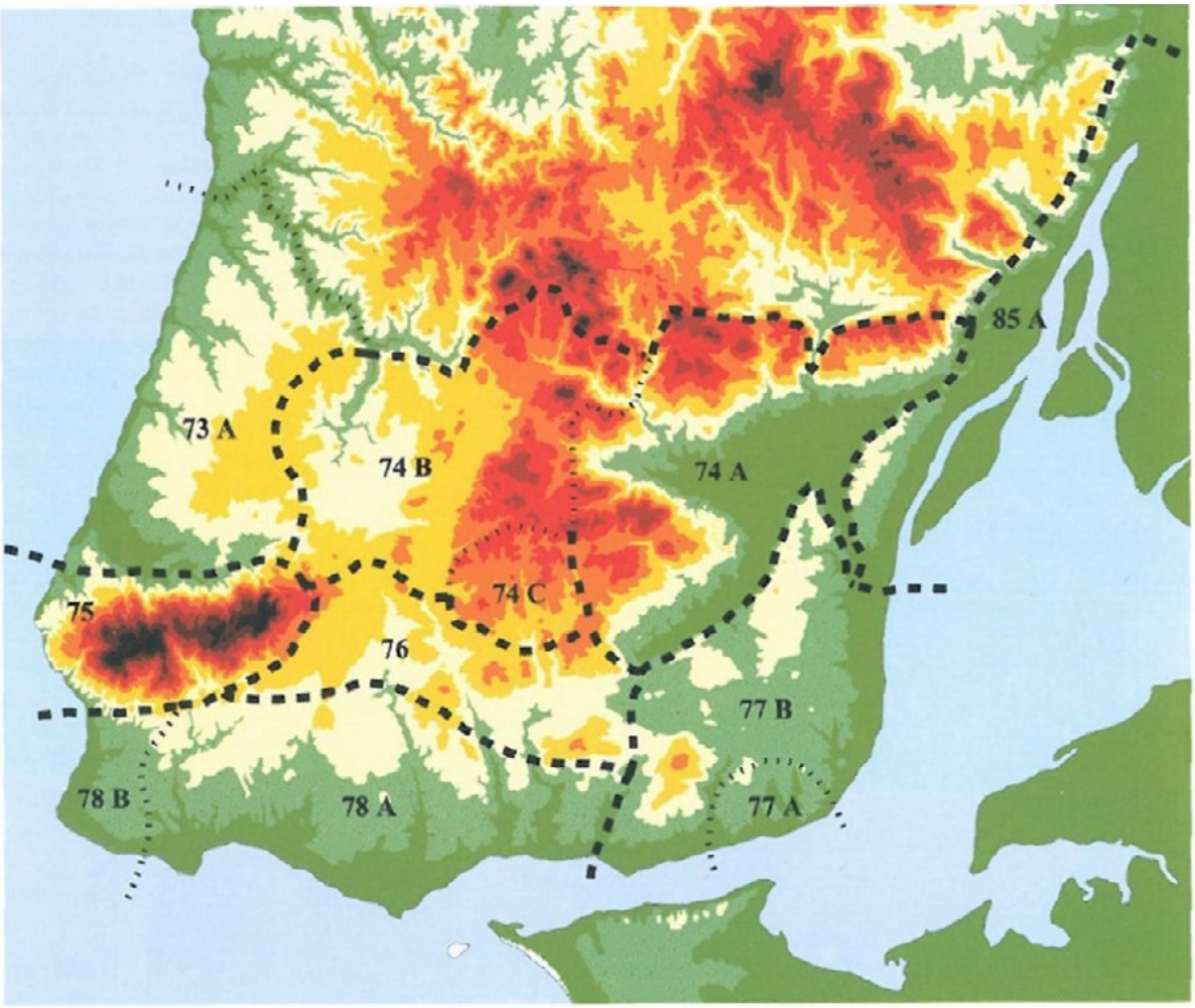


Figura 3.9-4 – Unidades e subunidades de paisagem da Área Metropolitana de Lisboa - Norte

Fonte: (DGOTDU, 2004)

Ainda em termos regionais o esquema do modelo territorial do PROT-AML (Figura 3.9-5) traduz os objetivos e orientações das opções estratégicas, e orienta a reconfiguração espacial e funcional do território. Tem por base as Unidades Territoriais – áreas para as quais é preconizada uma abordagem conjunta e uma intervenção integrada. Com base na caracterização das Unidades Territoriais efetuada, a área em estudo situa-se na Unidade Territorial 2 - Lisboa Centro Metropolitano. Esta unidade territorial corresponde sensivelmente ao concelho de Lisboa, com exceção da área a noroeste do aeroporto, e constitui o centro da AML. Cerca de 85% desta área é classificada como urbano consolidado, nela se atingindo, em termos globais, as maiores densidades de ocupação da AML (CCDR-LVT, 2002).

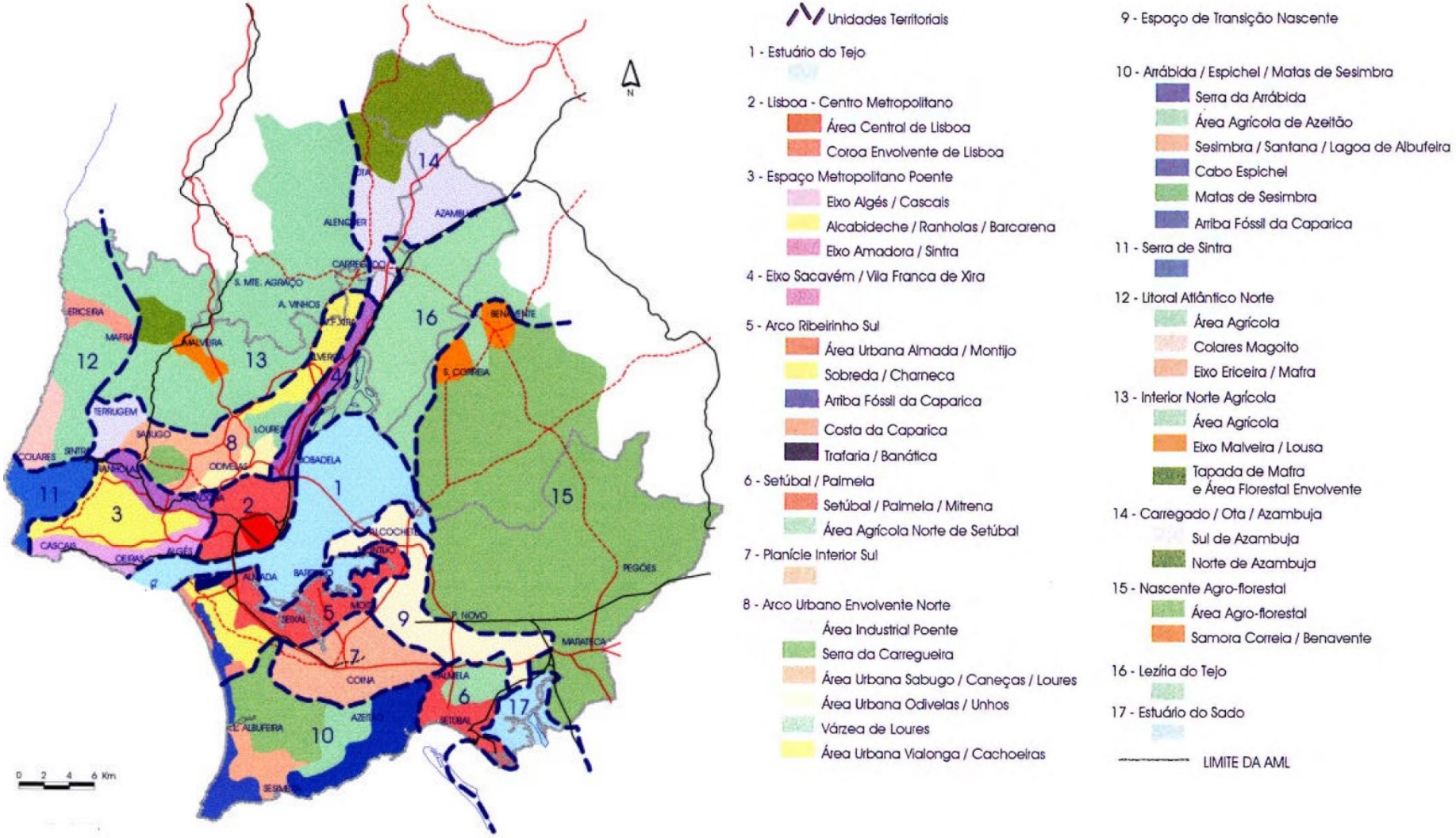


Figura 3.9-5 – Unidades Territoriais, PROT-AML

Fonte: (CCDR-LVT, 2002)

Embora assim identificada, os limites da unidade "Lisboa-Centro Metropolitano" são naturalmente difusos, apresentando uma forte continuidade espacial e funcional com as unidades envolventes, em particular nas áreas de fronteira com os grandes eixos urbanos que dela irradiam: Cascais; Sintra; Loures e Vila Franca de Xira (CCDR-LVT, 2002).

Nesta unidade polarizadora concentra-se a grande maioria dos equipamentos e serviços de nível superior e nele convergem as principais infraestruturas de transportes e grandes fluxos de população e bens, o que tem determinado problemas de congestionamento e de funcionalidade.

Em termos gerais, esta área estrutura-se: numa área central que engloba as áreas históricas do centro, onde existem áreas com graves problemas de desertificação populacional e de decadência comercial; nos espaços de importância histórico-cultural de Ajuda e Belém; nos grandes eixos de crescimento inicial da cidade, onde se localizam importantes manchas de terciário; em áreas pontuais e eixos desqualificados e degradados, designadamente associados a bairros históricos, áreas industriais e de armazenagem em decadência e áreas de habitação social; numa faixa envolvente mais recente, desenvolvida em torno da 2.ª circular, prolongada pelo eixo N/S, onde se registaram e continuam a registar fenómenos de densificação acelerada (CCDR-LVT, 2002).

Nas áreas de fronteira com os principais eixos de crescimento urbano que dela irradiam ocorrem, ainda, lacunas e desarticulações de infraestruturação, fenómenos de desqualificação do espaço urbano, designadamente a existência de núcleos de barracas e outro tipo de habitação degradada, em promiscuidade com unidades industriais e de armazenagem em declínio, abandonadas ou, de um modo geral, pouco cuidadas inseridas num espaço público não minimamente tratado (CCDR-LVT, 2002).

Os problemas de pobreza, exclusão ou, de alguma forma, de desqualificação social são nesta unidade particularmente graves, afetando cerca de 30% da população residente, agravados pela presença significativa de minorias étnicas residentes em bairros degradados (CCDR-LVT, 2002).

3.9.3 Caracterização da paisagem na área na proximidade imediata do projeto

Em termos paisagísticos, ao longo da extensão do traçado dos túneis em análise, verifica-se uma diversidade de ocupação do solo tanto em tipologia como funcionalidade. Esta diversidade engloba núcleos urbanos tradicionais e de recente desenvolvimento, áreas patrimoniais e de paisagem de grande qualidade, como o Parque Natural de Monsanto localizado na envolvente do local onde tem início do traçado do TMSA ou o Parque Eduardo VII, próximo da área em estudo junto à Av. da Liberdade. A própria Av. da Liberdade constitui um eixo condutor até à Baixa da cidade, terminando junto ao Rio Tejo.

Na generalidade as zonas caracterizam-se por uma componente natural (Figura 3.9-6) e humanizada (Figura 3.9-7) em Campolide e Chelas (Figura 3.9-11). Por uma forte componente urbana na Avenida Liberdade (Figura 3.9-8), Rua de Santa Marta e Avenida Almirante Reis (Figura 3.9-9) e por uma interface urbana, portuária e influência de rio em Santa Apolónia (Figura 3.9-10) e Beato (Figura 3.9-12).

Figura 3.9-6 – Vista da área em estudo na Zona 1 (Campolide) para a zona de Monsanto

Fonte: (Google Earth, 2016)

Figura 3.9-7 – Vista da área em estudo na Zona 1 (Campolide) para a área de tecido urbano na envolvente

Fonte: (Google Earth, 2016)

Figura 3.9-8 - Vista da Avenida da Liberdade, como eixo condutor até à zona da Baixa da cidade de Lisboa

Fonte: (Google Earth, 2016)

Figura 3.9-9 - Vista completamente urbanizada na envolvente da Avenida Almirante Reis

Fonte: (Google Earth, 2016)

Figura 3.9-10 - Interface urbana, portuária e influência de rio característica da Zona 4, em Santa Apolónia

Fonte: (Google Earth, 2016)

Figura 3.9-11 – Vista da Zona 5 (Chelas) com evidência para a coexistência de zonas naturais e humanizadas

Fonte: (Google Earth, 2016)

Figura 3.9-12 – Interface entre a zona urbana e portuária com influência de rio característica da Zona 6, no Beato

Fonte: (Google Earth, 2016)

3.10 PATRIMÓNIO ARQUEOLÓGICO E ARQUITETÓNICO

A caracterização do património arqueológico e arquitetónico com vista a identificar a existência de zonas patrimoniais foi realizada primeiramente com base na análise das existências na cidade de Lisboa, de acordo com a classificação das áreas de valor arqueológico, de nível arqueológico I, II ou III, bem como do património classificado a nível nacional. Destaque-se que esta análise preliminar levou desde logo à identificação de uma zona em que poderia ocorrer interferência específica na área de estudo, nomeadamente a Muralha Fernandina na zona de Santa Apolónia. Neste local procedeu-se a uma campanha de sondagens arqueológicas específicas, que são documentadas no subcapítulo 3.10.3.

De seguida, procede-se à análise das existências ao longo da zona em estudo, com base na Avaliação do Fator Património Arqueológico, Arquitetónico e Etnográfico elaborada pela empresa da especialidade – EMERITA, Empresa Portuguesa de Arqueologia - com recurso a pesquisa documental e trabalhos de campo efetuados em fevereiro de 2017. O estudo completo (EMERITA, 2017) apresenta-se no Anexo AII-3-a.

Por último apresenta-se para a zona de Santa Apolónia as sondagens arqueológicas efetuadas, de forma a precisar a existência e localização dos restos das cercas de Lisboa. O relatório completo com os resultados das sondagens arqueológicas apresenta-se no Anexo AII-3-b.

3.10.1 Património Arqueológico

O Património arqueológico, enquanto conjunto de materialidades legadas pelo passado humano, ocultas no subsolo ou integradas no edificado, constitui um recurso cultural a potenciar que pode ser permanentemente ameaçado se não for devidamente acautelado. No caso particular do município de Lisboa, sujeito a enormes pressões urbanísticas, as questões

relacionadas com o registo, a salvaguarda, a divulgação e, mesmo, a rentabilização do Património Arqueológico, colocam-se com especial relevância (CML, 2012b).

De facto, a posição geográfica de Lisboa, no estuário do Tejo, parece ter sempre funcionado como foco de atração para a ocupação humana, antes mesmo do aparecimento da própria Cidade e da sua elevação a Capital. Na realidade, no território de Lisboa foram detetados vestígios da Pré-História (relativos aos períodos do Paleolítico, Mesolítico, Neolítico e Calcolítico), da Proto-História (Idade do Bronze e Idade do Ferro), da Época Romana, da Época Medieval Muçulmana e da Época Medieval Cristã. Relativamente a períodos mais recentes, o Terramoto de 1755 gerou uma densidade de vestígios de Época Moderna sem paralelo no contexto ibérico (CML, 2012b).

Só em finais da década de 80 do século XX, o município foi sendo alvo de uma prática arqueológica mais ou menos regular, impulsionada pela consciencialização e reconhecimento da importância da salvaguarda do património cultural que também deu origem à Lei de Bases do Património Cultural, Lei 13/85 de 6 de Julho (CML, 2012b).

A implementação no Plano Diretor Municipal de Lisboa de 1994 de um mapeamento de duas "Áreas de Potencial Valor Arqueológico" sujeitas a um articulado específico (artigo 15º) criado para acautelar o registo de valores arqueológicos, promoveu a atividade arqueológica sistemática nessas áreas, sempre que foram sujeitas a escavações ou remeximentos do subsolo. Daí resultou um acréscimo de conhecimento sobre a ocupação e uso do espaço abrangido, tendo mesmo sido detetados vestígios com integridade suficiente para merecerem propostas de musealização in situ, por serem considerados mais valias, passíveis de promover cultural, turística e patrimonialmente os locais onde foram encontrados, aumentando a oferta patrimonial da cidade (CML, 2012b).

3.10.1.1 Áreas de valor arqueológico em Lisboa

As "Áreas de Valor Arqueológico" definidas na "Planta de Ordenamento e Qualificação do Espaço Urbano" correspondem a manchas territoriais de sensibilidade arqueológica, onde os vestígios arqueológicos existem consolidadamente, ou existem potencialmente, com um grau de probabilidade variável entre o elevado e o razoável. Consoante o grau de conhecimento da existência e da integridade dos vestígios essas áreas foram categorizadas em três níveis de intervenção. A distribuição das manchas, bem como a sua categorização em níveis, representa um resumo cartográfico do que se sabe sobre a evolução da ocupação e uso do território do município, ao mesmo tempo que reflete a importância concedida a alguns arqueossítios elevados à categoria de marcos identitários da história de Lisboa, muito em especial os que foram incluídos nos níveis 1 e 2, a maioria dos quais já fazem parte dos roteiros culturais e turísticos da cidade de Lisboa, enquanto relativamente aos outros se estudam estratégias e propostas passíveis de os colocar à fruição do grande público, ou em muitos casos de confirmar a sua existência.

Áreas de nível arqueológico I

As áreas de intervenção de Nível Arqueológico I são as áreas de valor arqueológico consolidado e correspondem à zona monumentalizada do Castelo de São Jorge, aos Troços das Cercas Medievais de Lisboa, ao espaço ocupado pelas ruínas do Teatro Romano (sensivelmente entre a Rua Augusto Rosa, a Rua de São Mamede e a Rua da Saudade), à zona da Sé Catedral, da Igreja de Santo António e respetivos largos, ao espaço ocupado pelas Termas dos Cássios e pelas ruínas do chamado "Templo de Cíbele" (sensivelmente entre ao Rua e o Largo da Madalena e o Largo e a Calçada do Correio Velho), às Galerias Romanas da Rua da Prata e ao Núcleo Arqueológico da Rua dos Correeiros.

Nestes espaços, considerados vitais para a manutenção da memória e identidade de Lisboa, preconiza-se a promoção da preservação, consolidação e valorização do uso patrimonial científico e arqueológico e uma estratégia arqueológica prévia a todas as operações urbanísticas que devem ser todas orientadas para essa finalidade. Excetuam-se obviamente, aquelas

operações que visem exclusivamente a preservação e reabilitação do edificado atual que lhe está associado e que não tenham impacto destrutivo sobre o subsolo ou sobre o edificado.

Todas estas áreas têm potencial para conferir uma valência pública à atividade arqueológica e integrar os roteiros de oferta patrimonial da cidade, contribuindo para a sua dinâmica cultural e turística. Muitas delas, como o Castelo de São Jorge, o Teatro Romano de Lisboa, a Sé Catedral, a Igreja de Santo António, o Núcleo Arqueológico da Rua dos Correeiros, o Largo da Sé e pontualmente as Galerias Romanas da Rua da Prata, já o fazem há muito, constituindo-se como pólos identitários com impacto junto dos visitantes.

Áreas de nível arqueológico II

As áreas de intervenção de Nível Arqueológico II são as áreas de potencial valor arqueológico elevado. Correspondem a realidades de ocupação do espaço onde a diacronia, a densidade, ou a integridade dos vestígios, de acordo com o estado atual dos conhecimentos, está já identificada ou a probabilidade da sua ocorrência é bastante elevada.

Nessas áreas, na maioria dos casos, integradas em zonas históricas de uso predominantemente habitacional e terciário, preconiza-se uma estratégia de intervenção arqueológica prévia aos projetos e operações urbanísticas que impliquem impactos ao nível do subsolo. Desta forma proporcionar-se-á ao interventor, ou à entidade gestora do território, a possibilidade de integrar alguma realidade arqueológica, cuja importância o justifique, perseguindo-se por conseguinte, o aumento e valorização da oferta patrimonial da cidade, com a criação de pequenos equipamentos culturais, de carácter arqueológico, mais ou menos dispersos pela cidade, que se transformem em eventuais pólos de atracão, revelando aos munícipes e visitantes, através de uma materialidade, as diferentes fases da ocupação humana deste território.

Estão neste caso as zonas correspondentes ao núcleo urbano primitivo de Lisboa desde a Antiguidade até aos inícios da Época Moderna, ou seja, toda a área compreendida dentro dos limites da Muralha Fernandina, o Bairro da Mouraria, a Encosta de Santana, o Bairro Alto e a frente ribeirinha contígua à Muralha. Nesta área, durante a vigência do PDM de 1994, detetaram-se vestígios pré-históricos e proto-históricos anteriores à própria cidade, sob o Palácio dos Lumiares no Bairro Alto, sob o empreendimento da EPUL no lado ocidental do Largo Martim Moniz na Encosta de Santana e na Praça da Figueira.

Os vestígios de ocupação da Idade do Ferro foram-se somando, de forma dispersa pela colina do castelo, sobretudo na sua vertente Sul e Sudoeste, em direção ao rio, sugerindo-nos uma possível urbanidade anterior à chegada dos Romanos, cuja reconstituição só poderá ser alcançada através das intervenções arqueológicas que vierem a ser realizadas. No que concerne à cidade romana, aumentou-se e começou-se a sistematizar o seu conhecimento, em função das diferentes circunstâncias que caracterizaram os cerca de 700 anos de domínio civilizacional romano, de que já foram detetados edifícios públicos emblemáticos como o teatro, as termas, o criptopórtico, o circo, necrópole e cintura "industrial" de preparados piscícolas, bem como troços de ruas e de muralhas e de vias de entrada/saída da cidade, com a ocorrência de "operações urbanísticas" que foram renovando a cidade, desativando e anulando outras construções, revelando uma dinâmica quase semelhante à atual.

No que respeita ao período visigótico as informações arqueológicas recolhidas têm sido muito escassas, sendo ainda insuficientes para permitir uma sistematização minimamente fundamentada. Já para a cidade medieval muçulmana, de entre outras situações, foi possível detetar a enorme expansão do bairro arrabaldino ocidental na Praça da Figueira, troços de muralha, e outros restos da malha urbana que proporcionaram uma nova visão desta cidade que também sofreu vicissitudes várias ao longo de cerca de 400 anos.

O crescimento da cidade a partir do período medieval cristão, cada vez mais para além da colina do castelo, em todas as direções, foi impulsionado pela necessidade de instalação territorial das comunas judaica e muçulmana em espaço distinto

do ocupado pela comunidade cristã e pela instalação de casas conventuais nas áreas limítrofes às muralhas da cidade, que funcionaram como focos de atracão para a ocupação gradual do território. A consolidação da malha urbana, inicialmente orgânica de carácter mediterrânico, formando um dédalo de ruas e becos, a partir do reinado de D. Manuel dará lugar, nos novos espaços ocupados, a uma malha planeada, racional e ortogonal, que culminará, após o Terramoto de 1755, na implementação desta opção urbanística na reconstrução da cidade, preservando-se contudo a malha primitiva medieval em zonas como Alfama e Mouraria, a qual, na sequência dos trabalhos arqueológicos mais recentes, se tem vindo a constatar que apresenta continuidades e reminiscências da malha urbana de época romana. Este panorama tem vindo a ser confirmado pela atividade arqueológica das últimas décadas.

Para além da zona do núcleo urbano primitivo da cidade de Lisboa são também consideradas áreas de Nível Arqueológico II, outros centros históricos cujas origens conhecidas, na maioria dos casos, remontam à Época Medieval e inícios da Época Moderna, períodos em que o território do município não se cingia ao espaço urbano de uma única cidade, mas antes era marcado por vastas áreas rurais de utilização agrícola, polvilhadas por pequenos núcleos de povoamento e quintas/conventos/casais agrícolas. É o caso dos centros históricos de Carnide/Luz, Paço do Lumiar, Lumiar, Charneca, Ameixoeira, Belém e Chelas, que se destacam pela antiguidade e possível integridade dos vestígios e que, grosso modo, só recentemente foram integrados na grande mancha urbana da Lisboa contemporânea.

Ainda integradas em áreas de Nível Arqueológico II, estão incluídas as zonas correspondentes a arqueossítios de Época Pré-Histórica bem conhecidos, na sua maioria já intervencionados arqueologicamente e, em princípio, preservados na zona ocidental do território, nomeadamente nas áreas protegidas afetas ao Parque de Monsanto (como é o caso de Vila Pouca e Montes Claros), dos Sete Moinhos, junto às Amoreiras e na área da Tapada da Ajuda. Os arqueossítios de Época Romana localizados sob a chamada "Casa do Governador da Torre de Belém" (uma unidade de produção de preparados piscícolas - Fabrica Romana de Belém) e da Tapada da Ajuda (uma necrópole, provavelmente pertencente a uma vila romana) foram também considerados neste nível de sensibilidade.

Áreas de nível arqueológico III

As áreas de intervenção de Nível Arqueológico III são áreas condicionadas de potencial valor arqueológico. Nesta categoria estão contempladas várias realidades distintas de ocupação do território, cuja existência se presume a partir de materialidades existentes (núcleos habitacionais antigos, eixos viários fósseis e interface ribeirinho), da documentação arquivística e cartográfica, por vezes vaga e pouco rigorosa, e em materiais arqueológicos recolhidos, sobretudo durante a primeira metade do séc. XX (atualmente depositados em diferentes Museus), que lançam suspeitas verosímeis. Em função dessas informações urge, no âmbito dos procedimentos de salvaguarda arqueológica ora previstos, confirmar e reencontrar estas materialidades do Passado, por forma a tornar a informação histórica da cidade mais fundamentada, permitindo um maior rigor na elaboração e revisão dos diferentes instrumentos de gestão territorial em termos futuros.

Trata-se também, de territórios cujo uso atual pode ser o habitacional, o terciário, o ecológico, ou mesmo o industrial, para os quais se preconiza uma estratégia preferencial de intervenção arqueológica de acompanhamento presencial das operações urbanísticas que tenham impacto no subsolo. Convém, contudo, salientar que sendo expectável que na maioria destas áreas os vestígios tenham origem mais recente, é também maior a probabilidade de nalguns casos se verificar a possibilidade de existência de sensibilidade arqueológica a cota positiva que seria prudente acautelar, tal como nos demais níveis.

Estão contempladas nas áreas de Nível Arqueológico III as zonas de expansão do núcleo histórico urbano de Lisboa, ao longo da Época Moderna, estruturando-se habitualmente, ao longo dos antigos eixos viários de penetração e saída da cidade, por vezes de forma dispersa, em direção ao Norte (como o constituído pela Rua do Benformoso, o Regueirão dos Anjos e Arroios,

ou o que ligava as Portas de Santo Antão a São Sebastião da Pedreira e ao Largo do Andaluz, ou ainda aquele que ligava as Portas de Santa Catarina ao largo do Rato e a São Bento) e Nordeste (ao longo da Estrada de Chelas, por exemplo) ou seguindo a frente ribeirinha para Este (acompanhando a Rua de Santa Apolónia, a Calçada da Cruz de Pedra, a Rua do Grilo, as Ruas do Vale Formoso de Cima e de Baixo e as Estradas de Marvila e Moscavide), ou para Oeste (atravessando as zonas de Santos, Alcântara, Calvário, Junqueira, Belém e Pedrouços).

Foi também ao longo desses eixos viários que se foram instalando as manufaturas de época pré-industrial e as indústrias de primeira geração, promovendo-se, por conseguinte, a preservação pelo registo arqueológico, deste património passível de reconstituir as primeiras fases da história da revolução industrial do município de Lisboa. Assinale-se porém a situação excecional da mancha correspondente ao sítio de exploração mineira, conhecido por Pote de Água, no Parque José Gomes Ferreira, em Alvalade, onde foram detetadas diversas galerias relacionadas com esta atividade, situação que contudo carece de uma caracterização mais fundamentada.

Integram ainda esta categoria de Nível Arqueológico III, as áreas de expansão dos outros núcleos históricos dispersos mais antigos - Benfica, Carnide/Luz, Lumiar/Paço do Lumiar, Charneca, Ameixoeira e Chelas, ao longo dos seus principais eixos viários de acesso, como a Estrada da Luz, a Estrada de Carnide, a Estrada de Benfica, a Estrada da Ameixoeira e a Estrada do Lumiar. Integrados na grande mancha de sensibilidade arqueológica definida pela Zona Ribeirinha/Eixos Viários Antigos/Aqueduto da Águas Livres, encontram-se igualmente outros núcleos de povoamento antigos, como Olivais Velho, São Domingos de Benfica, Campolide e Ajuda, e fora desta Telheiras, Palma de Cima e de Baixo que, apesar de ainda possuírem algumas características primitivas, já estão muito diluídas pelo urbanismo contemporâneo que os foi integrando no grande espaço urbano que é hoje a totalidade do Município de Lisboa, sendo ainda escassas as informações arqueológicas acerca destas realidades.

De igual modo, os espaços onde há notícia de terem estado implantadas estruturas militares datáveis de Época Moderna (fortes, baluartes, baterias e outros) foram também assinalados, na tentativa de poder localizar no terreno todos os vestígios da antiga cintura defensiva da cidade, usando-se para o efeito as indicações de Filipe Folque, ao que se acrescentou o Forte da Ameixoeira. O mesmo sucedeu com os troços do Aqueduto das Águas Livres identificados, cujo traçado subterrâneo ainda não foi identificado na totalidade, acrescentando-se-lhe uma área de proteção de 50 metros, uma vez que se trata de um Monumento Nacional (Decreto de 16 -06-1910), tratando-se pois de uma realidade patrimonial com implicações arqueológicas.

Algumas das manchas territoriais assinaladas como áreas de Nível Arqueológico III correspondem, apesar do que foi referido acima, a zonas onde foram detetados vestígios de grande antiguidade (pré-históricos e romanos). É o caso das manchas localizadas na zona ocidental da cidade, localizadas no Alto do Duque, ou na Serra de Monsanto e suas imediações (como Boavista, Santana, Alto da Serafina, Calhariz, Alto das Perdizes, entre outras), nos Soeiros, na Ameixoeira, ou no Pinhal da Charneca, que correspondem a arqueossítios de Época Pré-Histórica com localização imprecisa e cuja integridade/existência necessita de ser verificada.

De Época Romana regista-se, de forma pouco rigorosa, a ocorrência de arqueossítios em localizações cujo uso territorial poderá de algum modo ter protegido os vestígios, pelo menos em parte, como é o caso dos locais conhecidos como Cemitério de São Cornélio (junto ao atual cemitério dos Olivais), Poço de Cortes nos Olivais, o espaço ocupado pelo Palácio Pancas Palha e área limítrofe (na embocadura do Vale de Santo António), Ameixoeira e o espaço contíguo à Avenida da República (arqueossítio de Entrecampos) que corresponde ao local da antiga Feira Popular, onde foram detetados vestígios eventualmente relacionados com vilas romanas de exploração agrícola que se sabe terem existido, distribuídas pelo atual

Concelho de Lisboa e que fariam o abastecimento de víveres à urbe de Olisipo, considerando-se o seu papel de escala portuária para o comércio entre o Mediterrâneo e o Atlântico Norte.

Tal como se pode concluir, a implementação de medidas de salvaguarda decorrentes do Plano Diretor Municipal de 1994 revelou-se crucial na aquisição de novos conhecimentos acerca da evolução histórica da cidade, designadamente na perceção dos diferentes ritmos de ocupação, crescimento e/ou contração urbana e rural, em toda a circunscrição territorial que atualmente corresponde ao Município de Lisboa. Com efeito, a visão que temos hoje em dia de todas as diferentes fases cronológicas registadas é manifestamente diferente daquela que sustentou o PDM de 1994, tal como se foi dando nota ao longo do presente documento.

O volume de informação aumentou em conformidade com o incremento da atividade arqueológica. Tal facto, e o estímulo de sistematização que a presente Revisão do Plano Diretor Municipal provocou, colocaram a descoberto uma enorme fragilidade no que respeita á gestão e fruição dessa mesma informação, porquanto a complexidade da mesma e a falta de uma estrutura local que, no âmbito expresso das suas competências assuma tal tarefa em exclusividade, obriga a que este esforço venha a ser assumido durante a vigência desta nova versão do PDM.

Por conseguinte, a tentativa de sistematização que ora se empreendeu mais não será do que um ponto de partida para a definição de uma estratégia integrada de gestão do património e da informação arqueológica identificada e ainda por identificar, que permita num futuro medianamente próximo, a implementação de medidas que continuem a salvaguardar a Memória histórica da cidade, com o rigor que as novas tecnologias vão permitindo. Por outro lado, esta visão integral que se pretende irá seguramente conferir uma maior visibilidade pública da atividade arqueológica junto do cidadão comum, quer através da musealização de vestígios mais relevantes que vão sendo identificados, quer através da publicação dos resultados alcançados, proporcionando de igual modo, uma maior oferta patrimonial da cidade junto dos visitantes que acorrem a Lisboa em busca da sua identidade.

A identificação das áreas por níveis arqueológicos, categorizadas em três graus de intervenção, não devem fazer esquecer que todo o território nacional, e portanto também o espaço do Concelho de Lisboa não afeto a essas áreas, está sujeito à Lei de Bases do Património Cultural, e à Lei de Bases do Património Arqueológico Subaquático, que obrigam à notificação do achado de qualquer valor arqueológico e à definição de estratégias que garantam o seu registo.

3.10.1.2 Áreas de valor arqueológico ao longo da área em estudo

A Figura 3.10-1 apresenta as áreas de valor arqueológico, de nível arqueológico I, II ou III no concelho de Lisboa, com identificação em planta do traçado dos túneis e, especificamente, as áreas em estudo entre Campolide e Santa Apolónia e entre Chelas e Beato.

Em termos arqueológicos a maior parte da zona não está classificada pelo município, sendo que as zonas de aproximação ao centro da cidade, incluindo Santa Apolónia (e inicio da zona de estudo em Chelas) estão classificadas como nível arqueológico II e Beato de nível III, sendo I o mais importante.

De acordo com a área em estudo, definida de acordo com o traçado dos túneis, de seguida procede-se ao levantamento e sistematização do património existente na envolvente e das potenciais restrições associadas.

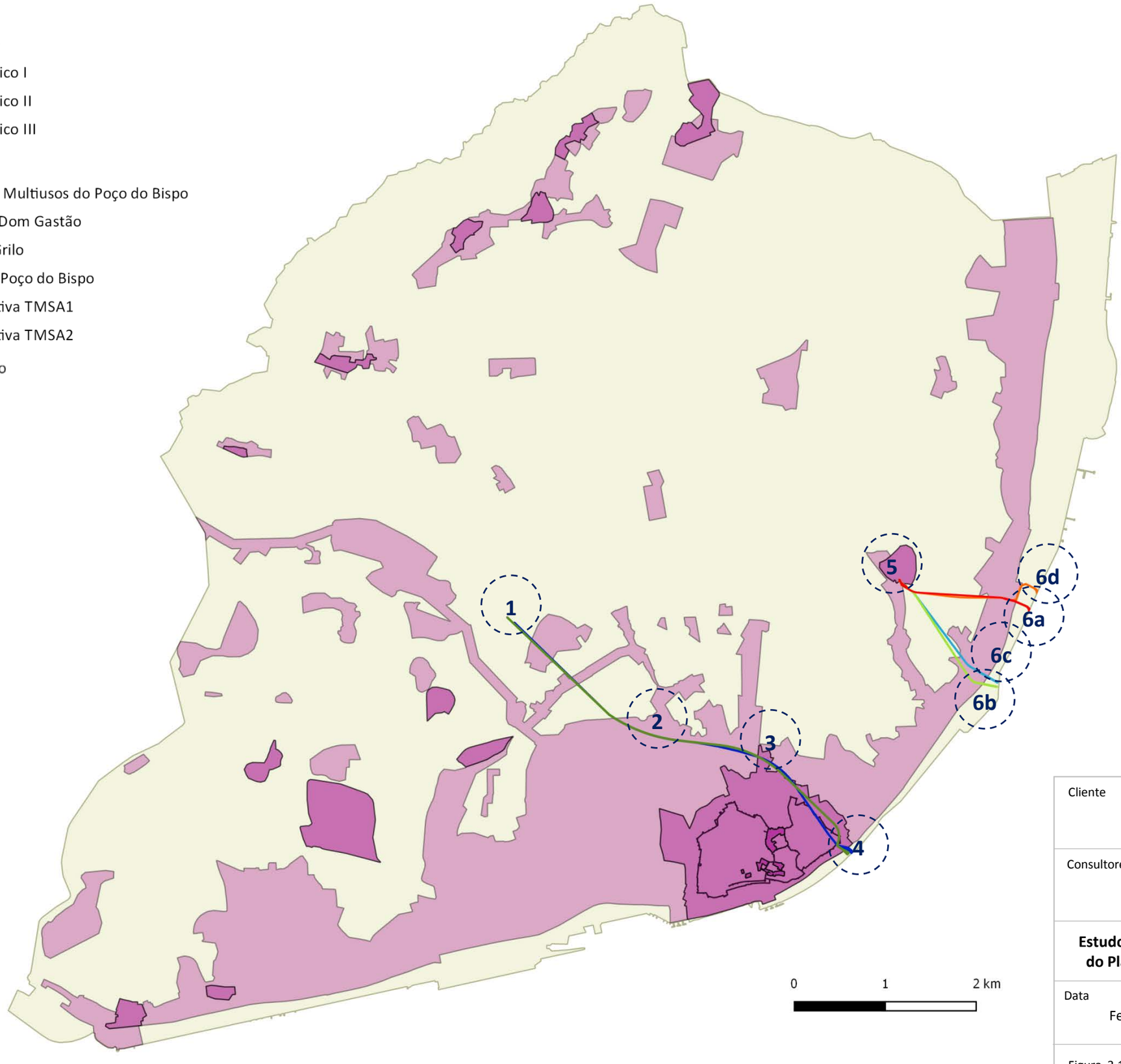
Legenda

Níveis Arqueológicos

- Nível Arqueológico I
- Nível Arqueológico II
- Nível Arqueológico III

Traçados

- TCB1 - Terminal Multiusos do Poço do Bispo
- TCB2 - Calçada Dom Gastão
- TCB3 - Rua do Grilo
- TCB4 - Doca do Poço do Bispo
- TMSA - Alternativa TMSA1
- TMSA - Alternativa TMSA2
- nº Zonas em estudo



Cliente: LISBOA CÂMARA MUNICIPAL

Consultores: 4Rs

Estudo de Impacte Ambiental dos Túneis do Plano Geral de Drenagem de Lisboa

Data: Fevereiro 2017

Fonte: Níveis Arqueológicos PDM Lisboa 2012

Figura 3.10-1

Classificação das áreas de nível arqueológico na cidade de Lisboa com representação da área em estudo

3.10.2 Caracterização do património arqueológico, arquitetónico e etnográfico na área em estudo

Como referido, a Avaliação do Fator Património Arqueológico, Arquitetónico e Etnográfico elaborada pela empresa da especialidade – EMERITA, Empresa Portuguesa de Arqueologia - com recurso a pesquisa documental e trabalhos de campo efetuados em fevereiro de 2017, sendo o estudo completo (EMERITA, 2017) disponibilizado no Anexo AII-3a.

A área de estudo (AE) para a análise efetuada corresponde à área de incidência do projeto e à zona de enquadramento tal como se definem seguidamente.

Área de incidência direta do projeto (AI): corresponde ao eixo dos traçados do Projeto, abrangendo uma largura de 50 m centrados no eixo dos traçados.

Zona de Enquadramento (ZE): corresponde a corredores com 250 m de largura centrados no eixo dos traçados, onde incide a pesquisa documental e o reconhecimento de ocorrências.

Assim, a área de estudo para o traçado do túnel entre Monsanto e Santa Apolónia corresponde a um corredor com cerca 5 500 m de comprimento no sentido Sudeste – Noroeste, a partir da área ribeirinha do Tejo, e 250 m de largura. Para o túnel entre Chelas e o Beato a área em estudo compreende um traçado de prospeção com 1 500 m de extensão e 250 m de largura, desenvolvendo-se com uma orientação aproximada Oeste – Este.

A área de estudo, bem como a respetiva área de incidência e zona de enquadramento do projeto estão representadas sobre extrato da Carta Militar na Figura 3.10-2 e sobre ortofotomapa na Figura 3.10-3.

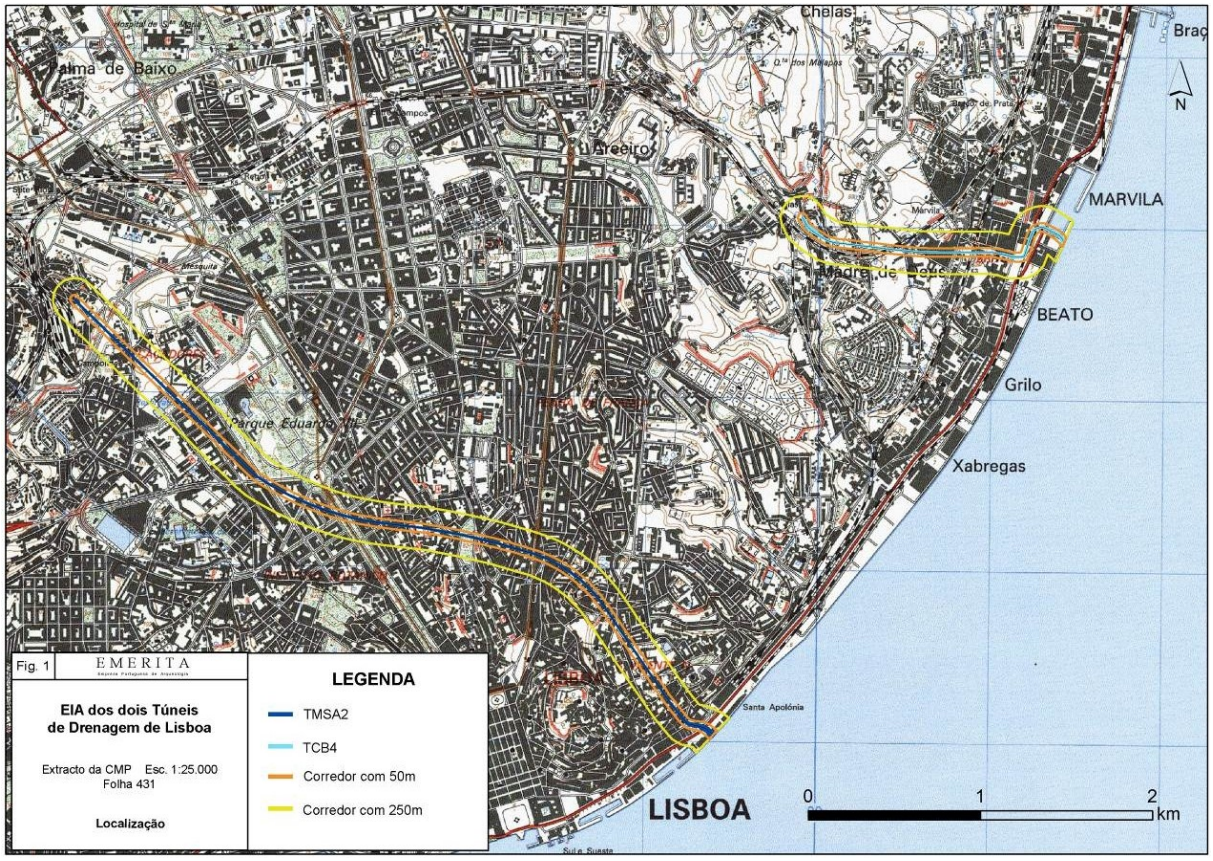


Figura 3.10-2 - Localização dos traçados sobre extrato da Carta Militar de Portugal, Folha 431

Fonte: (EMERITA, 2017)

Figura 3.10-3 - Localização dos traçados em ortofotomapa.

Fonte: (EMERITA, 2017)

3.10.2.1 Pesquisa documental

A pesquisa documental foi efetuada para a área de enquadramento do projeto, que corresponde, como referido, a corredores com 250 m de largura centrados no eixo dos traçados.

Com base na área de enquadramento definida, para a elaboração da situação de referência executou-se, assim, uma pesquisa documental das preexistências patrimoniais registadas num conjunto variado de fontes de informação (Quadro 3.10-1), consideradas relevantes para a caracterização deste descritor na área de estudo do projeto, nomeadamente bibliografia especializada, cartografia, bases de dados de organismos públicos e da autarquia local, instrumentos de planeamento e *sites* na *internet*.

Foi consultada antiga e recente cartografia militar, corográfica, geológica, entre outras, com o objetivo de conhecer as características do terreno, as diferentes ocupações e toponímia da área de estudo. Relativamente à cartografia antiga destaca-se a Carta Topográfica de Lisboa de Filipe Folque, executada entre 1856-1858.

A consulta bibliográfica foi seletiva incidindo em obras de âmbito geral, que permitissem adquirir uma noção geral do devir histórico da cidade de Lisboa. O objetivo da consulta foi fazer uma pesquisa que permitisse identificar o património arqueológico e arquitetónico existente na área de estudo e obter dados sobre estes e suas localizações.

Foi ainda consultada cartografia com o património classificado na área de estudo, cedida pela Direção Regional do Património Cultural, tendo sido o estudo complementado com a consulta do *site* da DGPC.

Foi consultada documentação referente aos dados que constam no Inventário Municipal do Património, Plantas e anexo do Regulamento do PDM de 1994, bem como os Bens com Valor Patrimonial Identificados no Âmbito da Revisão do PDM de 2004, em ambos os casos obtidos através de uma listagem com o património existente na área de estudo cedida pela Câmara Municipal de Lisboa.

Quadro 3.10-1 - Síntese da Pesquisa Documental

Fonte: (EMERITA, 2017)

Fontes de informação	Resultados
Lista de imóveis classificados (IPPAR)	No decurso da investigação preliminar, identificaram-se oito Monumentos Nacionais, cinco Monumentos de Interesse Público, quinze Imóveis de Interesse Público, dois Imóveis em Vias de Classificação, dois Conjuntos de Interesse Público e uma Zona Especial de Proteção associada ao Troço de Campolide do Aqueduto das Águas Livres.
Bases de dados de sítios arqueológicos (DGPC - Endovélico)	Encontra-se referenciado um Sítio Arqueológico na área de estudo (Oc. 26a).
Inventário do Património Arquitetónico (DGEMN)	Apenas permitiu obter dados mais concretos em relação a algumas ocorrências, não acrescentando novas referências na área de Estudo.
Instrumentos de planeamento	Plano Diretor Municipal, 1994: Relativamente à quantidade de ocorrências identificadas, o "Inventário Municipal do Património" demonstrou ser a mais completa Fonte de Informação. Contudo, não fornece qualquer descrição ou informação para além da identificação, morada e classificação, pelo que a consulta de outras fontes é fundamental. Identificaram-se cento e cinco Imóveis Não Classificados, mas integrados no Inventário Municipal. O PDM inclui delimitação de Áreas de Interesse Histórico e Áreas de Potencial Arqueológico. Plano Diretor Municipal, Revisão de 2004: Documento de regulamentação, acrescentou cento e cinco ocorrências na Área de Estudo. Os restantes planos consultados não acrescentam novas ocorrências na Área de Estudo.
Cartografia	Carta Militar de Portugal. (CMP). Não contempla ocorrências de interesse patrimonial na AE. Carta Geológica de Portugal. Não contempla ocorrências de interesse patrimonial na AE.
Bibliografia	Atlas da Carta Topográfica de Lisboa, sob a direção de Filipe Folque: 1856 - 1858 (VIEGAS; TOJAL, 2000). Permite ter uma boa noção das alterações na ocupação do solo desde 1856. A restante bibliografia consultada não acrescenta novas ocorrências na Área de Estudo.
Contactos com instituições e investigadores	Estabeleceu-se contacto com os serviços centrais da DGPC, tendo sido fornecida cartografia e listagem dos sítios na AE existentes na base de dados georreferenciados.

Relativamente ao PDM de Lisboa, conclui-se que a área de estudo se encontra parcialmente abrangida por Áreas com Potencial Valor Arqueológico, classificadas com Níveis 1, 2 e 3 de Intervenção (Figura 3.10-4), classificação que impõe a obrigatoriedade de Acompanhamento Arqueológico (consultar PDM de Lisboa, 1994, Título III, Artigo 15º do respetivo Regulamento).

Figura 3.10-4 - Níveis de intervenção arqueológica nos traçados, sobre ortofoto

Fonte: (EMERITA, 2017)

As ocorrências identificadas com base na pesquisa acima explicitada foram seccionadas em Património Arqueológico e Património Arquitetónico, encontrando-se caracterizadas no relatório completo da especialidade (EMERITA, 2017), que se apresenta no Anexo AII-3a. Os Números de Ocorrência utilizados no quadro em anexo correspondem aos da Figura 3.10-6 e Figura 3.10-7.

Património Arqueológico

A pesquisa de base documental teve como finalidade adquirir conhecimento sobre a presença humana na área de estudo e sua envolvente mais próxima. Na zona de incidência não são conhecidos vestígios arqueológicos. Desde sempre que a existência de cursos de água e de matéria-prima foram fatores determinantes para a circulação e fixação do homem, sendo inquestionável o potencial arqueológico da zona ribeirinha do Rio Tejo. Comprovadamente, é no topo e encostas sobranceiras ao encaixe de linhas de água que, naturalmente, os testemunhos materiais se encontrarão preservados. Apesar de não se conhecerem testemunhos da ocupação antiga na área de estudo, existirão, seguramente, vestígios ocultos sob a malha urbana.

Em 2016, a Empresa de Arqueologia *Arqueohoje* realizou sondagens arqueológicas no parque de estacionamento da EMEL, confinado pela Rua do Museu de Artilharia, Beco do Belo, Beco do Surra e Ermida da Boa Nova (Oc. 26a; Quadro 1.2.1, no relatório completo em anexo). Resultou na identificação de um troço da Cerca Fernandina. A ocupação no local medeia entre o período de construção da estrutura defensiva, no final do séc. XIV, e ocupações mais recentes do terramoto de 1755. Posteriormente, nova campanha de trabalho revelou um paredão portuário oitocentista.

O crescimento da cidade e consequente urbanização intensa terá contribuído, certamente, para a destruição parcial ou total de eventuais sítios arqueológicos.

Património Arquitetónico

Em Lisboa, a época entre 1870 e 1930 caracterizou-se fundamentalmente por uma grande expansão da cidade e pela criação de áreas urbanísticas de grande dimensão, em que se inclui por exemplo a Av. da Liberdade, quer pelo aumento da altura das construções, como é o caso dos edifícios localizados na Baixa, que passaram a ter mais um ou dois andares "suplementares", bem nítidos pela existência de diferentes beirais em vários edifícios.

Figura 3.10-5 - Avenida da Liberdade

Data indeterminada, fonte: (http://www.jf-santamariamaior.pt/lisboa-antiga.html)

Paralelamente, a proximidade ao rio determinou a implantação de diversas infraestruturas, essencialmente ao longo do séc. XVIII: mas é apenas entre finais do século XVIII e inícios do XIX que a frente ribeirinha de Lisboa regista, "numa extensão razoável, mais de duas dezenas de estaleiros e muitos armazéns", e, a partir de meados / finais do século XIX as várias propostas de melhoramento do porto de Lisboa incluem as duas margens como um todo portuário desde a Torre de Belém até ao Beato e desde a Trafaria até Cacilhas (Bolt, 2003).

A zona das *Avenidas Novas* reflete a expansão urbanística na direção Norte de finais do século XIX / primeira metade do século XX. Surgem novos bairros com moradias unifamiliares e imóveis de rendimento, ocupados por uma classe média, média-alta e alta em expansão. Os novos bairros, de ruas largas, logradouros ajardinados e homogéneos no desenho das fachadas, foram numa fase inicial erguidos ao gosto de uma arquitetura eclética e vagamente *Arte Nova*.

Arroios define-se como zona de edifícios residenciais e mistos, construídos no período que se inicia antes de 1919 e decorre até 1970, com maior intensidade entre 1919 e 1945. Os edifícios têm vários pisos e compõem-se de alojamentos de dimensão média a grande, tanto pelo número de divisões como pela área. Os alojamentos são sobretudo arrendados mas fica perto o número dos que têm proprietário ocupante.

Devido ao elevado número de património arquitetónico na área de estudo optou-se por desenvolver neste capítulo apenas o grau de proteção atribuído. Os dados da situação de referência estão representados no Quadro 1.2.2, integrado no relatório completo em anexo. No levantamento efetuado foram identificadas 140 existências de categoria arquitetónica (Figura 3.10-6 e Figura 3.10-7) estando abrangidas por classificação as seguintes:

Monumento Nacional (MN) – sete ocorrências, com os nºs 3, 16, 18, 25, 26-26a, 28 e 31;

Imóvel de Interesse Público (IIP) – quinze ocorrências, com os nºs 9, 10, 11, 12, 14, 15, 17, 19, 20, 21, 22, 24, 27, 29 e 30;

Em Vias de Classificação (EV) – duas ocorrências, com os nºs 4 e 13;

Monumento de Interesse Público (MIP) – seis ocorrências, com os nºs 2, 5, 7, 8, 27 e 32;

Conjunto de Interesse Público (CIP) – duas ocorrências, com os nºs 6 e 23;

Zona Especial de Proteção (ZEP) – uma ocorrência, com o nº 1;

Interesse Municipal (IP) – uma ocorrência, com o nº 65.

Todos o imóveis Classificados e Em Vias de Classificação encontram-se também integrados no PDM de Lisboa de 2012. As ocorrências no Inventário Municipal do Património do Plano Diretor Municipal de Lisboa (bens imóveis de interesse municipal e outros bens culturais imóveis), 2012.

De um total de 140 ocorrências que constituem a situação de referência, 128 localizam-se na área de estudo do TMSA2 (Oc. 1 a 30 e 42 a 139) e 12 localizam-se no TCB4 (Oc. 31 a 41) (caracterização das ocorrências no Quadro 1.2.2, no relatório completo em anexo).

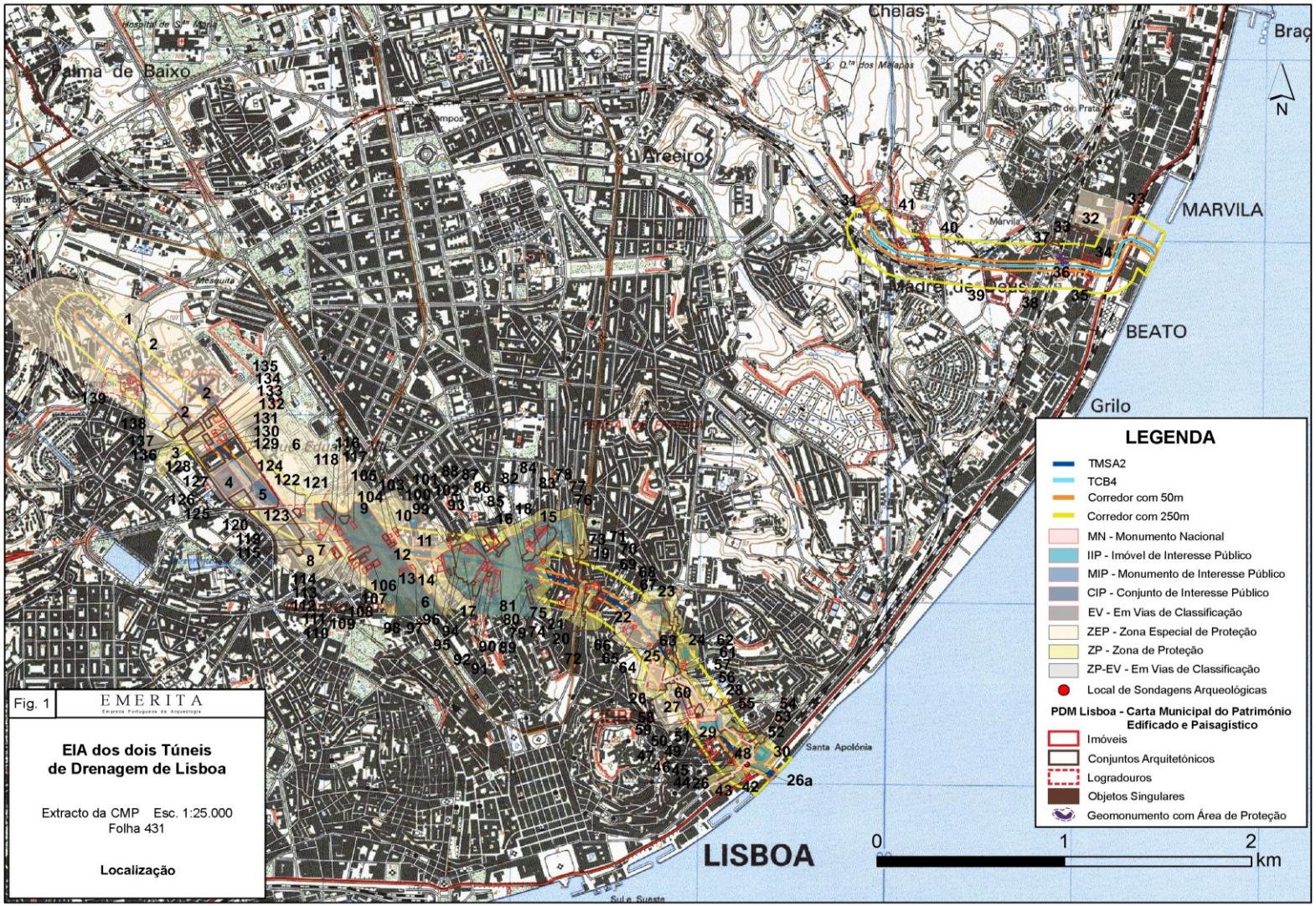


Figura 3.10-6 - Localização dos traçados e Ocorrências sobre extrato da Carta Militar de Portugal, folha 431

Fonte: (EMERITA, 2017)

Figura 3.10-7 - Localização dos traçados e Ocorrências sobre ortofoto

Fonte: (EMERITA, 2017)

3.10.2.2 Trabalho de Campo

Os trabalhos de campo decorreram em fevereiro de 2017, tendo sido realizado por dois arqueólogos. Este trabalho teve como objetivo efetuar a caracterização, identificação do património cultural existente e atual estado de conservação na Área de Incidência direta do Projeto.

Como base de trabalho foi utilizada cartografia militar à escala 1: 25 000 e planta de projeto adequada ao desenvolvimento do Projeto.

Foi realizado um levantamento fotográfico da área de incidência direta do projeto de modo a caracterizar a atual ocupação do solo. Foi igualmente realizado um levantamento fotográfico das ocorrências que se localizam na área de incidência das soluções apresentadas, bem como o seu atual estado de conservação, encontrando-se a sua síntese no Quadro 1.3, igualmente disponibilizado no relatório completo em anexo. Estas ocorrências, num total de 52, correspondem aos nºs 1, 2, 3, 5, 6, 10, 15, 16, 17, 19, 26a, 28, 29, 30, 34, 35, 36, 40, 41, 48, 55, 56, 57, 63, 68, 70, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 79, 82, 93, 94, 96, 104, 111, 115, 116, 120, 121, 122, 123, 124,125, 130, 132, 136, 137 e 138. Destas apenas as ocorrências 34, 35, 36, 40 e 41 se localizam no TCB4, estando as restantes no traçado do TMSA2.

A descrição do atual estado de conservação das ocorrências de categoria arquitetónica foi realizada com base na pesquisa documental e na observação direta das áreas visíveis que as constituem (exteriores de património construído e sítio de localização do património arqueológico).

Relativamente às ocorrências de categoria arqueológica, com o número 26a, apenas foi possível documentar a atual ocupação do solo nas áreas em que foram realizados os trabalhos. Esta informação é complementada com os resultados das sondagens arqueológicas realizadas em Santa Apolónia, pela empresa de arqueologia *Arqueohoje*, apresentados no subcapítulo 3.10.3.

Toda a área de estudo do projeto se encontra densamente urbanizada, sendo exceção alguns baldios ao longo do traçado do túnel Chelas-Beato, onde pontificam, ocasionalmente, pequenas manchas de baldios. Parcelas abandonadas exibem denso coberto arbustivo, dificultando a progressão e apresentam condições de visibilidade geral reduzida a nula.

Figura 3.10-8 - Baldio junto ao traçado do TCB4. Condições de visibilidade nula

Fonte: (EMERITA, 2017)

A área de incidência direta do projeto localiza-se numa área quase integralmente artificializada pela urbanização e aterros de viadutos rodoviários, possuindo uma visibilidade nula para identificação de vestígios arqueológicos de superfície.

Considerando as ocorrências identificadas e devidamente caracterizadas no relatório completo em anexo, determinaram-se os potenciais impactes do projeto (Capitulo 5), bem como medidas de minimização (Capitulo 5) e programas de monitorização (Capitulo 6).

3.10.3 Sondagens arqueológicas – Santa Apolónia

Como referido, em Santa Apolónia localiza-se a zona de proteção dos restos da Cerca Fernandina (Monumento Nacional). De forma a precisar a existência e localização dos restos das cercas de Lisboa foram realizadas sondagens arqueológicas, entre 8 de agosto de 2016 e 11 de novembro de 2016, cujos resultados se apresentam de seguida. A análise completa é disponibilizada em anexo, no Anexo II-3.

Localização

A escavação arqueológica incidiu em duas zonas distintas: a primeira na Rua do Museu de Artilharia e a segunda no Largo do Museu de Artilharia (Figura 3.10-9), ambas integram a freguesia de Santa Maria Maior, concelho de Lisboa, distrito de Lisboa. As coordenadas médias do local são: X = -86289.77; Y =-105625.21 (Hayford-Gauss Datum Lisboa).

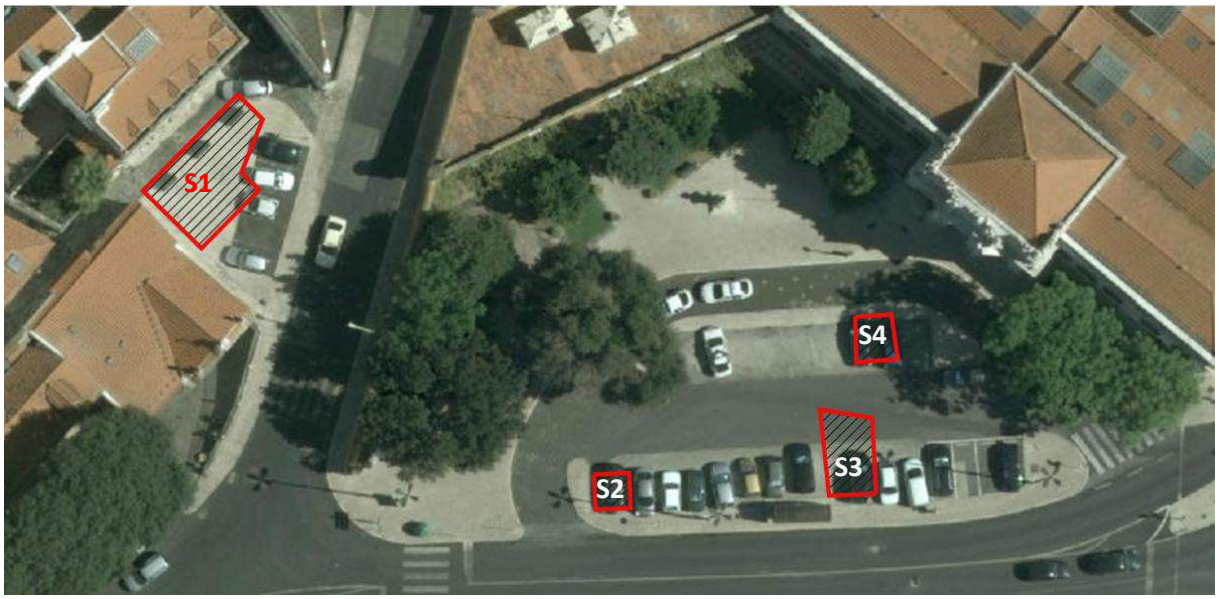


Figura 3.10-9 - Ortofoto de implantação da intervenção na cidade de Lisboa: CMP 431

Fonte: (ArqueoHoje, 2017)

Condicionantes locais

De acordo com o PDM de Lisboa atualmente em vigor, a zona em análise encontra-se numa Área de Proteção Arqueológica de nível II (ArqueoHoje, 2017).

A área em causa encontra-se, de igual modo, abrangida pela Zona de Proteção Especial (ZEP) do Castelo de São Jorge e restos das cercas de Lisboa, Monumento Nacional, Decreto de 16-06-1910, DG, n.º 136, de 23-06-1910, e na Zona Geral de Proteção do Museu Militar, Imóvel de Interesse Público , Decreto n.º 45 327, DG, I Série, n.º 251, de 25-10-1963 (ArqueoHoje, 2017).

3.10.3.1 Sondagem 1

Situada no parque de estacionamento da EMEL - que está confinado pela Rua do Museu de Artilharia, Beco do Belo, Beco do Surra e Ermida da Boa Nova. O local da sondagem corresponde a uma área de sensivelmente 7x7m + 4.2x3m.

Análise global

A abertura da sondagem 1 revelou-se particularmente profícua, tendo-se identificado estruturas arquitetónicas de grande valor patrimonial, incluindo um troço da Cerca Fernandina – Monumento Nacional - cujo diagnóstico da volumetria e estado de conservação foi o principal objetivo desta intervenção, abrangendo um hiato temporal balizado entre o final do século XIV (construção da estrutura fortificada) e a atualidade, com relevo para as ocupações próximas (pré e pós) do terramoto de 1755, num total de quatro grandes etapas de construção e ocupação (ArqueoHoje, 2017).

Principais ocorrências

Cerca Fernandina – torre e troço de muralha /Porta da Ribeira

No quadrante Noroeste da sondagem foi identificada uma estrutura quadrangular, plausivelmente uma torre – apenas conhecida até à data através de fontes bibliográficas - e outro troço que se prolonga para lá do corte. Ao aparentar uma interrupção no canto Nordeste da sondagem, este troço poderá corresponder com alguma fiabilidade à estrutura da porta da Ribeira (ArqueoHoje, 2017).

Composta por alvenaria de pedra unida com argamassa de cal e areia bastante carbonatada, tem o seu paramento ainda conservado (Nordeste), formado por blocos de cantaria, enquanto que o outro paramento visível (Sudeste), encontra-se parcialmente destruído, aparentemente para a colocação de um nicho. O miolo das paredes comporta muitos blocos de calcarenitos de origem miocénica e outros calcários. No exterior, ainda se conservam zonas com reboco de argamassa branca. No interior, a sedimentação é de natureza argilosa e com escassas inclusões no topo (ArqueoHoje, 2017).

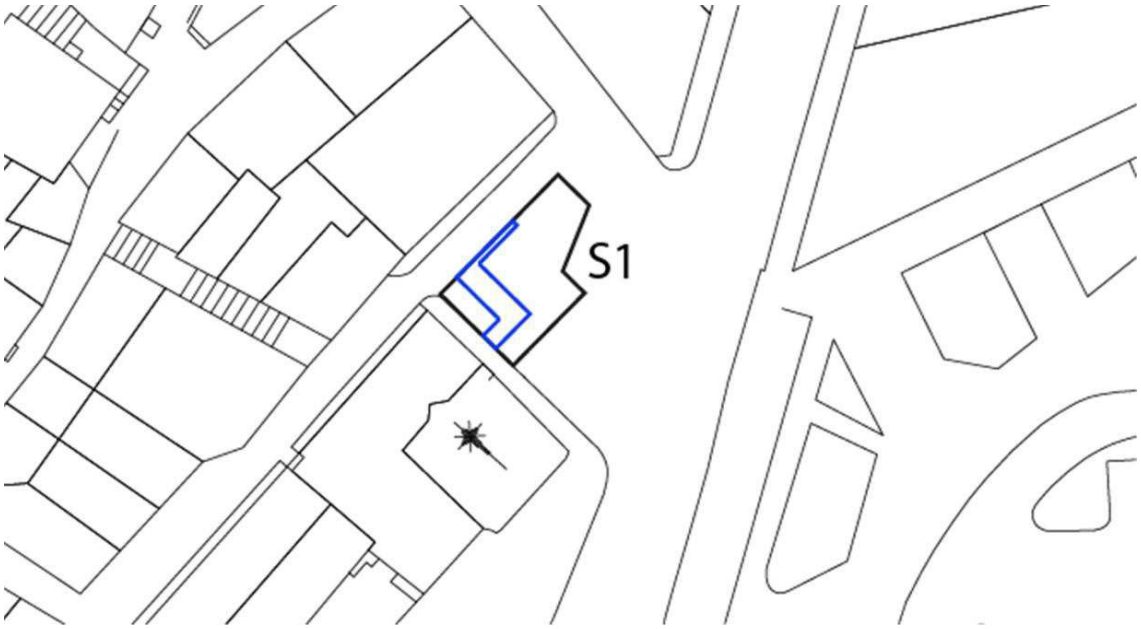


Figura 3.10-10 - Localização da estrutura fernandina (a azul) na sondagem 1

Fonte: (ArqueoHoje, 2017)

Figura 3.10-11 - Vista do paramento nordeste da torre (à esquerda) e vista da torre a partir do edifício do beco do belo (noroeste) (à direita)

Fonte: (ArqueoHoje, 2017)

Num confronto provisório com a cartografia disponível, o paralelismo entre a estrutura agora descoberta e a fortificação ali desenhada é muito elucidativa - conforme imagens seguintes.

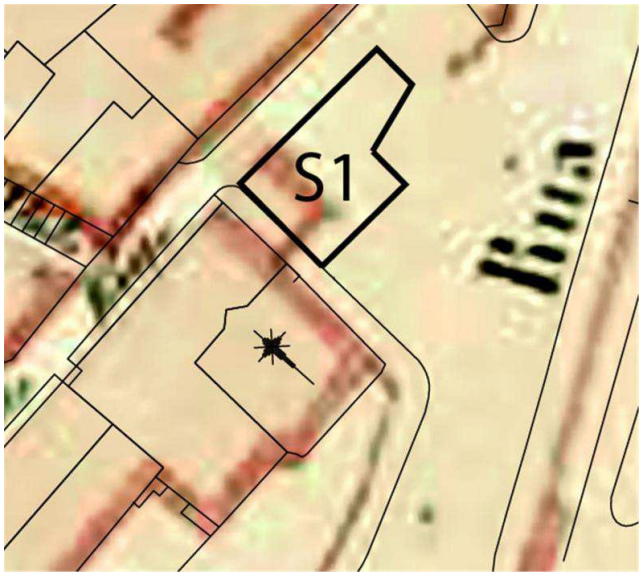


Figura 3.10-12 - Sobreposição da sondagem 1 com a planta de Filipe Folque de 1868-58

Fonte: (ArqueoHoje, 2017)

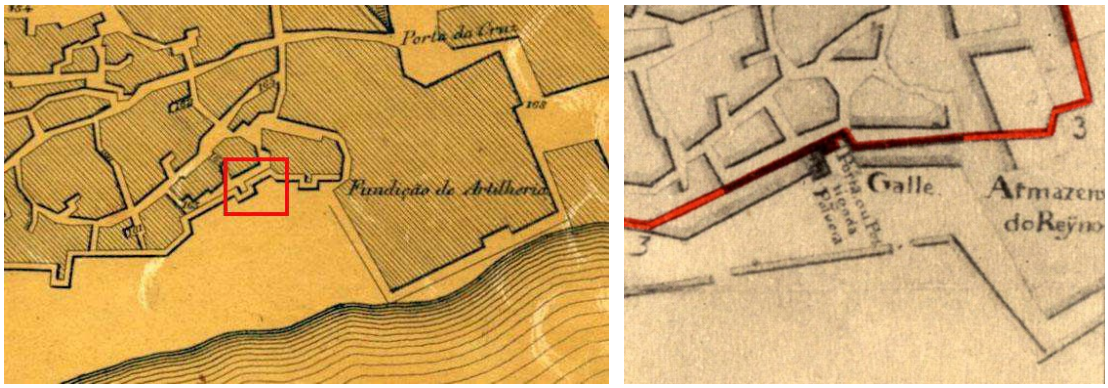


Figura 3.10-13 - Planta de Tinoco de 1650 (torre assinalada com quadrado vermelho) (à esquerda) e planta de Pope e Menezes com torre desenhada (ao centro) e a porta da ribeira associada a este (à direita)

Fonte: (ArqueoHoje, 2017)

Calçada pré-pombalina

Na sondagem 1, foram identificadas várias parcelas de uma calçada pré-pombalina, [184], separadas pelas banquetes que sustentam as infraestruturas de saneamento atuais. Esta calçada funcionou na área exterior à Cerca, de origem medieval, e do edificado que entretanto se havia adossado à face Sul da torre. Assente em aterros com material ainda de cronologia moderna, portanto depositados para preparação, a primeira desta parcelas foi descoberta no centro da sondagem contiguamente à face Nordeste da torre da Cerca Fernandina. A realidade em causa tratava-se de uma pavimentação formada por blocos pétreos arredondados, sub-arredondados e alguns com angulosidade mais pronunciada, de dimensão diversa e com disposição irregular. A superfície apresentava muitas irregularidades e desenvolvia-se com pendente pronunciada para Sul, na direção da antiga praia (ArqueoHoje, 2017).

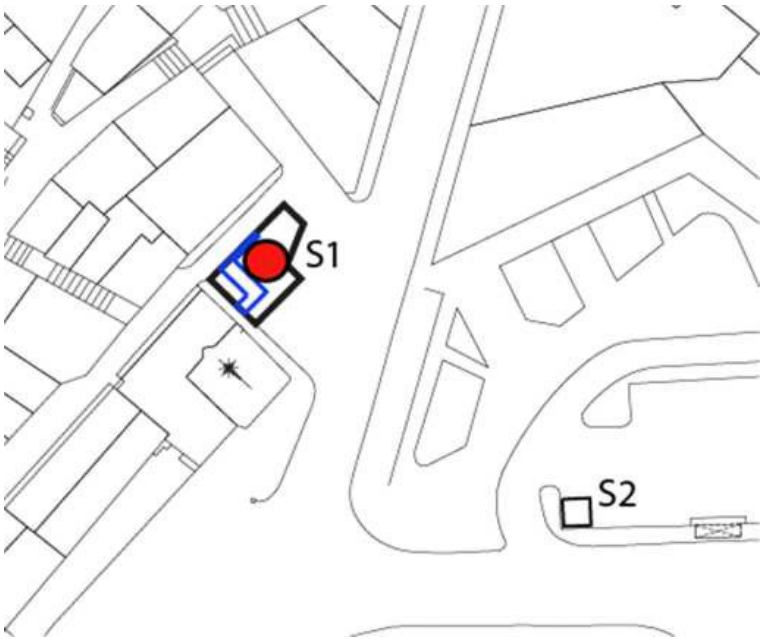


Figura 3.10-14 - Localização da estrutura em análise - círculo vermelho. limite das sondagens a negro e da estrutura Fernandina a azul
Fonte: (ArqueoHoje, 2017)

Este troço encontrava-se delimitado pela referida torre da Cerca Fernandina e pelo contraforte colocado no canto definido por aquela e pelo restante troço da muralha - que se desenvolve sob o Corte Noroeste. A Sul e Este, estava delimitada por um corte artificial decorrente da presença das já referidas infraestruturas de saneamento em atividade. A sua continuação foi confirmada nos quadrantes Nordeste e Sudeste, estando sobreposta por um grande nível de derrube, plausivelmente oriundo da Cerca Fernandina (ArqueoHoje, 2017).

Figura 3.10-15 - Vista de [184] a partir de norte, com contraforte da torre em primeiro plano (à esquerda) e vista de [184] a partir de sul, à direita o paramento da torre fernandina com revestimento cerâmico na base (ladrilho) (à direita)

Fonte: (ArqueoHoje, 2017)

O segundo troço mais representativo, [184b], foi identificado no quadrante Nordeste da sondagem, e tal como [184a], estava formado por blocos pétreos arredondados, sub-arredondados e alguns com angulosidade mais pronunciada, de dimensão diversa e com disposição irregular. A superfície também apresentava irregularidades e desenvolvia-se com igual pendente pronunciada para Sul, na direção da antiga praia (ArqueoHoje, 2017).

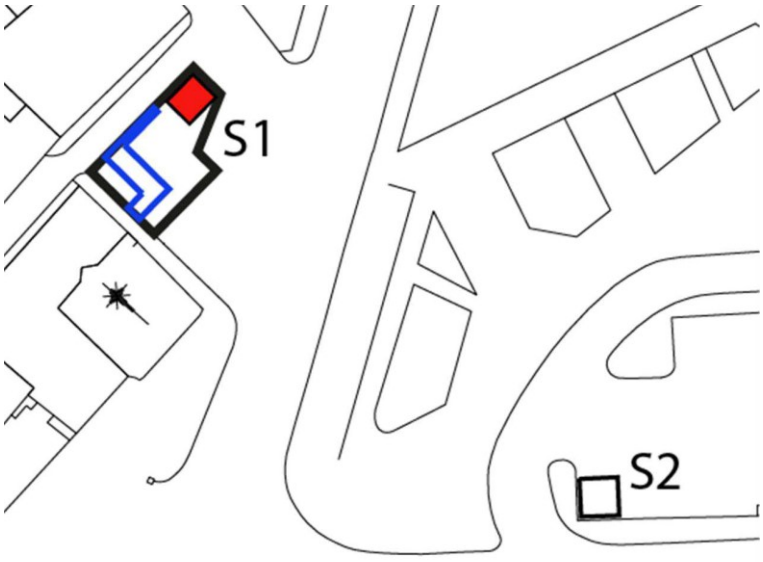


Figura 3.10-16- Localização da estrutura em análise [180b] - círculo vermelho. limite das sondagens a negro e da estrutura fernandina a azul

Fonte: (ArqueoHoje, 2017)

Figura 3.10-17 – Vista de [184B] a partir de Este

Fonte: (ArqueoHoje, 2017)

3.10.3.2 Sondagem 2

Esta sondagem, no parque de estacionamento da PSP, no Largo do Museu Militar, foi dimensionada para abertura 9 m^2, tendo sido a implantação ligeiramente deslocada para Sul, em função das evidências no pavimento de betão betuminoso de um corte recente - que mais tarde se viria a confirmar tratar-se da atual conduta da EPAL.

Análise Global

A estratigrafia revelada na sondagem 2 é bastante linear. Além da estrutura portuária pós terramoto de 1755 que ocupa toda a base da sondagem, apenas se detetaram os estratos de aterro mais recentes que a cobriam, relacionados quer com o avanço do terreiro para Sul, invadindo a antiga praia e leito do Tejo, em obras datáveis do final do século XIX – século XX, quer com infraestruturas contemporâneas, algumas das quais muito próximas da atualidade (ArqueoHoje, 2017).

A estrutura portuária, o único objeto arqueológico detetado, é composta por dois corpos distintos (ArqueoHoje, 2017):

- O cunhal de um muro, [205], em alvenaria mista com argamassa de areia e cal, com abundante presença de calcário e algum tijolo. Muito destruído, este muro desenvolver-se-ia para Sudeste e Sudoeste encontrando-se interrompido pelas afetações causadas pelas infraestruturas contemporâneas e pelo corte Oeste.

Figura 3.10-18 - Cunhal [205] no momento da descoberta

Fonte: (ArqueoHoje, 2017)

- Refere-se a outra componente arquitetónica, [210], solidária com a primeira, formada por alvenaria mista, muito irregular, com blocos pétreos arredondados e sub-arredondados, exibindo uma grande pendente no topo para Sudeste. Trata-se do miolo da rampa de acesso à praia utilizada no século XIX, sendo a sua génese plausivelmente pombalina. Os vários vestígios de metal que incorpora no topo, tratar-se-á de vestígios de elementos preênseis (gato) que fixavam os degraus ou lajes, entretanto removidas após a desativação desta estrutura.
  No canto Noroeste da sondagem foi destruída, possivelmente por um ramal de água, observando-se no corte a sua continuidade em profundidade, pelo menos até 0.5 metros.

Figura 3.10-19 – Estrutura [210]

Fonte: (ArqueoHoje, 2017)

A sobreposição cartográfica e a iconografia disponível deixam poucas dúvidas quanto à classificação daquela estrutura como elemento componente do paredão novecentista, conforme imagens seguintes.

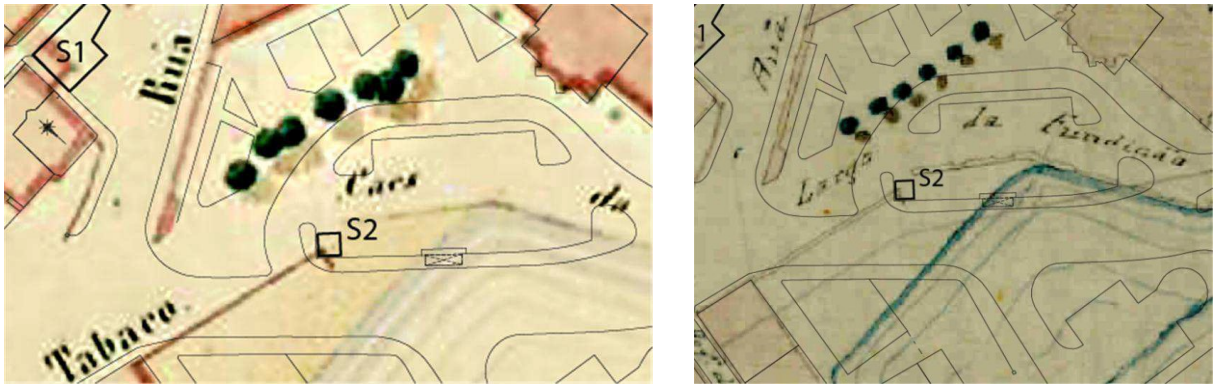


Figura 3.10-20 - Sobreposição da sondagem com a planta de Filipe Folque de 1868-58 (à esquerda) e sobreposição com a planta de calçadas e canalizações de 1871 onde também se observa o canto identificado como [205]

Fonte: (ArqueoHoje, 2017)

3.10.3.3 Sondagem 3

A sondagem 3 situa-se no parque de estacionamento da PSP no Largo do Museu de Artilharia e é composta por um trapézio assimétrico alongado com o lado maior cifrado em 7.37 m e o menor em 4.02 m. A partir dos 2.3 metros de profundidade, a dimensão da sondagem foi reduzida em virtude das dificuldades provocadas pelas presença do lençol freático. A partir dessa cota, a sondagem foi aberta sensivelmente com uma dimensão de cerca de 2x1.5 m.

Análise global

À semelhança da sondagem 2, a estratigrafia revelada nesta sondagem é bastante linear estando composta por dois momentos díspares: um primeiro associado ao paredão portuário oitocentista em alvenaria calcária, expresso na UE [307], algo destruído na parte superior e com a silharia externa conservada apenas na parte inferior; um segundo relacionado com as atividades de aterro/construção iniciadas no final do século XIX e do qual se observam tanto as camadas depositadas nos momentos mais antigos como as infraestruturas colocadas mais recentemente (ArqueoHoje, 2017).

O paredão foi descoberto no limite setentrional da sondagem, sendo apenas possível descortinar a sequência estratigráfica localizada sobre ele e, nas cotas mais baixas, posicionada a Sul da sua fachada. As Unidades Estratigráficas ali detetadas (sobre e a jusante do paredão portuário e as mais baixas já com alguma matriz lodosa) incorporavam material contemporâneo pelo que a sua deposição se deve ter dado a partir do final do século XIX, época em que as obras relacionadas com a expansão desta plataforma urbana para Sul se iniciaram (ArqueoHoje, 2017).

Figura 3.10-21 - Vista de [307] a partir de Sul (à esquerda) e visto de Este, notando-se o roubo da silharia da fachada externa e topo

Fonte: (ArqueoHoje, 2016)

Figura 3.10-22 - alçado de [407] já parcialmente submerso, onde se observa a silharia da face sul da estrutura

Fonte: (ArqueoHoje, 2016)

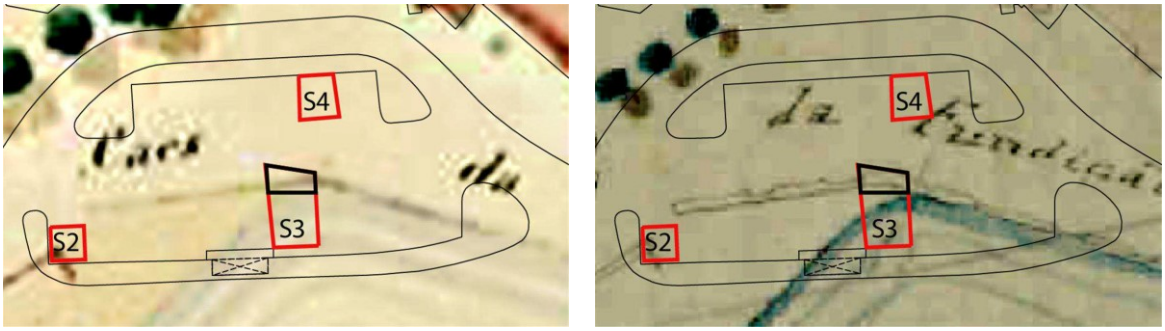


Figura 3.10-23 - Sobreposição da sondagem 3 com a planta de Filipe Folque de 1856-58 (à esquerda) e sobreposição com a planta de calçadas e canalizações de 1871 . área da estrutura portuária [407] a preto (à direita)

Fonte: (ArqueoHoje, 2016)

A sequência ocupacional é, portanto, coerente com aquela descoberta na sondagem 2, existindo uma correspondência clara entre a estrutura aqui detetada e a rampa [210]/cunhal [205], também eles considerados como estrutura de contenção fluvial (ArqueoHoje, 2017).

Reforce-se que apesar de até aos 3 metros de profundidade (a cota mais baixa atingida) a estratigrafia de matriz sedimentar se revelar totalmente contemporânea, não se detetando qualquer indício de praia associada ao tempo de funcionamento do paredão, a existência de realidades patrimonialmente relevantes na envolvente e dentro dessas cotas (embarcações/pontões e passadiços em madeira) não pode ser descartada linearmente pelo que a futura remoção do sedimentos, caso seja feita mecanicamente, deverá ter um acompanhamento rigoroso (ArqueoHoje, 2017).

3.10.3.4 Sondagem 4

A sondagem 4 situa-se, igualmente, no parque de estacionamento da PSP no Largo do Museu de Artilharia e é composta por um trapézio assimétrico com cerca de 3.09 x 3.55 x 3.83 x 3.90 m.

Análise global

A estratigrafia desta sondagem revelou uma sequência com bastante horizontalidade, marcada pela sucessão de pisos de terra batida cuja datação poderá ser balizada numa fase pós terramoto, embora no caso da realidade mais antiga encontrada, [407], a hipótese de uma construção e utilização anterior a 1755 seja igualmente um possibilidade. A presença de alguns buracos de poste perfeitamente definidos [-407 A a F] evidencia a existência de construções provisórias ou precárias no entorno que de momento não conseguimos precisar a fisionomia ou cronologia.

Figura 3.10-24 - á esquerda, sondagem 4, corte sul onde se observa a escassa potência dos estratos contemporâneos quando comparados com as sondagens 2 e 3 à direita, vista do piso [407] e dos buracos de poste nele abertos

Destacam-se pela abundância de elementos arqueológicos (cerâmica comum, faiança, porcelana e algum sílex) as UE [405] e [406], onde o calibre pequeno e muito fraturado dos elementos sugere uma escolha deliberada para assegurar uma melhor compactação do terreno (ArqueoHoje, 2017).

A disparidade entre os resultados desta sondagem e os resultados das sondagens 2 e 3 evidenciam as diferentes condições de formação dos depósitos e vincam de forma clara a descontinuidade entre a plataforma a montante (Norte) do paredão portuário e as camadas depositadas a jusante (Sul) (ArqueoHoje, 2017).

3.10.3.5 Síntese

Os trabalhos arqueológicos permitiram identificar várias estruturas patrimonialmente relevantes incluindo um troço da Cerca Fernandina e um troço do paredão portuário pombalino de Santa Apolónia (ArqueoHoje, 2017).

Da estrutura medieval registou-se, na sondagem 1, uma parcela da torre e da área da Porta da Ribeira, bem como a estratigrafia moderna a ela associada, campo no qual se destacam os níveis de circulação, com calcetamento. A estratigrafia pós-terramoto também se encontra bem representada com diversos aterros, calçadas e infraestruturas do século XVIII e XIX, relacionados numa primeira fase com a construção da Rua do Museu de Artilharia (ArqueoHoje, 2017).

Nas sondagens 2 e 3, foi observado o paredão portuário posterior ao terramoto de 1755 com uma parte da rampa de acesso à praia a ser identificada na primeira daquelas sondagens. A restante estratigrafia corresponde aos aterros que cobriram esta estrutura (ArqueoHoje, 2017).

A outra realidade estrutural relevante detetada nos trabalhos efetuados diz respeito a um piso na base da sequência da sondagem 4, que poderá corresponder a uma plataforma de circulação pré-pombalina, sendo necessários mais trabalhos para averiguar a sua ligação, ou não, ao paredão portuário.

Dos resultados das sondagens realizadas no local salienta-se a determinação da localização do torreão e cerca fernandina (Figura 3.10-25).

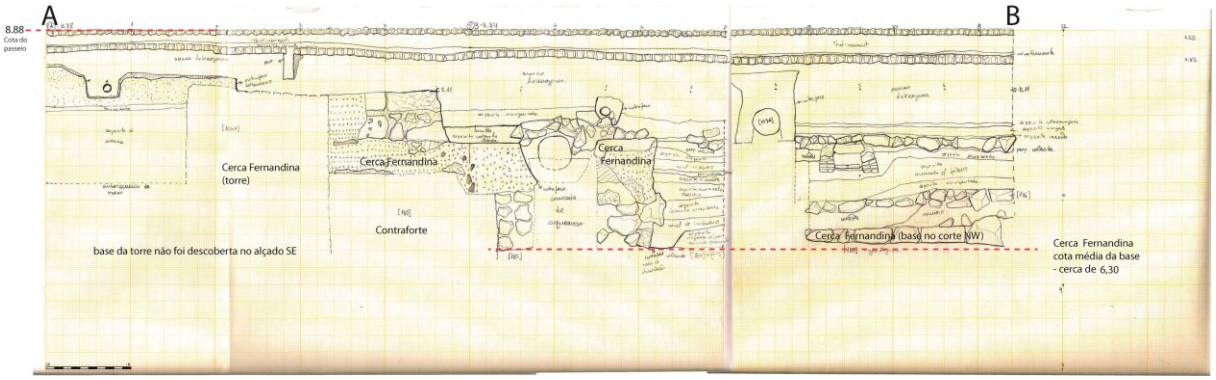


Figura 3.10-25 - Elementos da Cerca Fernandina identificados em Santa Apolónia

Fonte: (ArqueoHoje, 2017)

3.11 PLANEAMENTO E ORDENAMENTO

3.11.1 Principais instrumentos e condicionantes

A análise da situação de referência foi efetuada tendo por base elementos bibliográficos e cartográficos, sendo que a abordagem desta componente teve como objetivo a caracterização e o conhecimento da área de influência. Neste descritor é considerado, como área de estudo, o espaço físico do projeto correspondente ao traçado dos túneis em estudo.

O projeto em análise localiza-se no Concelho de Lisboa, encontrando-se sujeito a regulamentações e restrições de uso do solo de carácter geral, decorrentes da legislação nacional e dos instrumentos normativos relacionados com o ordenamento do território e o planeamento e uso do solo, assim como diferentes programas/estratégias.

A nível nacional e regional é de salientar:

- Plano Nacional da Politica de Ordenamento do Território (PNPOT);
- Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAAC);
- Plano Nacional da Água (PNA);
- Plano Regional de Ordenamento do Território da Área Metropolitana de Lisboa (PROT-AML);
- Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Tejo (PBH Rio Tejo);
- Plano de Gestão dos Riscos de Inundações - Região Hidrográfica 5: Tejo e Ribeiras do Oeste (PGRI).

A nível municipal (Lisboa) é de destacar:

- Plano Diretor Municipal de Lisboa (PDM);
- Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas de Lisboa (EMAAC).

Seguidamente, são abordados os pontos essenciais para cada instrumento territorial com influência na área em estudo.

3.11.1.1 Plano Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT)

O PNPOT foi aprovado pela Lei n.º 58/2007, de 4 de Setembro, retificada pelas Declarações de Retificação n.º 80-A/2007, de 7 de Setembro, e n.º 103-A/2007, de 23 de Novembro, é um instrumento de desenvolvimento territorial de natureza estratégica que estabelece as grandes opções com relevância para a organização do território nacional.

O PNPOT identifica primeiramente os 24 problemas para o Ordenamento do Território, nos quais se inclui a "*Insuficiente consideração dos riscos nas ações de ocupação e transformação do território, com particular ênfase para os sismos, os incêndios florestais, as cheias e inundações e a erosão das zonas costeiras*".

O seu Programa de Ação é constituído por 6 Objetivos Estratégicos, dos quais se salienta o *Objetivo Estratégico 1 - Conservar e valorizar a biodiversidade, os recursos e o património natural, paisagístico e cultural, utilizar de modo sustentável os recursos energéticos e geológicos, e prevenir e minimizar os riscos.* O Objetivo Estratégico 1 engloba 11 Objetivos Específicos, dos quais se salienta "*11. Avaliar e prevenir os fatores e as situações de risco, e desenvolver dispositivos e medidas de minimização dos respetivos efeitos."* Este Objetivo Especifico reconhece que o "*direito à segurança e à qualidade do ambiente é uma justa expectativa das populações, pelo que, nas áreas de risco, é necessário conhecer em profundidade os fenómenos e atividades perigosos, avaliar as suas consequências potenciais e criar os dispositivos de prevenção e de minimização dos respetivos efeitos."*

3.11.1.2 Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAAC)

De acordo com a Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas, adotada através da Resolução de Conselho de Ministros n.º 24/2010, "é em sede de ordenamento do território que muitas das decisões com impacto na capacidade de adaptação do território e da sociedade aos efeitos das alterações climáticas podem ser tomadas, maximizando a sua eficácia".

Refira-se ainda a Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAAC 2020) (em consulta pública). A ENAAC 2020 estabelece três objetivos principais, dos quais se destaca o objetivo I "Melhorar o nível de conhecimento sobre as alterações climáticas", com o propósito de desenvolver e promover o conhecimento sobre as alterações climáticas e avaliar os seus potenciais riscos. Este objetivo enquadra iniciativas de investigação e sensibilização e salienta a necessidade de estabelecer sistemas de monitorização, previsão, alerta e resposta face à probabilidade de aumento da intensidade e frequência de fenómenos meteorológicos extremos, bem como das potenciais consequências associadas (dos quais se destaca, entre outros, temporais e inundações, acompanhados de perdas de vidas e bens).

Ainda no âmbito das alterações climáticas, a ENAAC 2020 destaca a importância de, simultaneamente, os agentes setoriais e territoriais identificarem ameaças e oportunidades que poderão surgir, dando indicações para a criação de uma base de dados sujeita a constante construção e atualização, atualização, que integre informação de base climática, as especificidades territoriais, os fatores de vulnerabilidade, o histórico de impactes bem como a identificação dos possíveis impactes decorrentes das alterações climáticas (incluindo aqueles que constituem oportunidades).

A passagem à prática da ENAAC 2020 está organizada em seis áreas temáticas, das quais se salienta:

"f) Integrar a Adaptação na Gestão dos Recursos Hídricos". Esta área deverá promover a avaliação sectorial e a articulação intersectores dos principais constrangimentos e oportunidades para a adaptação relacionados com a gestão dos recursos hídricos, incluindo as seguintes ações, designadamente:

- Incorporar a componente adaptação nos principais instrumentos de política, planeamento e gestão da água;
- Promover a divulgação de informação sobre a gestão dos recursos hídricos que oriente os diversos agentes sectoriais na gestão ativa da adaptação às alterações climáticas nas suas atividades, considerando as especificidades das bacias hidrográficas;
- Propor e acompanhar a implementação de medidas de adaptação de âmbito da gestão dos recursos hídricos."

3.11.1.3 Plano Nacional da Água (PNA)

O PNA define a estratégia nacional para a gestão integrada da água. Estabelece as grandes opções da política nacional da água e os princípios e as regras de orientação dessa política, a aplicar pelos planos de gestão de regiões hidrográficas e por outros instrumentos de planeamento das águas. A versão de 2002, elaborada de acordo com o Decreto-Lei n.º45/94, de 22 de fevereiro, define orientações de âmbito nacional para a gestão integrada das águas, fundamentadas em diagnóstico da situação relativa a 2002 e na definição de objetivos a alcançar através de medidas e ações. Está em fase de conclusão a revisão do PNA de acordo com a Lei da Água - Decreto-Lei n.º58/2005, de 29 de dezembro, alterada e republicada pelo Decreto-Lei n.º 130/2012, de 22 de junho (APA, 2015). O Decreto-Lei n.º 130/2012, de 22 de junho, na secção de proteção e valorização, refere no artigo 32º, que são estabelecidos "um conjunto de medidas para sistemática proteção e valorização dos recursos hídricos, complementares das constantes dos planos de gestão de bacia hidrográfica. Essas medidas têm por objetivo:

- A conservação e reabilitação da rede hidrográfica, da zona costeira e dos estuários e das zonas húmidas;
- A proteção dos recursos hídricos nas captações, zonas de infiltração máxima e zonas vulneráveis;
- A regularização de caudais e a sistematização fluvial;

- A prevenção e a proteção contra riscos de inundações, secas, acidentes graves de poluição e de rutura de infraestruturas hidráulicas.

3.11.1.4 Plano Regional de Ordenamento do Território da Área Metropolitana de Lisboa (PROT-AML)

O Plano Regional de Ordenamento do Território da Área Metropolitana de Lisboa (PROT AML) foi aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 68/2002, de 8 de abril, e foi deliberada a sua alteração pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 92/2008, de 5 de junho.

O plano (CCDR-LVT, 2002) e a sua avaliação ambiental estratégica destaca "uma melhor gestão dos riscos naturais em meio urbano, ao reduzir os problemas decorrentes da impermeabilização do solo, do agravamento de cheias, do aumento da erosão e do transporte de sedimentos para os cursos de água".

3.11.1.5 Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Tejo (PBH Rio Tejo).

O PGRH Tejo (ARH Tejo, 2012) assume os objetivos estabelecidos no Artigo 1.º da Lei da Água, nomeadamente mitigar os efeitos das inundações destacando que as "cheias assumem especial relevância na RH5 (Tejo), não apenas pela extensão da área sujeita a inundações, mas também pela relevância dos núcleos urbanos sujeitos a este tipo de ocorrências. Aqui devem ser diferenciadas as cheias rápidas ou urbanas na Área Metropolitana de Lisboa".

3.11.1.6 Plano de Gestão dos Riscos de Inundações - Região Hidrográfica 5: Tejo e Ribeiras do Oeste (PGRI).

A Diretiva de Avaliação e Gestão dos Riscos de Inundações (Diretiva 2007/60/CE), de 23 de outubro e a sua transposição para o direito nacional, através do Decreto-Lei n.º 115/2010, de 22 de outubro, estabelecem um quadro nacional para a avaliação e gestão dos riscos de inundações, com o objetivo de reduzir as consequências prejudiciais associadas a este fenómeno para a saúde humana (incluindo perdas humanas), o ambiente, o património cultural, as infraestruturas e as atividades económicas.

Nos termos destas normas legais o planeamento de gestão dos riscos de inundações está estruturado em ciclos de 6 anos. Para atingir o objetivo preconizado na Diretiva e no Decreto-Lei, mencionados anteriormente, foram realizadas três etapas:

- Definição das zonas críticas de inundações, em 2013;
- Elaboração de cartas de zonas inundáveis e de riscos de inundações, concluídas em 2015.
- Elaboração dos Planos de Gestão dos Riscos de Inundações (PGRI), aprovados em 2016.

A Resolução do Conselho de Ministros n.º 51/2016, de 20 de setembro, republicada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 22-A/2016, de 18 de novembro, aprova os Planos de Gestão de Riscos de Inundações para o período 2016-2021.

Para a área em estudo considera-se o Plano de Gestão de Riscos de Inundações aplicável à Região Hidrográfica 5 - Tejo e Ribeiras do Oeste. O referido Plano identifica quatro Zonas Críticas na Região Hidrográfica do Tejo e Ribeiras do Oeste, nomeadamente, Tomar, Torres Vedras, Abrantes/Santarém/V.F. Xira e Loures e Odivelas.

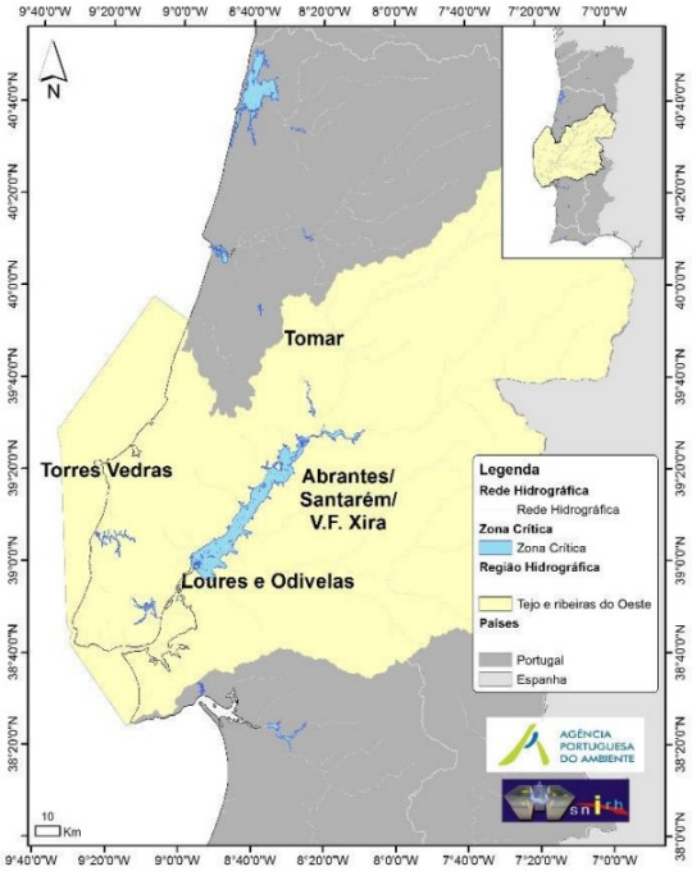


Figura 3.11-1 – Identificação das zonas críticas na RH5

Fonte: (APA, 2016b)

Refira-se que, embora a área em estudo não se enquadre nas Zonas Críticas definidas na RH5, o PGRI menciona a ocorrência de algumas inundações com maior magnitude na Área Metropolitana de Lisboa, das quais se salienta as ocorrências registadas nos anos de 1967/68, 1981/82 e 2007/08.

3.11.1.7 Plano Diretor Municipal de Lisboa (PDM)

Cidade ambientalmente sustentável, amigável e segura – que integra a planta de riscos naturais e antrópicos, onde identifica zonas com os diferentes tipos de riscos de cheia sendo de salientar que a grande maioria das zonas de elevada vulnerabilidade às inundações são objeto de intervenção da proposta do PGDL.

O PDM de Lisboa considera fundamental atenuar as inundações e a perturbação decorrente no funcionamento da cidade de Lisboa, pelo que referencia nos Programas e Projetos Urbanos Transversais um programa de intervenção na rede de drenagem da cidade. É ainda de referenciar a inter-relação a programas como "Um Bairro um Jardim" e a "Pavimentar Lisboa".

No regulamento do PDM destaca-se:

- Para reforçar a resiliência da cidade, é preciso atenuar os riscos sísmicos, de incêndio, de movimentos das vertentes e de inundações;
- São definidas áreas sujeitas a riscos naturais e antrópicos, designadamente, áreas com vulnerabilidade a inundações e suscetibilidade ao efeito direto de maré, suscetibilidade de ocorrências de movimentos de massa em vertentes, vulnerabilidade sísmica dos solos e áreas sujeitas a descontaminação. É criado o regime de proteção adequada;

- Na vulnerabilidade a inundações e suscetibilidade ao efeito de maré direto, refere que em determinadas situações deve ser apresentado projeto de drenagem que inclua medidas e soluções que assegurem a eficaz drenagem da água e a salvaguarda das condições de total segurança de pessoas e bens.

3.11.1.8 Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas de Lisboa (EMAAC)

Atualmente em consulta pública, a EMAAC 2016 salienta o empenho da cidade de Lisboa no que respeita a políticas de adaptação para a água, sendo a primeira cidade a assinar o Novo Pacto dos Autarcas para o Clima e para a Energia. Neste contexto destaca o PGDL 2016-2030 como o mais recente programa de adaptação climática em implementação, com a promoção de um investimento na adaptação de cerca de 170 milhões de euros.

A Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas do município de Lisboa encontra-se estruturada em torno dos objetivos nucleares da Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas, adaptados à realidade do município de Lisboa, com vista ao seu desenvolvimento e operacionalização.

A EMAAC identifica os principais impactes e vulnerabilidades às alterações climáticas e procede à caracterização da resposta de adaptação, através da qual introduz um conjunto de eixos estratégicos e linhas programáticas de atuação e detalha as opções de adaptação formuladas, estabelecendo critérios que permitam ao município responder às principais vulnerabilidades e riscos climáticos (atuais e futuros) identificados, com o objetivo de aumentar a sua capacidade adaptativa.

No seu capítulo 4, aquando da identificação de impactes e vulnerabilidades às alterações climáticas, a EMAAC apresenta uma análise de risco através da qual destaca a precipitação intensa que irá aumentar tanto na frequência de ocorrência como na quantidade. É, contudo, referido que a progressão do risco associado à precipitação intensa é atenuada no pressuposto de que irão sendo desenvolvidas medidas de adaptação adequadas destacando, entre elas, a implementação do PGDL.

De igual modo, a EMAAC ressalta que a resposta de adaptação deverá ser orientada para, no presente e a médio prazo, a ocorrência de precipitação excessiva e de tempestades de inverno, com chuva e vento forte, que constituem os maiores riscos.

3.11.2 Condicionantes, servidões administrativas e restrições de utilidade pública

Para além dos parâmetros urbanísticos estabelecidos no Regulamento do PDM, o território municipal é abrangido por servidões e outras restrições de utilidade pública ao uso dos solos, tuteladas por diferentes entidades e sujeitas a legislação específica.

As diferentes servidões e restrições de utilidade pública têm objetivos específicos designadamente, a segurança dos cidadãos, o funcionamento e ampliação das infraestruturas e equipamentos, o enquadramento do património cultural e ambiental e a execução de infraestruturas programadas ou já em fase de projeto.

Assim, nas áreas ou edifícios objeto de servidões administrativas ou de outras restrições de utilidade pública, os usos e construções estão condicionados a autorização das entidades competentes, nos termos da legislação aplicável. Uma vez admitidos pelas entidades competentes ficam sujeitos aos parâmetros urbanísticos estabelecidos no Regulamento do PDM.

As entidades com tutela sobre o território municipal são as seguintes:

- ANA, Aeroportos de Portugal;
- DGPC, Direção Geral do Património Cultural;
- APL, Administração do Porto de Lisboa;
- CCDRLVT, Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo;

- MDN, Ministério da Defesa Nacional;
- ANACOM, Autoridade Nacional de Comunicações;
- DGSP, Direção Geral dos Serviços Prisionais;
- DGEG, Direção Geral de Energia e Geologia;
- IP, Infraestruturas de Portugal.

Cerca de 60% do território do município de Lisboa é objeto de servidões e restrições de utilidade pública ao uso dos solos, conforme figura seguinte:

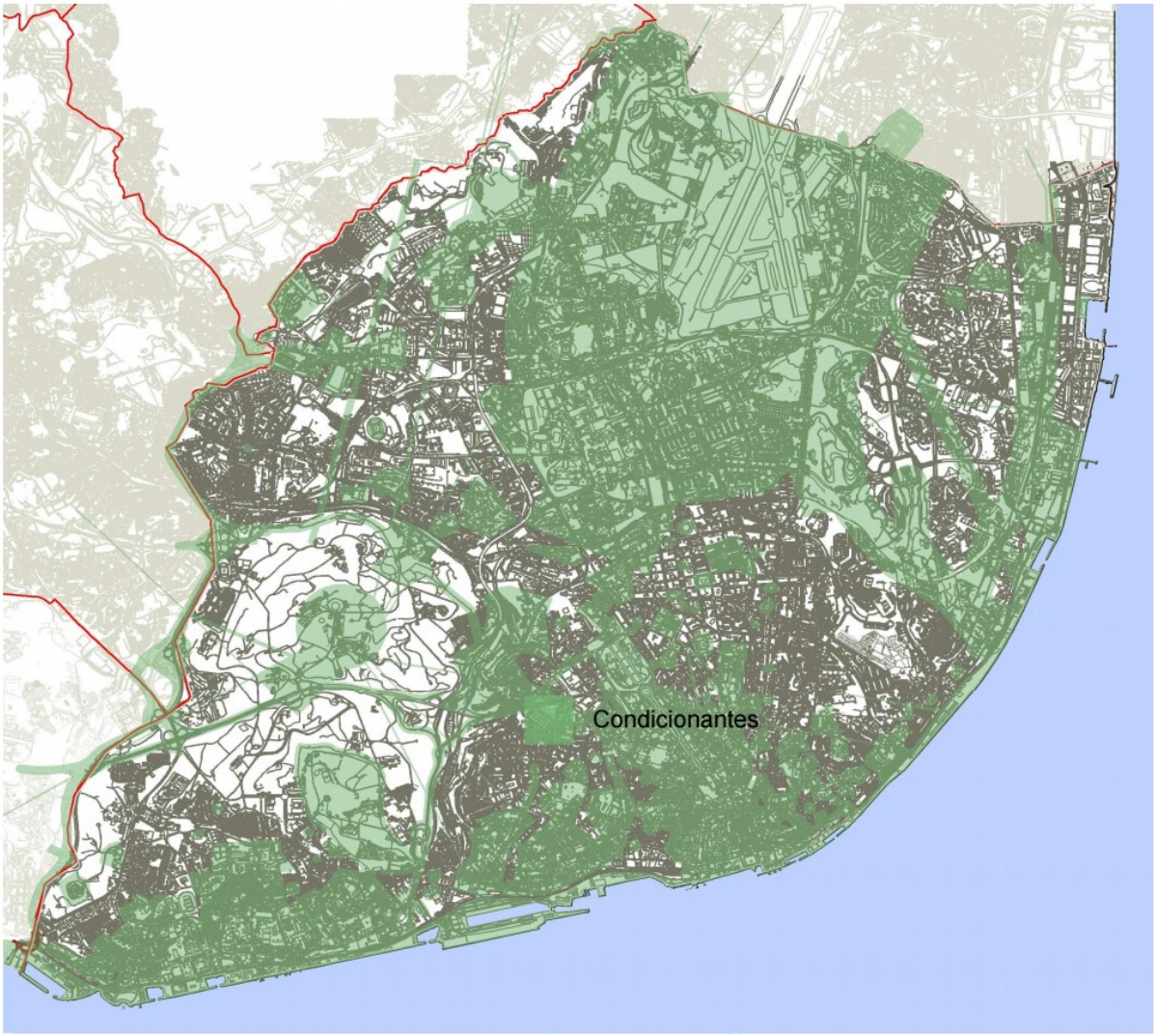


Figura 3.11-2 – Áreas objeto de servidões e restrições de utilidade pública ao uso dos solos no Concelho de Lisboa

Fonte: (DMPU, 2009)

De acordo com a tipologia de projeto, grande parte da intervenção realiza-se em profundidade, onde as condicionantes em termos de ordenamento são limitadas ou reduzidas. O projeto nas intervenções à superfície está a ser desenvolvido para assegurar a sua compatibilização.

3.12 SOCIO ECONOMIA LOCAL E REGIONAL

3.12.1 População e Povoamento: a estruturação demográfica

Nos censos de 1991 confirmou-se uma tendência de perda populacional da cidade de Lisboa cujos sinais já tinham surgido no recenseamento de 1970, mas que no momento censitário subsequente, em 1981, foi invertida, facto que se deve entre outras razões, pelas condições históricas que motivaram o «retorno» de população das ex-colónias africanas. A população recenseada em 1981 foi a mais elevada de sempre na cidade de Lisboa (CML, 2012b).

Na década de 80, com a intensificação da metropolização, associada a uma estagnação da oferta de habitação em Lisboa, a capital perde sensivelmente 18% da sua população. Na década de 90, a situação mantém-se, apesar de um aumento da oferta habitacional, Lisboa perde mais cerca de 15% do seu quantitativo populacional (CML, 2012b).

De acordo com as estimativas da população residente do Instituto Nacional de Estatística (INE), Lisboa continuou a perder população. Este decréscimo, em apenas seis anos, repercute-se no agravamento do crescimento negativo da população de Lisboa. Deste modo, e apesar de se tratar de uma estimativa, a cidade de Lisboa terá perdido entre 1981 e 2007 aproximadamente 308 mil habitantes (CML, 2012b).

Atualmente, segundo os dados mais recentes do INE (Quadro 3.12-1), a cidade de Lisboa tem uma população residente de 547 773 habitantes, sendo 45.82% do sexo masculino e 54.18% do sexo feminino. As cerca de 244 271 famílias espalham-se por 323 981 alojamentos. Entre 2001 e 2011 verificou-se um decréscimo na população residente de cerca de 3%.

Quadro 3.12-1 - Variação entre 2001 e 2011 dos indicadores gerais para o município de Lisboa

Indicador	2001	2011
População residente	564 657	547 733
Mulheres	306 670	296 859
Homens	257 987	250 874
Famílias	234 918	244 271
Alojamentos	293 064	323 981

Com a nova organização administrativa, a cidade de Lisboa é constituída por 24 freguesias. No entanto, para a análise da sociodemográfica do concelho, por se utilizarem os dados dos Censos 2011, considera-se o número de freguesias existentes à data, correspondente a um total de 53 freguesias.

Como referido, na cidade de Lisboa, verificou-se um decréscimo da população residente em cerca de 3%. Esta dinâmica demográfica regressiva reflete-se também ao nível das freguesias (Quadro 3.12-2), sendo que apenas 14 das 53 freguesias tiveram variações de população residente positiva entre 2001 e 2011. Em 2011, com maior variação positiva de população importa destacar a freguesia de Santa Justa com mais de 21 %, as freguesias da Ameixoeira e Carnide cerca de 19 % e a freguesia de Socorro com quase 13 % de variação positiva da população residente.

Por outro lado, as freguesias com uma maior decréscimo de população residente entre 2001 e 2011 foram a freguesia do Castelo, com um decréscimo de mais de 65 %, Encarnação com cerca de 41 %, Santiago com mais de 38 % e as freguesias de Pena e Santo estevão com mais de 35 %.

No entanto, face a 2001, em que se verificou um decréscimo da população de 15 %, comparativamente a 1991, e em que somente 4 freguesias apresentaram uma variação da população residente positiva, verificou-se um acréscimo do número de freguesias com aumento da população residente.

Quadro 3.12-2 - Evolução da população por freguesia, censos 2001 e 2011

Fonte: (INE, 2011a)

Local de residência	População residente		Variação da população
	2001	2011	
Lisboa	**564657**	**547733**	-3.1%
Ajuda	17958	15584	-15.2%
Alcântara	14443	13943	-3.6%
Alto do Pina	10253	10333	**0.8%**
Alvalade	9620	8869	-8.5%
Ameixoeira	9644	11863	**18.7%**
Anjos	9738	9361	-4.0%
Beato	14241	12429	-14.6%
Benfica	41368	36821	-12.3%
Campo Grande	11148	10514	-6.0%
Campolide	15927	15460	-3.0%
Carnide	18989	23316	**18.6%**
Castelo	587	355	-65.4%
Charneca	10509	9935	-5.8%
Coração de Jesus	4319	3689	-17.1%
Encarnação	3182	2252	-41.3%
Graça	6960	5787	-20.3%
Lapa	8670	8000	-8.4%
Lumiar	37693	41163	**8.4%**
Madalena	380	393	**3.3%**
Mártires	341	372	**8.3%**
Marvila	38767	38102	-1.7%
Mercês	5093	4345	-17.2%
Nossa Senhora de Fátima	15291	15283	-0.1%
Pena	6068	4486	-35.3%
Penha de França	13722	12780	-7.4%
Prazeres	8492	8096	-4.9%
Sacramento	880	742	-18.6%
Santa Catarina	4081	3716	-9.8%
Santa Engrácia	5860	5249	-11.6%
Santa Isabel	7270	6875	-5.7%
Santa Justa	700	891	**21.4%**
Santa Maria de Belém	9756	8541	-14.2%
Santa Maria dos Olivais	46410	51036	**9.1%**
Santiago	857	619	-38.4%
Santo Condestável	17553	15257	-15.0%
Santo Estêvão	2047	1511	-35.5%
Santos-o-Velho	4013	4020	**0.2%**
São Cristóvão e São Lourenço	1612	1341	-20.2%
São Domingos de Benfica	33678	33745	**0.2%**
São Francisco Xavier	8101	8020	-1.0%
São João	17073	15187	-12.4%
São João de Brito	13449	11727	-14.7%
São João de Deus	10782	9798	-10.0%
São Jorge de Arroios	17404	18415	**5.5%**
São José	3278	2746	-19.4%
São Mamede	6004	5420	-10.8%
São Miguel	1777	1531	-16.1%

Local de residência	População residente		Variação da população
	2001	2011	
São Nicolau	1175	1231	**4.5%**
São Paulo	3521	2728	-29.1%
São Sebastião da Pedreira	5871	6342	**7.4%**
São Vicente de Fora	4267	3539	-20.6%
Sé	1160	910	-27.5%
Socorro	2675	3065	**12.7%**

Em termos de população residente e população presente, verifica-se um ligeiro decréscimo, quase impercetível, da população presente em Lisboa, face à população residente na cidade, na ordem dos 0.1 %.

Quadro 3.12-3 – População residente e presente por freguesia em Lisboa, Censos 2011

Fonte: (INE, 2011a)

Local de residência	População residente			População presente		
	Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres
Lisboa	**547733**	**250874**	**296859**	**547348**	**250857**	**296491**
Ajuda	15584	7120	8464	14916	6787	8129
Alcântara	13943	6254	7689	14352	6460	7892
Alto do Pina	10333	4687	5646	9975	4488	5487
Alvalade	8869	3764	5105	9129	3850	5279
Ameixoeira	11863	5568	6295	11299	5270	6029
Anjos	9361	4392	4969	9442	4431	5011
Beato	12429	5763	6666	12047	5567	6480
Benfica	36821	16487	20334	35713	15958	19755
Campo Grande	10514	4679	5835	11918	5267	6651
Campolide	15460	7468	7992	15669	7580	8089
Carnide	23316	10893	12423	23072	10861	12211
Castelo	355	158	197	353	157	196
Charneca	9935	4753	5182	9469	4481	4988
Coração de Jesus	3689	1698	1991	5355	2617	2738
Encarnação	2252	1060	1192	2300	1068	1232
Graça	5787	2613	3174	5606	2514	3092
Lapa	8000	3553	4447	7780	3445	4335
Lumiar	41163	19140	22023	39642	18182	21460
Madalena	393	187	206	457	234	223
Mártires	372	182	190	349	172	177
Marvila	38102	17945	20157	36630	17144	19486
Mercês	4345	1968	2377	4121	1857	2264
Nossa Senhora de Fátima	15283	6692	8591	16114	7069	9045
Pena	4486	2166	2320	4600	2299	2301
Penha de França	12780	5680	7100	12406	5431	6975
Prazeres	8096	3679	4417	7660	3497	4163
Sacramento	742	357	385	802	383	419
Santa Catarina	3716	1692	2024	3591	1631	1960
Santa Engrácia	5249	2376	2873	5097	2305	2792
Santa Isabel	6875	3034	3841	6643	2919	3724
Santa Justa	891	497	394	1865	1069	796
Santa Maria de Belém	8541	3868	4673	8302	3755	4547
Santa Maria dos Olivais	51036	24026	27010	49643	23224	26419

Local de residência	População residente			População presente		
	Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres
Santiago	619	261	358	582	242	340
Santo Condestável	15257	6628	8629	14566	6269	8297
Santo Estêvão	1511	691	820	1398	643	755
Santos-o-Velho	4020	1865	2155	3966	1819	2147
São Cristóvão e São Lourenço	1341	675	666	1275	647	628
São Domingos de Benfica	33745	15194	18551	33365	14938	18427
São Francisco Xavier	8020	3656	4364	8496	4135	4361
São João	15187	6790	8397	14852	6618	8234
São João de Brito	11727	5152	6575	11516	5025	6491
São João de Deus	9798	4224	5574	9797	4230	5567
São Jorge de Arroios	18415	8405	10010	19367	9011	10356
São José	2746	1295	1451	3159	1581	1578
São Mamede	5420	2358	3062	5824	2572	3252
São Miguel	1531	694	837	1534	697	837
São Nicolau	1231	715	516	1946	1082	864
São Paulo	2728	1354	1374	2760	1380	1380
São Sebastião da Pedreira	6342	2877	3465	9224	4415	4809
São Vicente de Fora	3539	1579	1960	3430	1529	1901
Sé	910	437	473	912	432	480
Socorro	3065	1625	1440	3062	1620	1442

Na cidade de Lisboa, em termos de grupos etários, 53% estão entre os 25 e 64 anos, sendo que 24 % têm 65 ou mais. Os grupos etários entre o 0-14 e 15-24, conjuntamente, atingem valores de quase 23%, ou seja, são quase correspondentes à percentagem de pessoas mais idosas.

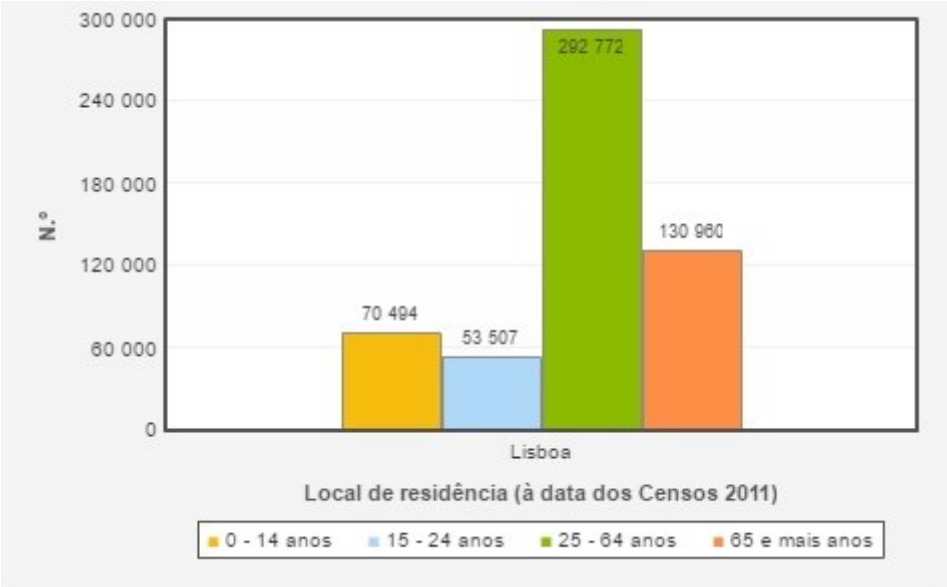


Figura 3.12-1- Grupos etários na população residente em Lisboa

Fonte: (INE, 2011a)

Como referido, entre os censos de 2001 e 2011 a população residente na cidade de Lisboa sofreu um decréscimo de 3 %, tendo aumentado percentualmente (Quadro 3.12-4) a faixa etária dos 0-14 (7%) e reduzido o grupo de 15-64 (-6%), tendo-se reduzido ainda o grupo etário com 65 anos ou mais (-2%).

Quadro 3.12-4 - Variação da estrutura etária da população residente na cidade de Lisboa, Censos 2001 e 2011

Fonte: (CML, 2012b) e (INE, 2011a)

Escalão etário	2001	2011	Variação
Jovens (0-14)	65 548	70 494	7%
Ativos (15-64)	365 805	346 279	-6%
Idosos (65 ou +)	133 304	130 960	-2%

A densidade da cidade de Lisboa era, em 2001, da ordem dos 6 700 habitantes por km^2, ou seja, de 67 habitantes por hectare, valor que em termos médios não pode ser considerado elevado se atendermos a que se trata de um centro urbano central de uma área metropolitana com mais de 2.5 milhões de habitantes, para além do facto de ser a capital do País (CML, 2012b).

Em 2011, com a redução da população residente, a densidade populacional sofreu um decréscimo, sendo cerca de 6 500 habitantes por km^2 (Quadro 3.12-5).

À semelhança do que se verificava em 2001, continuam a existir grandes diferenças na cidade relativamente à densidade geográfica (hab/km^2) nas diferentes freguesias. Sendo que os valores mais elevados ocorrem nas freguesias da área central histórica, que correspondem também às de menor dimensão, como é o caso de S. Miguel (com o valor máximo – 29 495 hab/ km^2); São Cristóvão e São Lourenço; Socorro; Graça, Penha de França, Santa Catarina, Mercês e Anjos (Figura 3.12-2). Relativamente aos valores de densidade mais baixos, também se verificam nalgumas freguesias da área central histórica, sendo os valores mais baixos verificados nas freguesias de Santa Maria de Belém (com o valor mais baixo – 2 490 hab/km^2), Alcântara, Mártires, Madalena, Santa Justa e São Francisco Xavier. Ainda neste âmbito, reconhece-se que na área a Sudoeste da cidade existe menores densidades populacionais, com particular destaque para as freguesias de Santa Maria de Belém, de Alcântara e de São Francisco de Xavier.

Quadro 3.12-5 - Densidade populacional nas freguesias do concelho de Lisboa, Censos 2011

Fonte: (INE, 2011a)

Local de residência	Densidade populacional (N.º/ km^2)		
	Total	Homens	Mulheres
Lisboa	**6 448.2**	**2 953.4**	**3 494.8**
Ajuda	5 456.9	2 493.2	2 963.8
Alcântara	3 142	1 409.3	1 732.7
Alto do Pina	12 319.6	5 588.1	6 731.5
Alvalade	14 898.5	6 322.9	8 575.6
Ameixoeira	7 391.6	3 469.3	3 922.3
Anjos	**19 180.8**	8 999.2	10 181.5
Beato	7 670.9	3 556.8	4 114.1
Benfica	4 639.5	2 077.4	2 562.1
Campo Grande	4 296.1	1 911.9	2 384.2
Campolide	5 571.9	2 691.5	2 880.4
Carnide	5 736.2	2 679.9	3 056.3
Castelo	6 440.7	2 866.6	3 574.1
Charneca	5 866.6	2 806.7	3 060
Coração de Jesus	6 607.4	3 041.3	3 566.1
Encarnação	11 920.7	5 611	6 309.7
Graça	**16 507.9**	7 453.8	9 054.1
Lapa	10 806.3	4 799.3	6 006.9
Lumiar	6 705.6	3 118	3 587.6
Madalena	3 400.5	1 618	1 782.4

Local de residência	Densidade populacional (N.º/ km²)		
	Total	Homens	Mulheres
Mártires	3 738.4	1 829	1 909.4
Marvila	5 977.6	2 815.3	3 162.3
Mercês	**16 203.5**	7 339.1	8 864.4
Nossa Senhora de Fátima	8 011.1	3 507.8	4 503.3
Pena	8 971.3	4 331.7	4 639.7
Penha de França	**18 708.7**	8 315	10 393.7
Prazeres	5 166.9	2 348	2 819
Sacramento	8 714.7	4 192.9	4 521.8
Santa Catarina	**17 407.1**	7 926	9 481.2
Santa Engrácia	9 543.1	4 319.7	5 223.3
Santa Isabel	10 964.2	4 838.6	6 125.6
Santa Justa	3 614	2 015.9	1 598.1
Santa Maria de Belém	2 488.9	1 127.1	1 361.7
Santa Maria dos Olivais	4 548.5	2 141.3	2 407.2
Santiago	9 542.4	4 023.6	5 518.9
Santo Condestável	14 847.1	6449.9	8397.2
Santo Estêvão	7 428.9	3397.3	4031.5
Santos-o-Velho	7 569.2	3511.6	4057.6
São Cristóvão e São Lourenço	**17 190.8**	8653.1	8537.7
São Domingos de Benfica	7 831.6	3526.3	4305.4
São Francisco Xavier	3 484.7	1588.5	1896.2
São João	10 087.2	4509.9	5577.3
São João de Brito	5 258	2310	2948
São João de Deus	10 596	4568	6028
São Jorge de Arroios	**15 893.6**	7254.2	8639.4
São José	8 310.9	3919.4	4391.5
São Mamede	8 815.6	3835.3	4980.3
São Miguel	**29 495.4**	13370.2	16125.2
São Nicolau	4 674.5	2715.1	1959.4
São Paulo	6 212.2	3083.3	3128.9
São Sebastião da Pedreira	5 855.1	2656.1	3199
São Vicente de Fora	11 176.3	4986.5	6189.7
Sé	7 584.3	3642.1	3942.1
Socorro	**27 646.2**	14657.5	12988.8

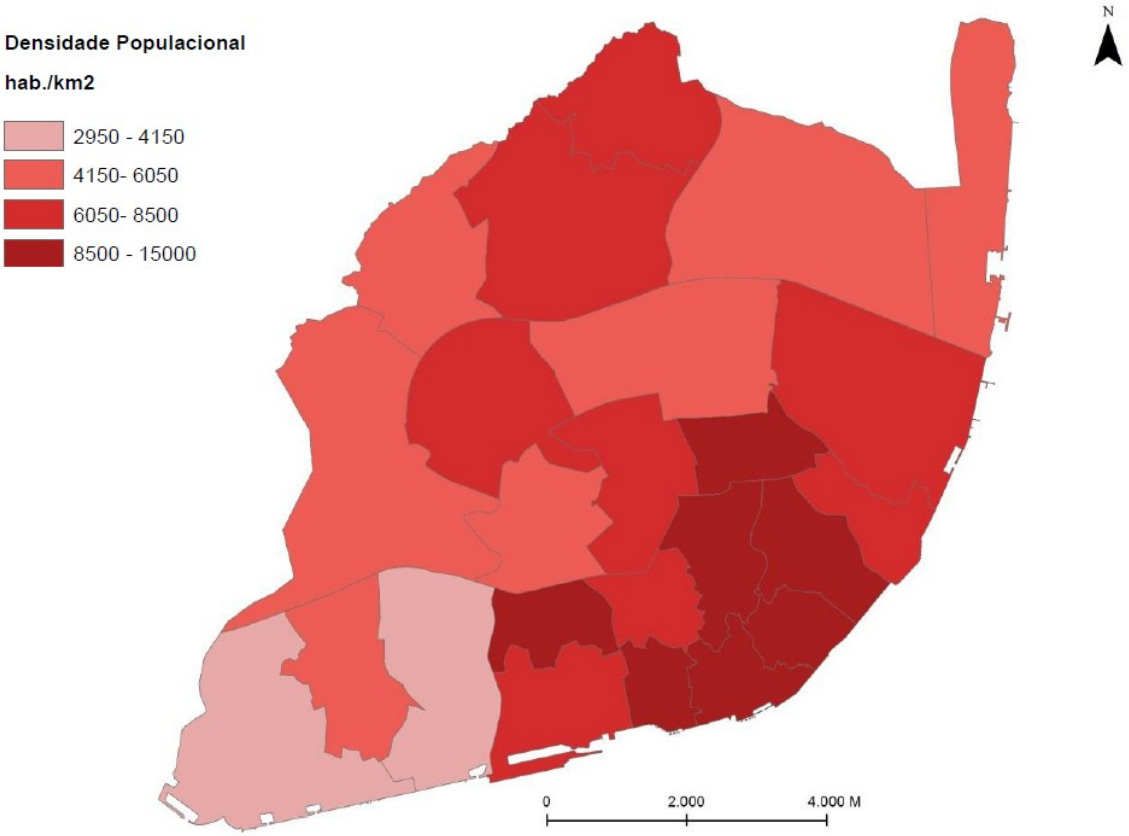


Figura 3.12-2 - Distribuição da densidade populacional por freguesias, no concelho de Lisboa

Fonte: (CML, 2016a)

3.12.1.1 Principais características das zonas em estudo (Zonas 1 a 6)

De seguida, apresenta-se a caracterização das áreas em estudo, de acordo com os dados mais recentes dos Censos, nomeadamente os Censos 2011.

As subsecções consideradas correspondem ao local ou envolvente imediata das áreas em estudo consideradas no presente projeto. Todas as subsecções consideradas integram o Município de Lisboa com o Código Divisão Administrativa (distrito/município): 1106 e NUTS III/NUTS II: Área Metropolitana de Lisboa. As zonas em estudo distribuem-se por diferentes freguesias, secções e subsecções, identificadas nas tabelas seguintes, que se apresentam para cada área em estudo.

Zona 1 – Campolide

Na zona de Campolide (Figura 3.12-3) consideram-se 3 subsecções (01, 02 e 03), incluídas na secção 006 e que, na sua globalidade, integram a freguesia de Campolide. Salienta-se que no caso especifico da subsecção 01, a área considerada é muito mais extensa do que seria a área em estudo a considerar, englobando as instalações da infraestrutura ferroviária na envolvente e áreas residenciais numa envolvente mais afastada.

Figura 3.12-3 - Identificação e localização das secções e subsecções consideradas na zona de Campolide (Censos 2011)

Fonte: (INE, 2011b)

No Quadro 3.12-6 apresenta-se as características das subsecções consideradas, salientando-se a população residente na subsecção 01 que, apesar de apresentar um total de residentes muito mais elevado, considera áreas residenciais numa envolvente mais alargada e situadas junto à infraestrutura ferroviária, estando desde já sujeitas a nível de ruído mais elevados.

Quadro 3.12-6 – Caracterização das subsecções consideradas na zona de Campolide

Fonte: (INE, 2011b)

FR11	SEC11	SS11	População Residente Total	População Presente Total	Famílias	Alojamentos	Edifícios
10	006	03	76	83	30	67	35
10	006	02	89	83	51	58	5
10	006	01	105	99	51	73	33

*Onde FR: Freguesia; SEC: secção; SS: Subsecção

Zona 2 – Avenida da Liberdade/Santa Marta

Na zona da Avenida da Liberdade e Santa Marta (Figura 3.12-4) consideram-se 11 subsecções, incluída em secções distintas e que integram a freguesia de Coração de Jesus.

Figura 3.12-4 - Identificação e localização das secções e subsecções consideradas na zona da Avenida da Liberdade e Santa Marta (Censos 2011)

Fonte: (INE, 2011b)

Dada a sua localização e de acordo com a população residente total (Quadro 3.12-7) esta revela-se uma zona tipicamente residencial, sobretudo as subsecções localizadas na envolvente imediata de Santa Marta, com a população residente distribuída pelas diferentes subsecções, complementada com atividades económicas no piso térreo.

Quadro 3.12-7 - Caracterização das subsecções consideradas na zona da Avenida da Liberdade e Santa Marta

Fonte: (INE, 2011b)

FR11	SEC11	SS11	População Residente Total	População Presente Total	Famílias	Alojamentos	Edifícios
14	012	02	74	64	39	64	14
14	008	03	6	248	4	23	5
14	008	01	65	161	28	71	11

FR11	SEC11	SS11	População Residente Total	População Presente Total	Famílias	Alojamentos	Edifícios
14	007	01	174	186	88	120	18
14	012	01	42	104	24	31	7
14	011	01	14	46	11	28	7
14	013	01	38	36	19	31	10
14	008	02	15	15	7	11	2
14	011	03	52	52	20	32	7
14	007	02	183	218	102	149	24
14	003	03	40	80	19	25	10

*Onde FR: Freguesia; SEC: secção; SS: Subsecção

Zona 3 – Almirante Reis

Na zona da Avenida Almirante Reis (Figura 3.12-5) as 4 subsecções consideradas incluem-se em secções distintas, mas integram a mesma freguesia, nomeadamente a Freguesia dos Anjos.

Figura 3.12-5 - Identificação e localização das secções e subsecções consideradas na zona da Avenida Almirante Reis (Censos 2011)

Fonte: (INE, 2011b)

Das subsecções consideradas, as subsecções 01 e 02, integradas nas secções 016 e 012, respetivamente, destacam-se (Quadro 3.12-8) pelo número de alojamentos e população residente total. Tal acontece devido à sua localização, sendo caracterizadas por serem zonas maioritariamente residenciais, mas também devido à sua dimensão.

Quadro 3.12-8 – Caracterização das subsecções consideradas na zona da Avenida Almirante Reis

Fonte: (INE, 2011b)

FR11	SEC11	SS11	População Residente Total	População Presente Total	Famílias	Alojamentos	Edifícios
06	016	02	12	26	5	19	4
06	014	03	75	83	36	50	7
06	016	01	310	310	166	216	40
06	012	02	395	375	161	226	33

*Onde FR: Freguesia; SEC: secção; SS: Subsecção

Zona 4 – Santa Apolónia

Na zona de Santa Apolónia (Figura 3.12-6), localizadas na Freguesia de Santo Estevão, consideram-se 6 subsecções, pertencentes às secções 003 e 004.

Figura 3.12-6 - Identificação e localização das secções e subsecções consideradas na zona de Santa Apolónia (Censos 2011)

Fonte: (INE, 2011b)

A zona em estudo destaca-se pela diversidade de serviços que a constituem, como esquadra de policia, creche, igreja, museu, entre outros, pelo que a população residente total é reduzida (Quadro 3.12-9), sendo nula nas subsecções 01 e 02 da secção 003 e na subsecção 01 da secção 004.

Quadro 3.12-9 – Caracterização das subsecções consideradas na zona de Santa Apolónia

Fonte: (INE, 2011b)

FR11	SEC11	SS11	População Residente Total	População Presente Total	Famílias	Alojamentos	Edifícios
36	003	10	5	5	2	3	1
36	003	06	16	16	9	22	6
36	004	01	0	0	0	0	0
36	003	02	0	0	0	0	0
36	003	01	0	4	0	1	1
36	004	03	43	39	25	56	13

*Onde FR: Freguesia; SEC: secção; SS: Subsecção

Zona 5 – Chelas

Na zona de Chelas (Figura 3.12-7) as subsecções consideradas pertencem a diferentes secções e integram as freguesias de Marvila e Beato.

Figura 3.12-7 - Identificação e localização das secções e subsecções consideradas na zona de Chelas (Censos 2011)

Fonte: (INE, 2011b)

Esta é uma zona em parte de terreno livre com alguma vegetação, pelo que à exceção da subsecção 01 da secção 051 (freguesia de Marvila) que apresenta uma população residente de 118 habitantes, as restantes secções têm uma população residente muito baixa ou nula (Quadro 3.12-10).

Quadro 3.12-10 – Caracterização das subsecções consideradas na zona de Chelas

Fonte: (INE, 2011b)

FR11	SEC11	SS11	População Residente Total	População Presente Total	Famílias	Alojamentos	Edifícios
07	004	02	33	27	15	20	17
21	051	02	0	0	0	0	0
21	051	01	118	112	43	55	40
21	040	02	2	2	2	10	1
07	001	01	0	0	0	1	1

*Onde FR: Freguesia; SEC: secção; SS: Subsecção

Zona 6 – Beato

A zona do Beato caracteriza-se pelas atividades portuárias na interface com o estuário, complementadas com áreas residenciais e industriais à medida que aumenta a distância ao estuário.

Zona 6a – Rua Amigos de Lisboa

Na área em estudo junto à Rua Amigos de Lisboa (Figura 3.12-8), a extensão da área considerada integra também a envolvente afastada da área em estudo, dada a extensão das subsecções consideradas. Nesta zona consideram-se 5 subsecções da secção 054 e 1 subsecção da secção 035, localizadas, na sua globalidade, na freguesia de Marvila.

Figura 3.12-8 - Identificação e localização das secções e subsecções consideradas no Beato, na zona da Rua Amigos de Lisboa (Censos 2011)

Fonte: (INE, 2011b)

Esta é uma zona essencialmente com atividades portuárias na interface com o rio Tejo, apresentando no entanto, numa envolvente mais alargada, algumas zonas residenciais, com alguma população residente (Quadro 3.12-11).

Quadro 3.12-11 – Caracterização das subsecções consideradas no Beato, na zona da Rua Amigos de Lisboa

Fonte: (INE, 2011b)

FR11	SEC11	SS11	População Residente Total	População Presente Total	Famílias	Alojamentos	Edifícios
21	054	05	97	93	46	49	26
21	054	03	0	0	0	0	0
21	054	06	24	24	9	12	2
21	054	01	0	0	0	0	0
21	035	01	57	56	28	15	9

*Onde FR: Freguesia; SEC: secção; SS: Subsecção

Zona 6b – Calçada Dom Gastão

Junto à Calçada Dom Gastão (Figura 3.12-9), na Freguesia do Beato, consideram-se 3 subsecções. A subsecção 01 (secção 019) localizada na interface com o estuário do Tejo e as subsecções 02 e 04 (secção 018) mais afastadas do estuário.

Figura 3.12-9 - Identificação e localização das secções e subsecções consideradas no Beato, na zona da Calçada Dom Gastão (Censos 2011)

Fonte: (INE, 2011b)

Como seria de esperar, dada a sua localização, a subsecção 01 diz respeito a uma zona com atividades portuárias, pelo que não apresenta população residente (Quadro 3.12-12). Por outro lado, a subsecção 02, dada a sua extensão, apresenta já um número de população residente considerável (235 habitantes).

Quadro 3.12-12 – Caracterização das subsecções consideradas no Beato, na zona da Calçada Dom Gastão

Fonte: (INE, 2011b)

FR11	SEC11	SS11	População Residente Total	População Presente Total	Famílias	Alojamentos	Edifícios
07	018	04	82	78	43	83	41
07	018	02	235	242	94	120	22
07	019	01	0	0	0	0	0

*Onde FR: Freguesia; SEC: secção; SS: Subsecção

Zona 6c – Rua do Grilo

Para a área em estudo junto à Rua do Grilo (Figura 3.12-10) considera-se igualmente a subsecção 01 (secção 019) na interface com o estuário e a subsecção 02 (secção 018). De acordo com a localização da área em estudo, considera-se também a subsecção 03 da secção 016. Todas as subsecções se localizam na Freguesia do Beato.

Figura 3.12-10 - Identificação e localização das secções e subsecções consideradas no Beato, na zona da Rua do Grilo (Censos 2011)

Fonte: (INE, 2011b)

Localizando-se numa área ainda mais afastada da interface com o estuário, a subsecção 02 apresenta uma população residente elevada (235 habitantes), à semelhança do que acontece com a subsecção 03 (232 habitantes). As características das subsecções analisadas apresentam-se no Quadro 3.12-13.

Quadro 3.12-13 – Caracterização das subsecções consideradas no Beato, na zona da Rua do Grilo

Fonte: (INE, 2011b)

FR11	SEC11	SS11	População Residente Total	População Presente Total	Famílias	Alojamentos	Edifícios
07	018	02	235	242	94	120	22
07	016	03	232	241	111	121	36
07	019	01	0	0	0	0	0

*Onde FR: Freguesia; SEC: secção; SS: Subsecção

3.12.1.2 Zonas com elevado risco de inundação

No Subcapítulo 3.5.2 efetuou-se uma análise dos principais eventos pluviosos, sendo o risco de inundação desenvolvido em maior detalhe no Subcapítulo 3.14, onde se identificam as principais zonas de vulnerabilidade ao risco de inundação.

Ao longo dos anos e com ocorrências recentes, e que se espera cada vez mais frequentes decorrentes da evolução climática prevista, as inundações têm fustigado várias zonas da cidade de Lisboa. Destaque-se as zonas baixas e planas, no entanto, os constrangimentos fazem-se sentir em vários pontos da cidade.

Inundações frequentes, como é o caso das inundações de 22 de setembro e 13 de outubro de 2014 causaram danos muitíssimo elevados em diferentes zonas, das quais se destaca Benfica e Campolide, Avenidas Novas, Avenida da Liberdade, Terreiro do Paço, Alcântara e Baixa da cidade, que são consideradas vulneráveis ao risco de inundação pela Câmara Municipal de Lisboa.

De acordo com a classificação da vulnerabilidade ao risco de inundação (ver Subcapítulo 3.14), que as áreas mais vulneráveis são, em parte, como já referido, coincidentes com os grandes vales da cidade e também a faixa ribeirinha entre Alcântara e o Campo das Cebolas. Há ainda a destacar, alguns pontos problemáticos da cidade, como sejam o Campo Pequeno, a Praça do Chile, as Portas de Benfica, Gago Coutinho, Algés e Parque das Nações (CML, 2012b).

Considerando a densidade populacional que a maioria das zonas afetadas pela ocorrência de inundações apresenta (destaca-se a zona da Baixa da cidade, ver Figura 3.12-2), urge responder à necessidade de adaptar o sistema de drenagem da cidade aos eventos pluviosos significativos que são cada vez mais frequentes e de maior intensidade, minimizando os danos pessoais e materiais.

3.12.2 Principais aspetos económicos

3.12.2.1 Estrutura das atividades económicas em Lisboa

As características mais marcantes da economia da cidade de Lisboa refletem o aprofundamento da terciarização e a especialização em serviços intensivos em conhecimento, a dimensão do emprego público e a concentração das funções inerentes ao papel de cidade-capital, a concentração de atividades de I&D, a presença dos centros de decisão económica nacional e de subsidiárias com capitais estrangeiros. Recentemente, o sector do turismo tornou-se mais relevante na economia da cidade, beneficiando de um conjunto de eventos de grande projeção internacional

Em comparação com a estrutura de emprego da Área Metropolitana de Lisboa, o emprego da cidade de Lisboa tem maior peso relativo nas atividades de serviços de intermediação financeira, seguros e serviços prestados às empresas (em geral,

com um peso superior a 60% do total do emprego na AML), transportes e comunicações (superior a 70% do emprego total da AML), eletricidade, gás e água e alojamento e restauração (superior a 50% do emprego da AML) (DMPU, 2009).

No que se refere ao emprego, e mais concretamente à informação disponível sobre pessoal ao serviço nas empresas dos Quadros de Pessoal, verificou-se um crescimento na cidade de Lisboa, entre 2000 e 2006, de cerca de 30 mil pessoas ao serviço, atingindo o valor global de 396 mil pessoas no final do período. Os ganhos de emprego foram sobretudo alcançados pela expansão continuada das atividades imobiliárias e serviços prestados às empresas que, não fora a saída de diversas empresas e estabelecimentos para os diversos espaços de escritórios entretanto construídos junto aos principais nós rodoviários de acesso a Lisboa, teria certamente registado um crescimento ainda mais elevado. Ainda assim, estas atividades já representam cerca de 1/3 do total do pessoal ao serviço em Lisboa em 2006. Apesar da ligeira diminuição na estrutura do emprego, as atividades comerciais, alojamento e restauração, transportes e comunicações, atividades financeiras e serviços de saúde, educação e ação social são responsáveis por um volume significativo dos postos de trabalho na cidade (DMPU, 2009).

A queda do emprego industrial não é um fenómeno novo e tem sido explicada pela dificuldade de instalação de unidades industriais na cidade e pelo processo de reestruturação industrial e de encerramento de unidades pouco competitivas. Com efeito, a concorrência de países emergentes nas atividades industriais tem acelerado este processo, parcialmente compensado pela criação de emprego no sector da logística e da distribuição dos bens industriais importados, cujas unidades se localizam, no entanto, fora da cidade de Lisboa, em áreas com custos de solo menos elevados e relativamente bem servidas por rodovia (o sector perdeu emprego mas aumentou o número de estabelecimentos na AML) (DMPU, 2009).

Em conformidade com o movimento de deslocalização de algumas empresas, a procura de solo para instalação de atividades industriais e de logística tem sido relativamente reduzida desde 2003 até ao presente. Ao contrário, a área licenciada para instalação de atividades comerciais e de serviços, pese algumas flutuações, atingiram níveis relativamente elevados, confirmando a tendência para a terciarização da estrutura económica de Lisboa. As funções inerentes ao estatuto de cidade-capital traduzem-se num elevado número de emprego na Administração Pública. Apesar da tendência para a diminuição do emprego público, concentra-se uma larga proporção do total do emprego na Administração Pública na cidade de Lisboa, que atinge na Administração Central cerca de 145 mil empregos, a que acresce ainda o emprego na Administração (DMPU, 2009).

Considerando os dados dos Censos 2011, o quadro seguinte apresenta a população empregada por atividade económica.

Quadro 3.12-14 - População empregada por atividade económica (CAE v. 3), Censos 2011

Fonte: (INE, 2011a)

Atividade económica	População empregada
Agricultura, produção animal, caça, floresta e pesca	685
Indústrias transformadoras	12 121
Eletricidade, gás, vapor, água quente e fria e ar frio	1 385
Captação, tratamento e distribuição de água; saneamento, gestão de resíduos e despoluição	810
Construção	9 792
Comércio por grosso e a retalho; reparação de veículos automóveis e motociclos	**29 837**
Transportes e armazenagem	9 588
Alojamento, restauração e similares	**16 183**
Atividades de informação e de comunicação	**15 424**
Atividades financeiras e de seguros	13 525
Atividades imobiliárias	2 974

Atividade económica	População empregada
Atividades de consultoria, científicas, técnicas e similares	**23 898**
Atividades administrativas e dos serviços de apoio	14 928
Administração Pública e Defesa; Segurança Social Obrigatória	**19 259**
Educação	**21 575**
Atividades de saúde humana e apoio social	**21 763**
Atividades artísticas, de espetáculos, desportivas e recreativas	4 463
Outras atividades de serviços	5 423
Atividades das famílias empregadoras de pessoal doméstico e atividades de produção das famílias para uso próprio	5 577

3.12.2.2 Comércio, Turismo e Lazer

A estrutura comercial da cidade de Lisboa tem uma enorme importância nas dinâmicas residenciais e de turismo e lazer. Em 2007, existiam 12 115 estabelecimentos de comércio a retalho e 5 744 estabelecimentos de restauração e bebidas, que correspondiam a 1 173 721 m^2 de superfície de venda e 364 774 m^2 de área destinada a clientes, respetivamente. No entanto, a evolução do aparelho comercial desde 1995 passou por uma recomposição decorrente da tendência para aumento do espaço e redução de estabelecimentos. Em 1995, existiam 13 859 estabelecimentos de comércio a retalho e 4 590 estabelecimentos de restauração e bebidas, que correspondiam a 1 014 970 m^2 de superfície de exposição e venda e 211.031 m2 de área destinada a clientes, respetivamente. Entre 1995 e 2000, verificou-se um aumento do número de estabelecimentos, tanto de comércio a retalho como de restauração e bebidas, sendo mais forte neste último subsector. O aumento do número de estabelecimentos de comércio a retalho ficou a dever-se ao comércio não alimentar, visto que o comércio alimentar perdeu cerca de 250 estabelecimentos durante este período. Em termos de superfície de exposição e venda, no entanto, o sector alimentar foi o que mais aumentou, devido à abertura de hipermercados e grandes supermercados na cidade. Verificou-se, assim, a substituição de pequenos estabelecimentos de comércio alimentar por grandes superfícies comerciais. No período entre 2000 e 2005, verificou-se um forte recuo do número de estabelecimentos de comércio a retalho em contraponto a um aumento assinalável do número de estabelecimentos de restauração e bebidas. No comércio a retalho, a quebra é significativa tanto no comércio alimentar (- 1 000 estabelecimentos) como no comércio não alimentar (-500 estabelecimentos). No entanto, em termos de superfície de exposição e venda, estamos perante uma realidade diferente, isto é, o sector de comércio a retalho observa um aumento de cerca de 63 000 m^2, sendo o comércio não alimentar o principal responsável. No sector de restauração e bebidas a tendência de aumento mantém-se tanto em relação ao número de estabelecimentos como para a área de clientes. No período de 2005 a 2007, mantêm-se as tendências dos últimos anos: diminuição do número de estabelecimentos de comércio a retalho (-324), crescimento do subsector de restauração e bebidas (+288); e aumento da superfície média de exposição e venda dos estabelecimentos de comércio a retalho (incremento da dimensão média dos estabelecimentos) (DMPU, 2009).

Mais recentemente, em 2009, existiam na cidade de Lisboa 17 346 estabelecimentos, 11 653 (67.2%) de comércio a retalho e 5 693 (32.8%) de restauração e bebidas. Estes ocupam um total de 1 226 268 m^2 (72.1%) de superfície de exposição e venda e 341 652 m^2 (27.9%) de área destinada a clientes, respetivamente. Estes estabelecimentos empregam um total de cerca de 67 374 trabalhadores, sendo 48 065 (71.3%) de comércio e 19 309 (28.7%) de restauração. A figura seguinte representa a distribuição da densidade do número de estabelecimentos na cidade de Lisboa, em 2009.

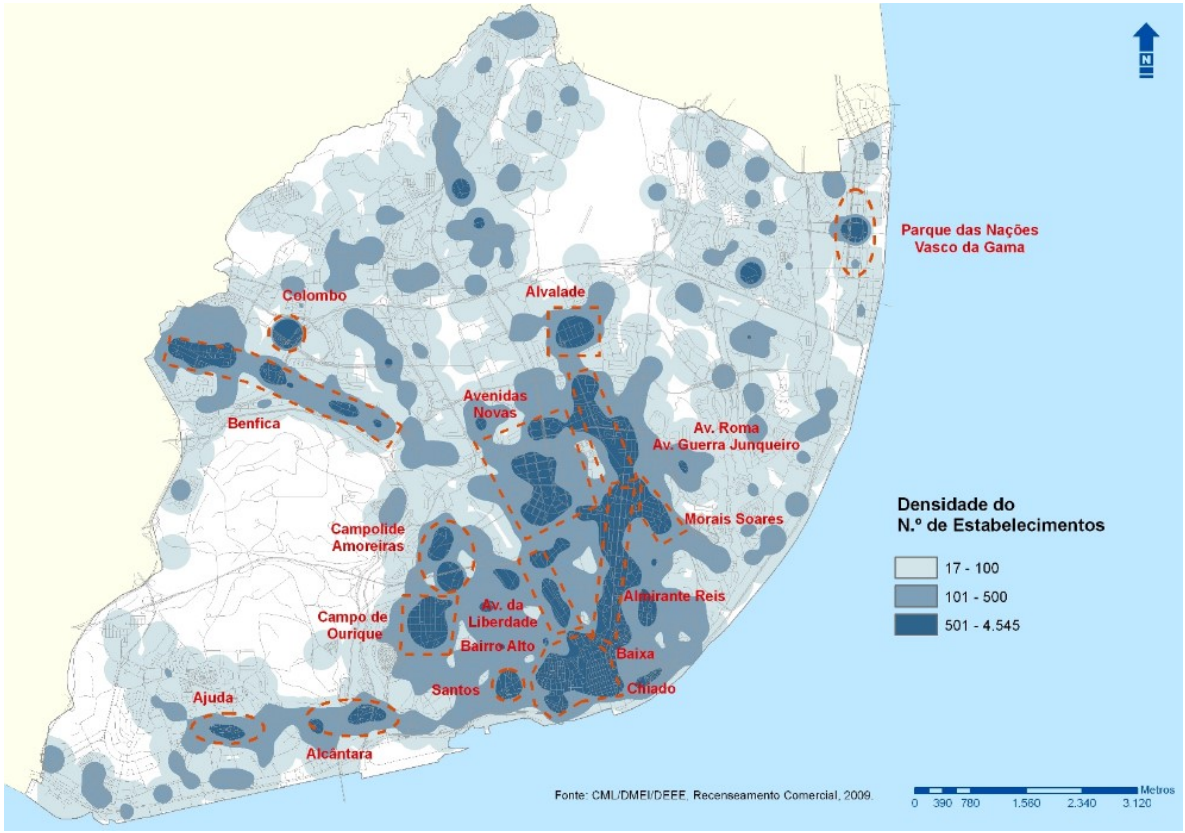


Figura 3.12-11 - Distribuição da densidade do nº de estabelecimentos na cidade de Lisboa, em 2009

Fonte: (CML, 2009)

No que se refere ao sector do Turismo, é possível avaliar de alguma forma a sua evolução através do subsector hoteleiro. Entre 1998 e 2006, registou-se um aumento do número de estabelecimentos hoteleiros e do número de camas em Lisboa, para o qual contribuiu principalmente o aumento do número de hotéis (DMPU, 2009).

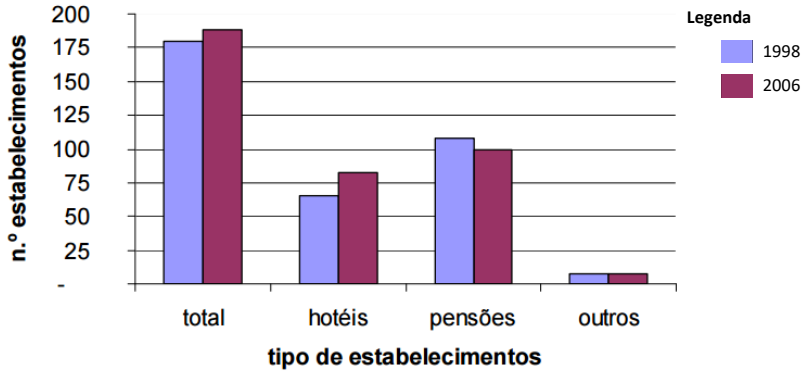


Figura 3.12-12 - Evolução do número de estabelecimentos hoteleiros em Lisboa, em 1998 e 2006

Fonte: (DMPU, 2009)

A evolução do número de dormidas na cidade de Lisboa cresceu em conformidade com o aumento da oferta hoteleira. A realização do evento EXPO 98 possibilitou um salto de cerca de 1 milhão de dormidas, estabilizando entre os 3 e os 3.5 milhões nos anos subsequentes até ao ano 2004, precisamente quando as dormidas ultrapassam o número de 3.5 milhões por ano em resultado da realização do EURO 2004. Os anos mais recentes expressam um crescimento assinalável das dormidas, sempre acima dos 3.5 milhões de dormidas, afirmando-se Lisboa como uma cidade fortemente atrativa para o turismo com origem especialmente no estrangeiro, em resultado dos traços distintivos da dimensão cénica, amenidades ambientais, morfologia urbana e identidade e cultura. Outra evidência da relevância da atividade turística para o desenvolvimento económico de Lisboa pode observar-se na evolução dos levantamentos nas caixas multibanco. Os valores médios dos levantamentos nacionais registaram incrementos ligeiramente superiores à média nacional entre 1999 e 2006. O crescimento mais significativo de Lisboa verifica-se nos levantamentos internacionais com um incremento de 19.7% face a 14.4% de Portugal e 16.4% da AML.

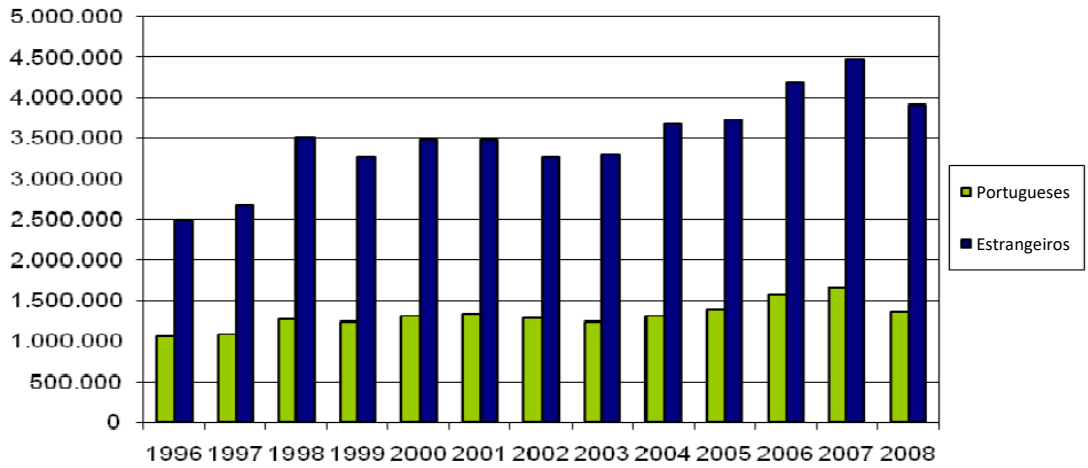


Figura 3.12-13 - Evolução do número de dormidas em estabelecimentos hoteleiros em Lisboa, 1996-2008

Adaptado de (DMPU, 2009)

3.12.3 Infraestruturas e serviços

Em termos de infraestruturas, as zonas envolventes à localização das áreas em estudo são servidas por um conjunto de infraestruturas (água, drenagem e águas residuais) dispondo ainda de redes viárias e serviços de transportes.

3.12.3.1 Energia e outras infraestruturas

As intervenções decorrem em áreas urbanas, pelo que infraestruturas como energia, telecomunicações e outras, asseguram serviços na proximidade das zonas a intervir.

3.12.3.2 Infraestrutura de água

A Empresa Portuguesa das Águas Livres (EPAL) é a empresa responsável pela produção, tratamento e abastecimento de água à cidade de Lisboa. O sistema de abastecimento é constituído pelas captações de água, estações de tratamento de água (ETA), adutores e toda a rede de distribuição do concelho de Lisboa.

3.12.3.3 Drenagem e saneamento

A água depois de consumida é conduzida através de coletores até Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR), que em Lisboa se situam em Chelas e Alcântara e em Beirolas, no concelho de Loures.

3.12.3.4 Resíduos sólidos

O município de Lisboa é responsável pela deposição, recolha e transporte dos resíduos urbanos produzidos em Lisboa. A Valorsul - Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos das Regiões de Lisboa e do Oeste, S.A. é a empresa responsável pelo tratamento e valorização dos resíduos urbanos produzidos em 19 municípios da Grande Lisboa e da Região Oeste, incluindo o Município de Lisboa.

O município dispõe de diferentes soluções de deposição e recolha de resíduos, de acordo com o tipo de produtores, morfologia urbana e características de cada área. Os principais sistemas de recolha seletiva podem classificar-se em (CML, 2015a):

- Sistemas de deposição coletiva: contentores de grande capacidade situados na via pública;
- Recolha seletiva porta-a-porta:
  - (i) em áreas residenciais/mistas
  - (ii) junto a entidades (restaurantes, bares, hotéis, mercados, comércio, serviços, entre outros);
- Recolha pontual de resíduos a pedido: recolha efetuada mediante pedido prévio do munícipe, de carácter ocasional, realizada em local e data acordada;
- Locais de receção de resíduos ou pontos de recolha.

Uma descrição mais detalhada sobre a gestão de resíduos no município de Lisboa é realizada no Subcapítulo 3.13.

3.12.3.5 Acessibilidades e transportes

A rede viária de Lisboa tem uma importância significativa para algumas das viagens dentro da AML, nomeadamente o Eixo Norte-Sul e a 2ª Circular, salientando-se ainda o IC17 (CRIL) no limiar do município que permite a redução do tráfego de atravessamento no interior da cidade.

Relativamente à rede viária do município esta pode dividir-se em rede fundamental (rede estruturante e de distribuição principal – 1º e 2º nível) e rede local (rede de distribuição secundária, de proximidade e de acesso local – 3º e 4º nível). A rede fundamental possibilita a conexão com a periferia suburbana e a ligação entre os principais pólos da cidade, em 2004 correspondia a cerca de 32% do total da rede viária (1 070 km) e absorvia cerca de 72% do tráfego da cidade.

Em termos estruturantes, a rede viária da cidade de Lisboa apresenta uma estrutura do tipo radioconcêntrico e incompleto, neste caso porque, quer os eixos radiais quer os eixos concêntricos e particularmente estes, apresentam ainda descontinuidade em diversos eixos, não constituindo o sistema primário um sistema fechado. Às descontinuidades físicas acrescem as descontinuidades de capacidade que reforçam as distorções da estrutura das ligações proporcionadas pela rede. Esta situação tem vindo a ser melhorada relativamente ao início dos anos 90, altura em que foram elaborados estudos e definidos objetivos no Plano Diretor da cidade.

Desde a década de noventa foram efetuadas uma série de alterações na rede que vieram promover uma maior hierarquização da rede viária, nomeadamente com a conclusão dos principais eixos da rede estruturante.

A construção de parte do IC17 (CRIL), a finalização do Eixo Norte-Sul e da ligação deste e da 2ª Circular ao IC17 (CRIL) trouxeram melhorias na acessibilidade aos municípios limítrofes e reduziram a carga sobre a rede de distribuição principal da cidade, quer do tráfego de atravessamento, quer do tráfego com origem e destino no interior da cidade.

Na zona oriental a construção e a própria beneficiação das vias estruturantes passaram a garantir a distribuição do tráfego neste sector da cidade, nomeadamente através das avenidas centrais de Chelas (Av. Santo Condestável e a Av. General António Spínola) e da alteração do perfil da Av. Infante D. Henrique.

Apesar de se ter verificado uma melhoria significativa na hierarquização da rede, ainda existem zonas com cobertura deficiente da rede de distribuição principal (1º e 2º níveis), nomeadamente nas zonas da Ajuda, colinas históricas envolventes à Baixa, Marvila/Beato e Coroa Periférica Norte (Carnide-Lumiar-Ameixoeira), embora os dois últimos eixos sejam zonas menos consolidadas.

As alterações introduzidas na Baixa em Fevereiro de 2009, decorrentes do fecho da Av. Ribeira das Naus para a realização de obras, provocaram a alteração da procura nas vias circulares de Lisboa. Esta alteração permitirá monitorizar a procura e aferir o modelo a implementar na Baixa e consequentemente na restante cidade, de modo a reordenar a circulação promovendo uma menor utilização do transporte individual e melhor ambiente urbano.

A Terceira Travessia do Tejo (TTT) no alinhamento Chelas-Barreiro contribuirá para o desenvolvimento da "Grande Lisboa" como uma cidade de duas margens, recentrando-a no estuário do Tejo e contrariando as tendências da "litorização", traduzida na ocupação excessiva da Orla Costeira e das áreas poente da AML, conforme preconizado no Plano Regional do Ordenamento do Território para a AML (PROT-AML). Complementarmente, poderá ajudar a reduzir os tráfegos na Ponte 25 de Abril e na Ponte Vasco da Gama, equilibrando as entradas de tráfego em Lisboa e criando capacidade de reserva para os tráfegos gerados pelo novo Aeroporto de Lisboa.

A ligação rodoviária neste alinhamento está enquadrada de uma forma coerente com a estrutura viária reticulada prevista para Lisboa, e em grande parte já executada, dando continuidade ao eixo longitudinal IP1-A1/Central de Chelas/Barreiro, em contraponto com o outro eixo longitudinal IC1- A8/Eixo Norte-Sul/Ponte 25 de Abril/Almada.

Na Figura 3.12-14 apresenta-se um extrato da Planta de Ordenamento - Acessibilidades e Transportes, que acompanha o PDM de Lisboa, com identificação das zonas áreas em estudo consideradas no presente projeto.

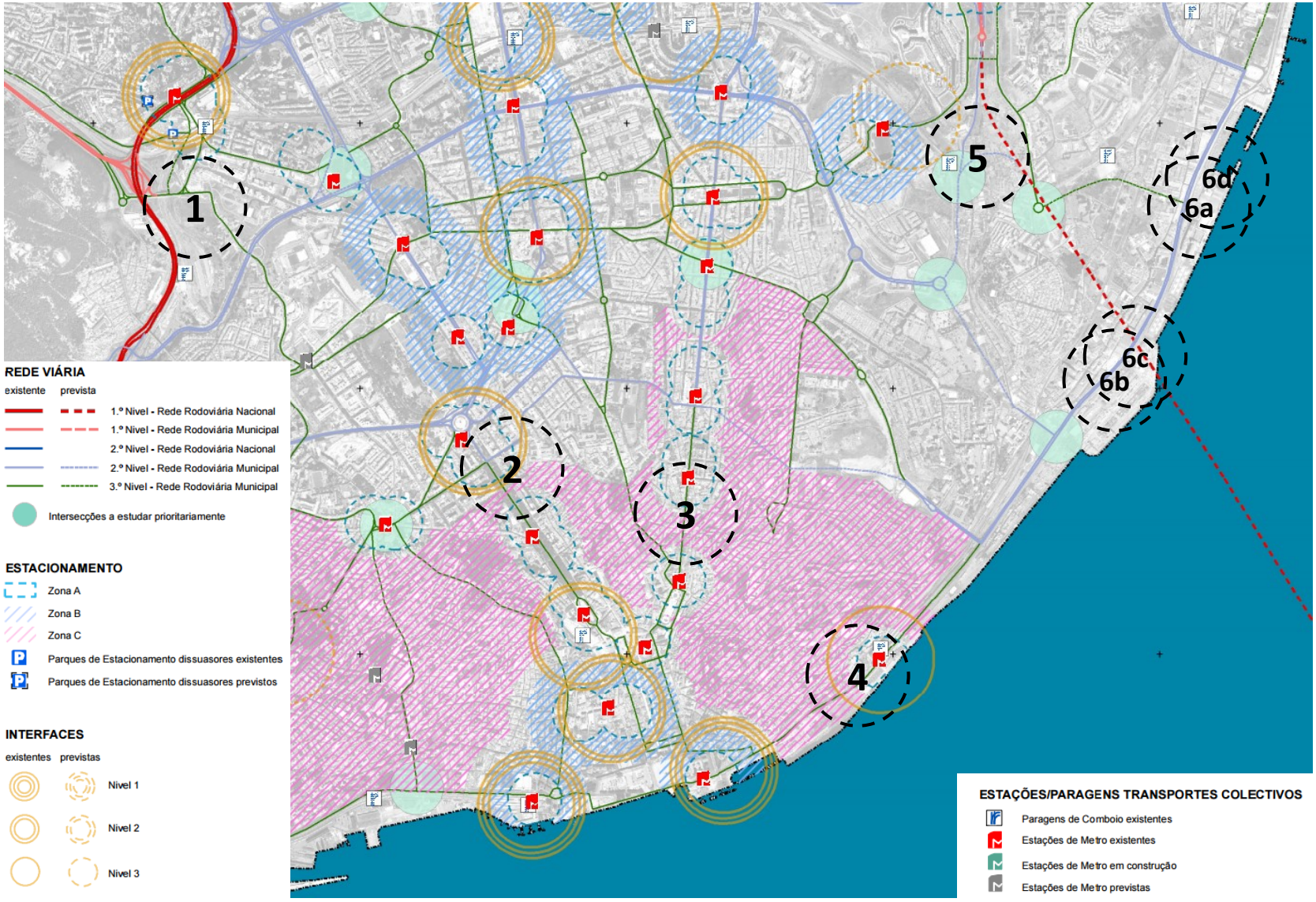


Figura 3.12-14 - Extrato da Planta de Ordenamento - Acessibilidades e Transportes do PDM de Lisboa

Adaptado de (CML, 2012a)

Zonas de Análise Monsanto-Santa Apolónia

Ao longo das zonas analisadas de Monsanto-Santa Apolónia a área em estudo divide-se em quatro áreas com localização distinta, nomeadamente (1) Campolide, (2) Santa Marta, (3) Almirante Reis e (4) Santa Apolónia.

(1) Campolide

A zona 1, em Campolide, é uma zona bem servida de acessibilidades, destacando-se na envolvente três vias rodoviárias, o Eixo Norte-Sul, que integra o 1º Nível da Rede Rodoviária Nacional, a Rua de Campolide e a Avenida General Correia Barreto que integram o 3º Nível da rede Rodoviária Municipal. Neste local salienta-se ainda a via ferroviária na envolvente.

Figura 3.12-15 - Vias rodoviárias na envolvente da área em estudo, em Campolide

(2) Santa Marta

Na Zona 2 salienta-se a Av. da Liberdade, que integra o 3º Nível da rede Rodoviária Municipal, bem como outras vias de menor dimensão, como a Rua de Santa Marta e Rua Alexandre Herculano e as vias existentes na envolvente, representadas nas figuras seguintes.

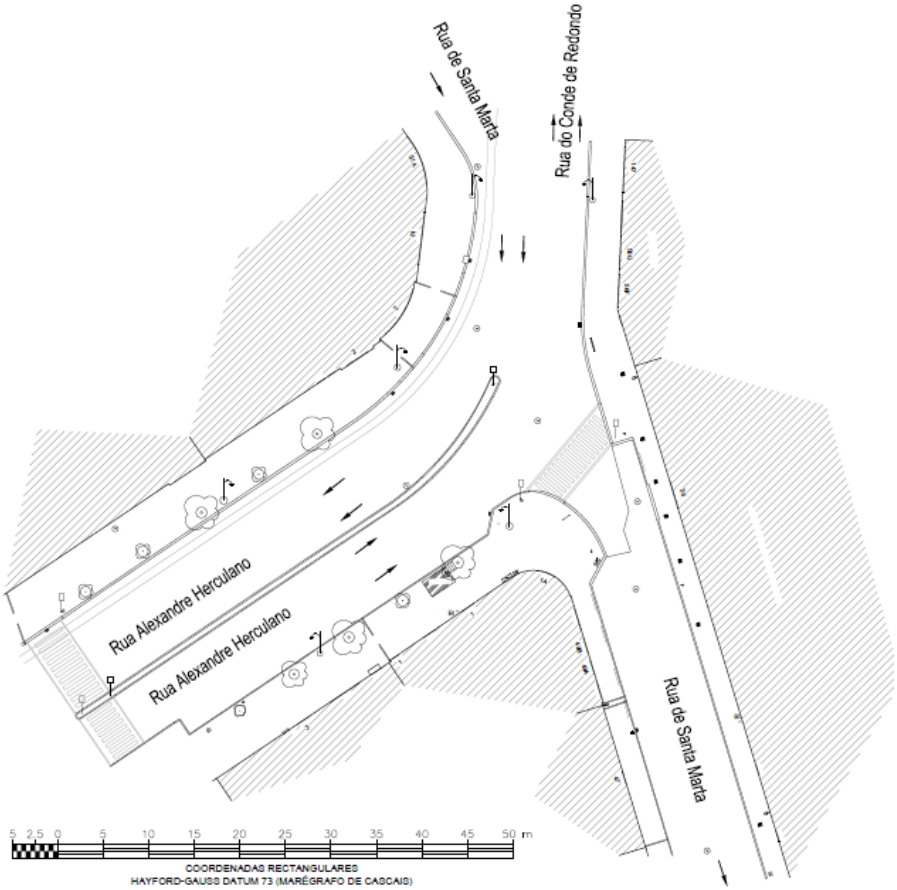


Figura 3.12-16 - Vias rodoviárias na envolvente da área em estudo em Santa Marta

Adaptado de (artop, 2016)

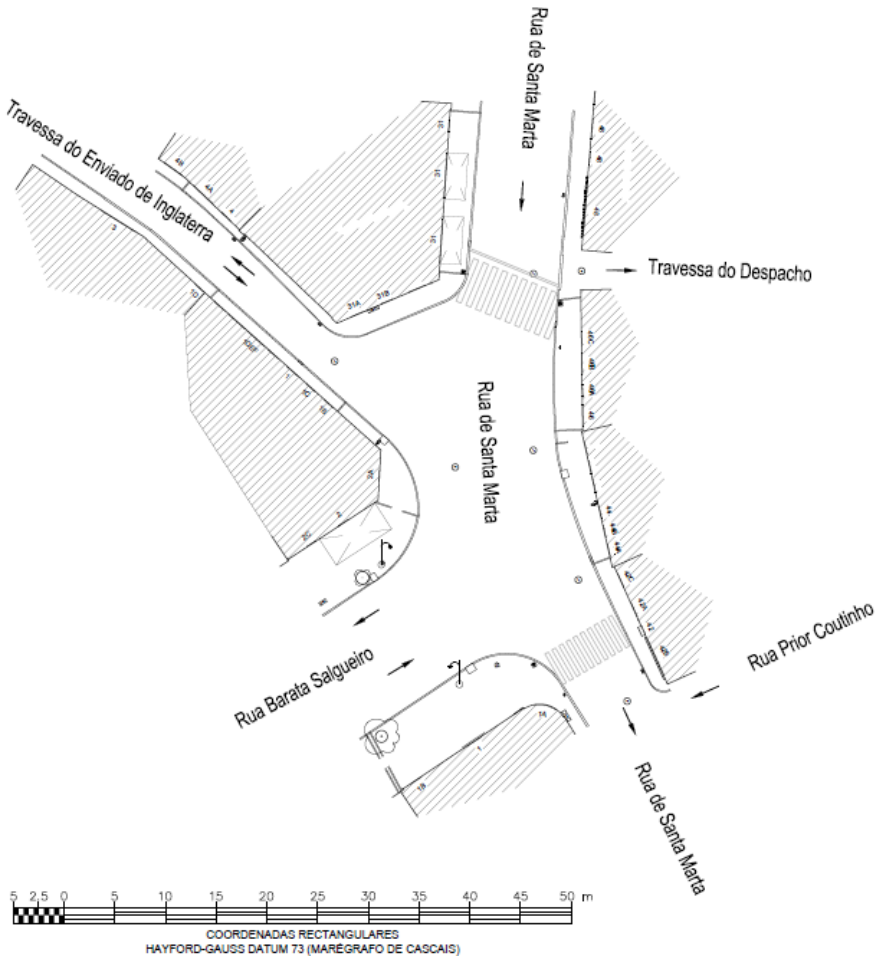


Figura 3.12-17 - Vias rodoviárias na envolvente da área em estudo em Santa Marta

Adaptado de (artop, 2016)

(3) Almirante Reis

A zona 3 abrange essencialmente a Avenida Almirante Reis (Figura 3.12-18), que corresponde ao 3º Nível da rede Rodoviária Municipal e integra também carris para circulação do elétrico, embora no troço considerado o mesmo não circule atualmente. São ainda de salientar na envolvente a Travessa do Maldonado e a Rua Antero Quental.

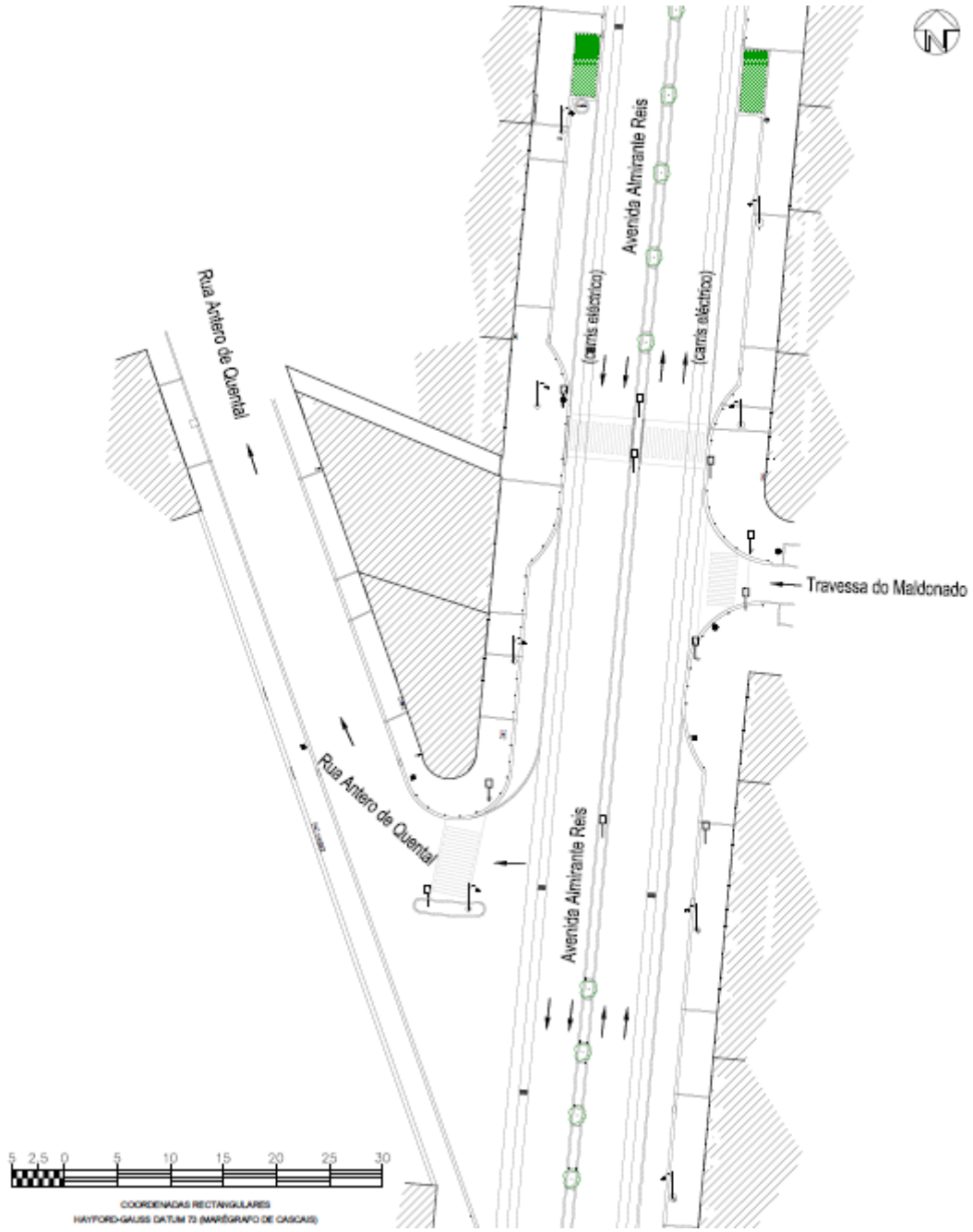


Figura 3.12-18 - Vias rodoviárias na envolvente da área em estudo na Av. Almirante Reis

Adaptado de (artop, 2016)

(4) Santa Apolónia

A Zona 4 é também uma zona bem servida em termos de acessibilidades (Figura 3.12-19), integrando a Avenida Infante Dom Henrique, correspondente ao 3º Nível da rede Rodoviária Municipal e um conjunto de vias de menores de dimensões, das quais se salienta a Rua do Museu de Artilharia, a Rua do Jardim do Tabaco, o Largo do Museu de Artilharia e a Rua Teixeira Lopes.

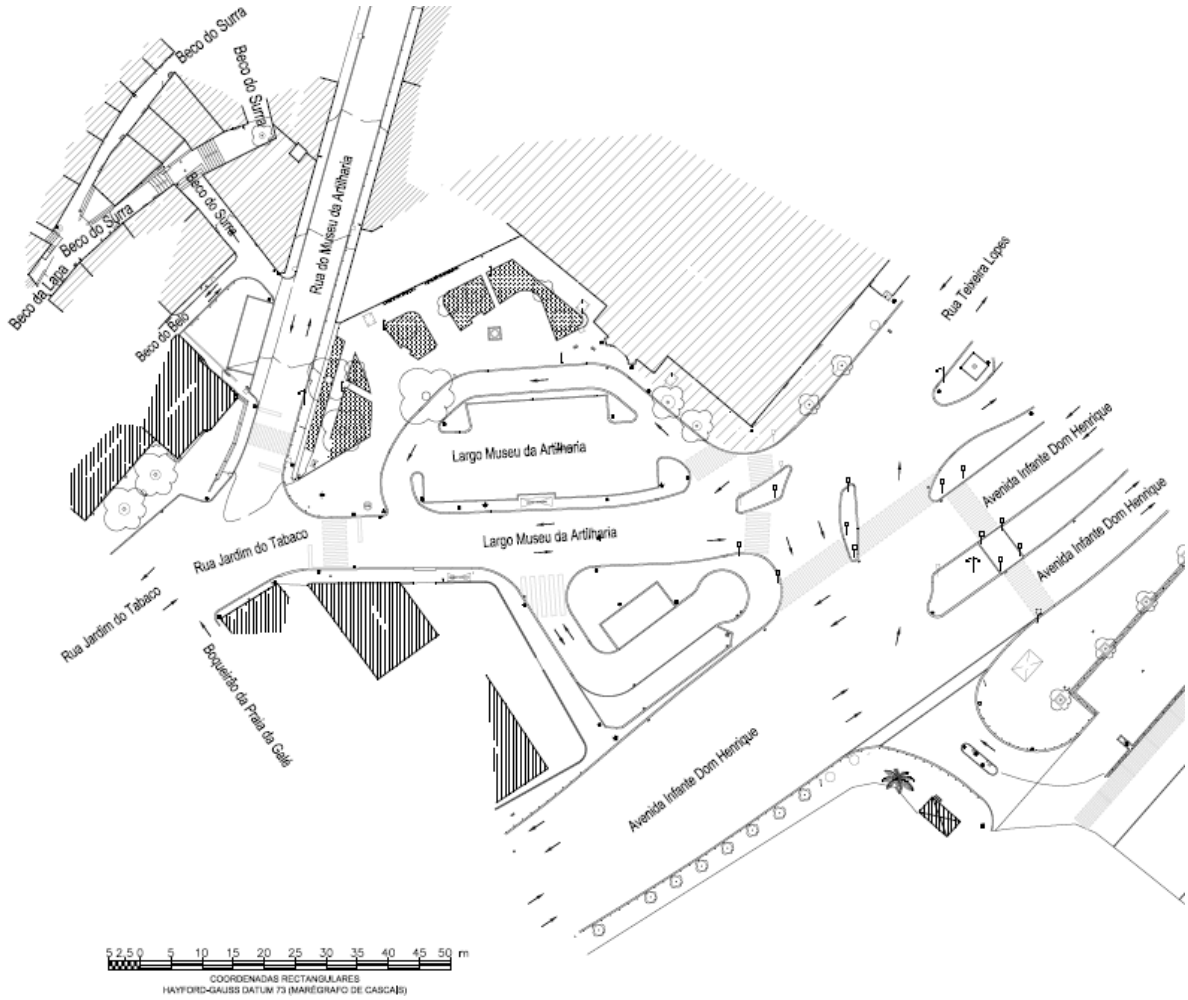


Figura 3.12-19 - Vias rodoviárias na envolvente da área em estudo em Santa Apolónia

Adaptado de (artop, 2016)

Zonas de Análise Chelas-Beato

As áreas em estudo localizam-se em (5) Chelas e (6) Beato, sendo que no Beato se analisam diferentes zonas.

(5) Chelas

A Zona 5, em Chelas refere-se a um local mais afastado do centro urbano da cidade de Lisboa, sendo essencialmente servida pela Estrada de Chelas (Figura 3.12-20), que integra o 2º Nível da rede Rodoviária Municipal. Sendo ainda de referir a localização da via ferroviária na envolvente, assim como outras vias rodoviárias na envolvente, nomeadamente a Av. Santo Condestável, Calçada dos Vinagreiros e Calçada da Picheleira.

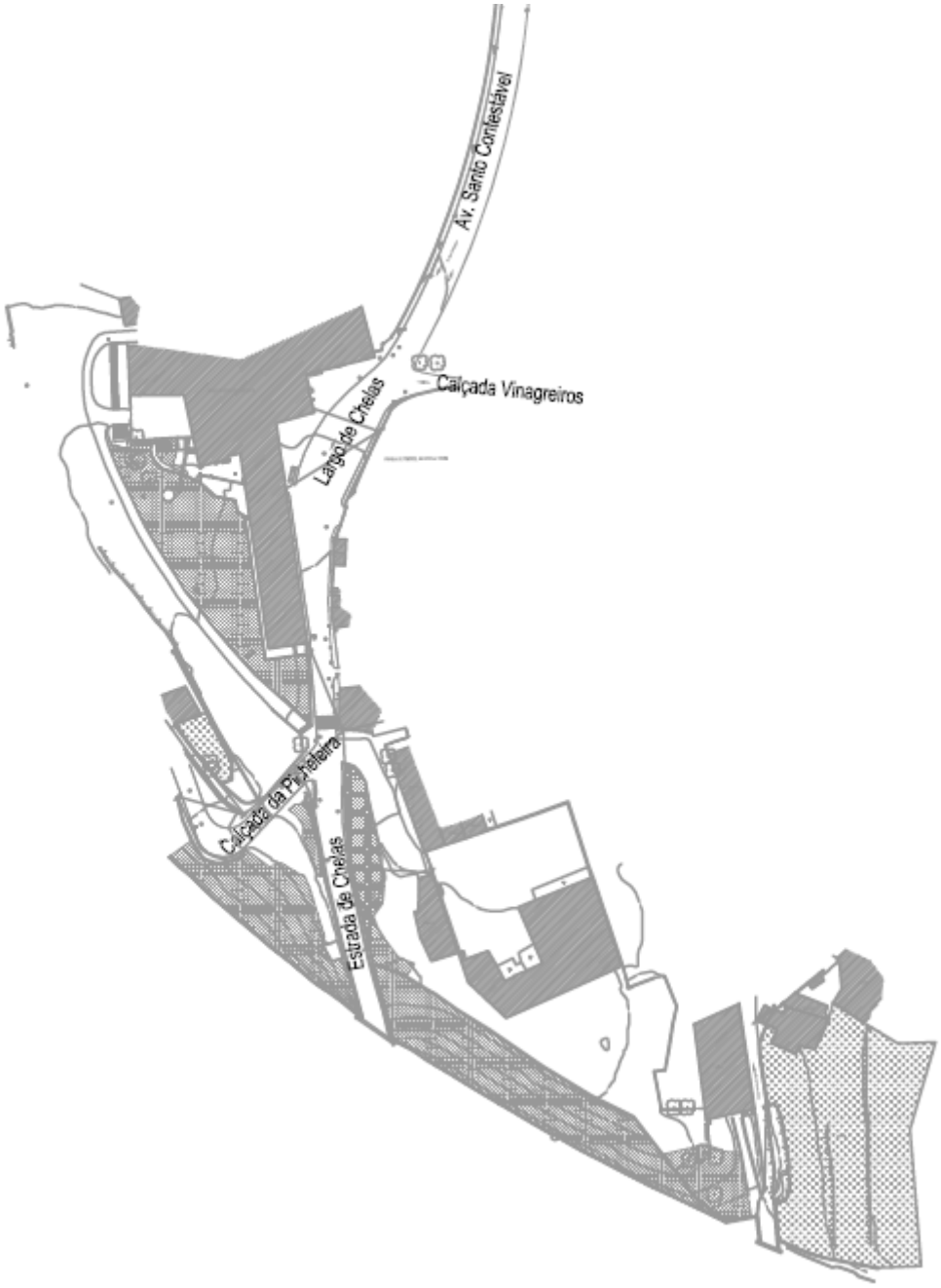


Figura 3.12-20 - Vias rodoviárias na envolvente da área em estudo na Zona 5, em Chelas

Adaptado de (artop, 2016)

(6) Beato

No Beato, consoante a alternativa de projeto, a área em estudo difere, no entanto, em termos de acessibilidades, a via rodoviária com maior tráfego na envolvente é a mesma, nomeadamente a Av. Infante Dom Henrique.

(6)a Rua Amigos de Lisboa e (6)d Doca do Poço do Bispo

Em termos de acessibilidades na envolvente da área em análise, para as Alternativas TCB1 e TCB4, na zona do Beato (Figura 3.12-21) salienta-se a Rua Amigos de Lisboa e a Rua do Açúcar. De referir ainda o principal eixo viário existente no local, nomeadamente a Avenida Infante Dom Henrique que integra o 2º Nível da rede Rodoviária Municipal.

Figura 3.12-21 - Vias rodoviárias na envolvente da área em estudo na Zona 6a, no Beato, para as Alternativas TCB1 e TCB4

(6)b Calçada Dom Gastão

Em termos de acessibilidades na envolvente da área em análise, para a Alternativa TCB2, na zona do Beato (Figura 3.12-22) salienta-se a Calçada Dom Gastão e a Rua Manutenção. De referir ainda o principal eixo viário existente no local, nomeadamente a Avenida Infante Dom Henrique que integra o 2º Nível da rede Rodoviária Municipal.

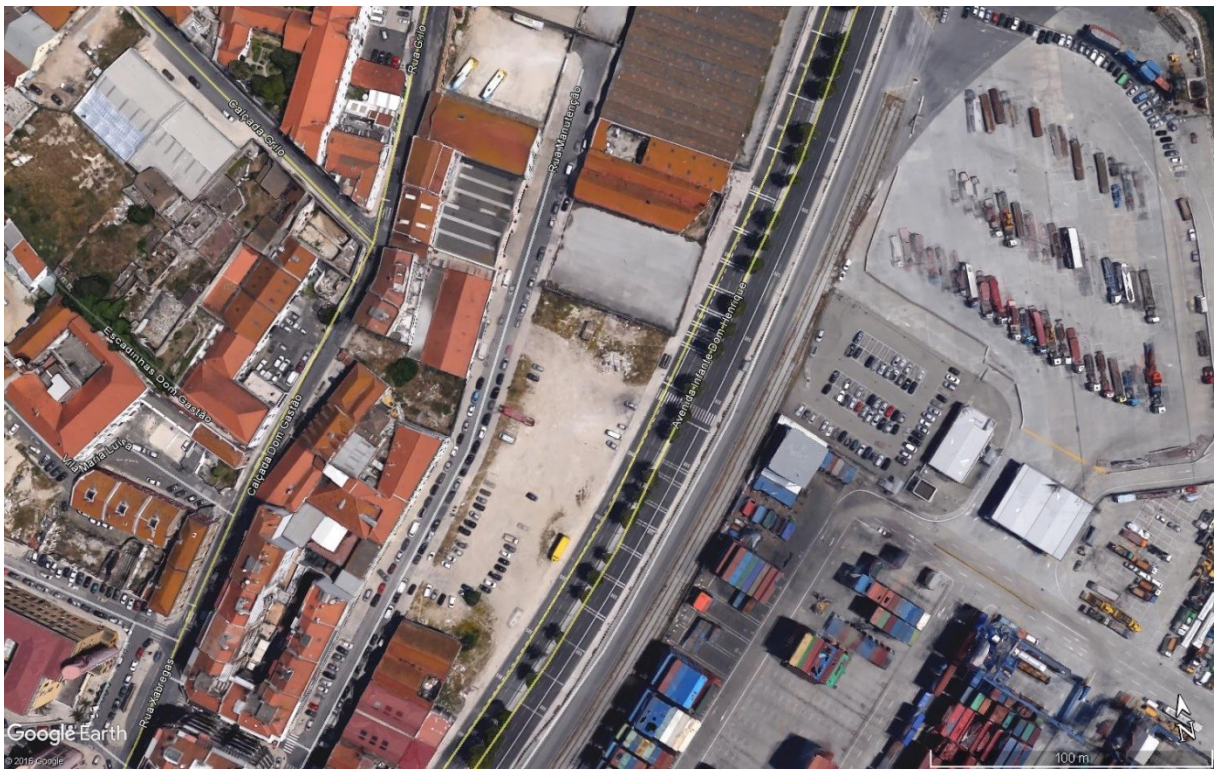


Figura 3.12-22 - Vias rodoviárias na envolvente da área em estudo na Zona 6b, no Beato, para a Alternativa TCB2

(6)c Rua do Grilo

Em termos de acessibilidades na envolvente da área em análise, para a Alternativa TCB3, na zona do Beato (Figura 3.12-21) salienta-se a Rua do Grilo, Rua Manutenção e também a Avenida Infante Dom Henrique que integra o 2º Nível da rede Rodoviária Municipal.

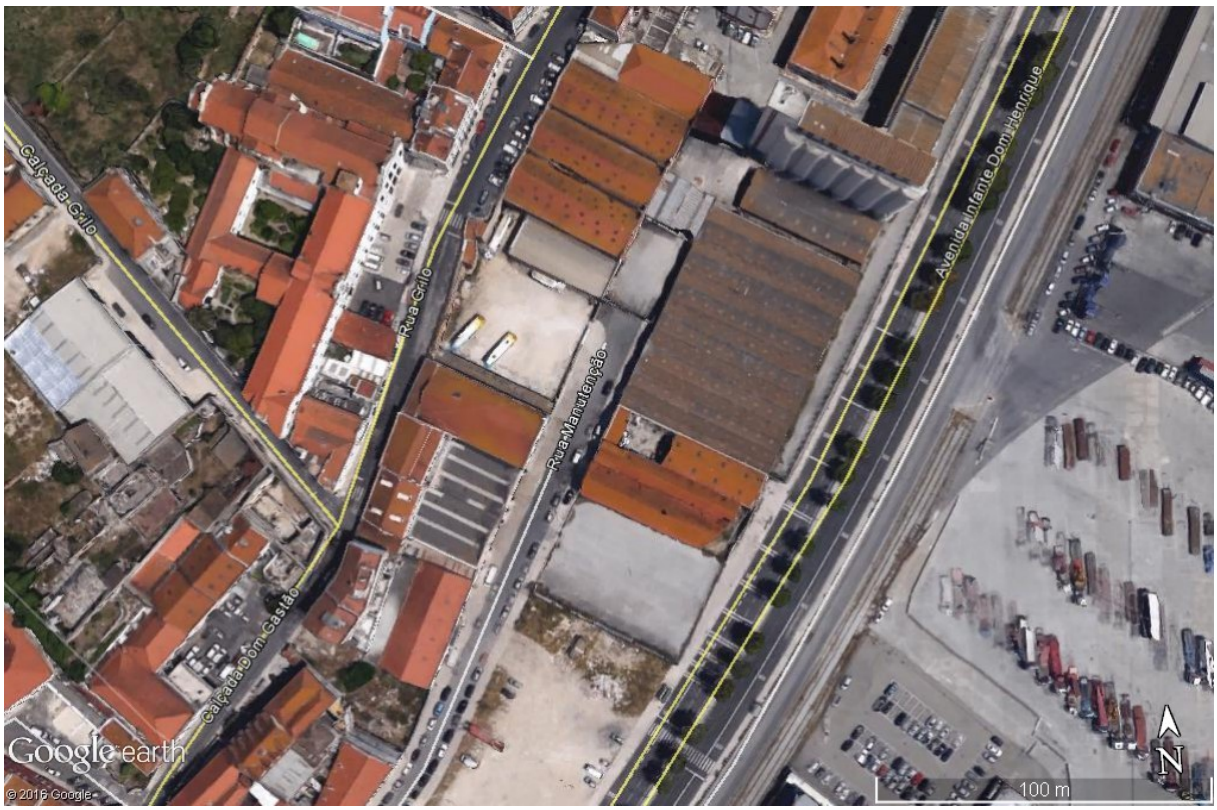


Figura 3.12-23 - Vias rodoviárias na envolvente da área em estudo na Zona 6c, no Beato, para a Alternativa TCB3

3.12.4 Usos tradicionais e vocacionais das águas recetoras – Estuário do rio Tejo

O estuário do rio Tejo serve de suporte a um conjunto de atividades de grande importância dos pontos de vista económico e social. As atividades tradicionais ligadas ao estuário relacionam-se com a exploração dos seus recursos naturais, destacando-se a pesca, a produção de ostras e outros bivalves e a extração de sal. A ostreicultura, em particular, foi outrora uma atividade de grande importância em termos económicos e sociais. No entanto, a partir de meados da década de 70, esta atividade perdeu parte da sua expressão, devido aos níveis de poluição das águas do estuário (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

A produção de sal marinho foi igualmente uma atividade de grande relevância, mas tem vindo a perder peso na estrutura económica regional, devido à expansão da tecnologia de congelação do peixe, em detrimento da salga, e à exploração de salgema. Atualmente, são poucas as salinas em exploração, tendo a maior parte sido reconvertida para a atividade de aquacultura. Esta atividade encontra-se em franco crescimento, dispondo o estuário de boas condições físicas para a sua prática, sendo necessário, no entanto, garantir níveis adequados de qualidade da água (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

O estuário inclui um importante porto comercial e de pesca e estaleiros navais, o Porto de Lisboa. Lisboa é um porto multifuncional que movimenta anualmente milhões de toneladas no tráfego marítimo, comportando uma vasta gama de mercadorias, entre as quais carga fracionada, viaturas, contentores (de cabotagem e oceânicos), granéis sólidos e líquidos, carga geral, cereais, minério de ferro, “project cargo”, fruta e tráfego “ro-ro” (movimentação horizontal). Para além de navios oceânicos movimentam-se também no porto de Lisboa grandes quantidades de carga fluvial de natureza diversa (APL, 2015).

No que respeita à Atividade Portuária na Área do Porto de Lisboa importa assim referir a movimentação de Navios (incluindo os Cruzeiros), de Mercadorias e de Passageiros no Porto de Lisboa, cujos dados estatísticos referentes ao ano de 2014 são apresentados no quadro seguinte.

Quadro 3.12-15 - Dados estatísticos para o ano de 2014 relativamente à atividade portuária do Porto de Lisboa

Fonte: (APL, 2016)

TRÁFEGO	Média mensal		JANEIRO a DEZEMBRO		
	2013	2014	2013	2014	Variação (%)
NAVIOS ENTRADOS (nº)	**235**	**226**	**2 824**	**2 709**	**-4,1%**
Nacionais	29	32	344	384	11,6%
Estrangeiros	207	194	2 480	2 325	-6,3%
TOTAL (GT)	**4 104 726**	**3 919 089**	**49 256 709**	**47 029 073**	**-4,5%**
Nacionais	179 063	202 867	2 148 760	2 434 398	13,3%
Estrangeiros	3 925 662	3 716 223	47 107 949	44 594 675	-5,3%
MERCADORIAS TOTAL (toneladas)	**1 036 599**	**1 021 058**	**12 439 183**	**12 252 699**	**-1,5%**
VIA MARÍTIMA TOTAL	**1 026 431**	**1 006 040**	**12 317 171**	**12 072 475**	**-2,0%**
MANIFESTADAS	**1 002 473**	**987 793**	**12 029 677**	**11 853 519**	**-1,5%**
Embarcada	419 812	395 862	5 037 742	4 750 340	-5,7%
Desembarcada	578 865	582 004	6 946 377	6 984 048	0,5%
Trânsito	3 797	9 928	45 558	119 132	161,5%
GASTOS DE BORDO	**23 958**	**18 246**	**287 494**	**218 956**	**-23,8%**
VIA FLUVIAL TOTAL	**10 168**	**15 019**	**122 012**	**180 224**	**47,7%**
PASSAGEIROS (nº)	**1 966 050**	**1 955 545**	**23 592 600**	**23 466 541**	**-0,5%**
NAVEGAÇÃO MARÍTIMA	**46 620**	**41 786**	**559 434**	**501 433**	**-10,4%**
Embarcados	2 054	1 776	24 652	21 315	-13,5%
Desembarcados	2 233	1 677	26 790	20 121	-24,9%
Em trânsito	42 333	38 333	507 992	459 997	-9,4%
NAVEGAÇÃO FLUVIAL (*)	**1 919 431**	**1 913 759**	**23 033 166**	**22 965 108**	**-0,3%**

(*) fonte: Transtejo / Soflusa

Os dados apresentados dizem respeito à Atividade Portuária dos quais se salienta o número de passageiros, num total de 23 592 600 e 23 466 541, em 2013 e 2014, respetivamente. Lisboa é um dos portos de escala mais populares da Europa para navios de cruzeiro, assistindo-se nos últimos anos a um crescimento contínuo quer nas escalas, quer na quantidade de passageiros (APL, 2015). A área do Porto de Lisboa representa assim um importante canal que acolhe anualmente diversas atividades, salientando-se o transporte de mercadorias e os passageiros que embarcam, desembarcam e passam por este local.

Para além das atividades económicas que suporta, o estuário apresenta ainda elevado potencial para as atividades de lazer, de descanso e de fruição da natureza. Com efeito, as suas características naturais propiciam a prática de um conjunto de atividades recreativas, tais como banho, navegação de recreio (vela, *windsurf*, entre outros), pesca desportiva e competições desportivas. Ao longo das suas margens existem praias que têm sido utilizadas, desde há muitos anos, como locais de lazer (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

Devido aos níveis de poluição registados, a sua função de berçário de várias espécies piscícolas tem sido afetada, com repercussões negativas sobre as atividades piscatórias e apanha de bivalves. Igualmente o uso de algumas praias para fins recreativos foi abandonado, devido à má qualidade da água do Estuário nessas zonas (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

3.13 GESTÃO DOS RESÍDUOS DO SISTEMA

A caracterização da gestão dos resíduos do sistema, ao nível da cidade de Lisboa, teve como base a caracterização dos resíduos produzidos, nomeadamente as quantidades recolhidas e a sua composição física.

A informação foi sustentada com base na análise realizada no Relatório de Caracterização síntese do PDM de Lisboa ((CML, 2012b)), bem como utilizando como referência o Plano de Ação do Município de Lisboa para o cumprimento do PERSU 2020 (CML, 2015a).

3.13.1 Resíduos sólidos urbanos

Fazendo uma análise evolutiva no que diz respeito aos resíduos sólidos urbanos, pode observar-se na Figura 3.13-1, que apesar da população residente de Lisboa, ter diminuído entre 1991 e 2001, até ao ano de 1999 registou-se um aumento significativo dos resíduos urbanos recolhidos, o que poderá dever-se ao crescimento da população flutuante em Lisboa e/ou à alteração de hábitos de consumo (CML, 2012b). Nos anos subsequentes notou-se um ligeiro decréscimo dos quantitativos recolhidos. A diminuição do peso total de resíduos poderá estar associada a (CML, 2015a):

- Cessação de atividades ou deslocalização para fora do concelho;
- Ligeira diminuição do número de residentes na cidade (segundo os censos, o número de habitantes diminiui ligeiramente entre 2001 (564.657) e 2011 (547.733);
- Recente conjuntura socioeconómica, que afeta os níveis e padrões de consumo da população, com maior impacto a partir de 2009.

A partir de 2012, registou-se um ligeiro aumento, que poderá dever-se à inclusão da área do Parque das Nações, que passou a estar sob gestão direta do município desde dezembro de 2012, e a um eventual abrandamento da recessão económica e retoma da economia.

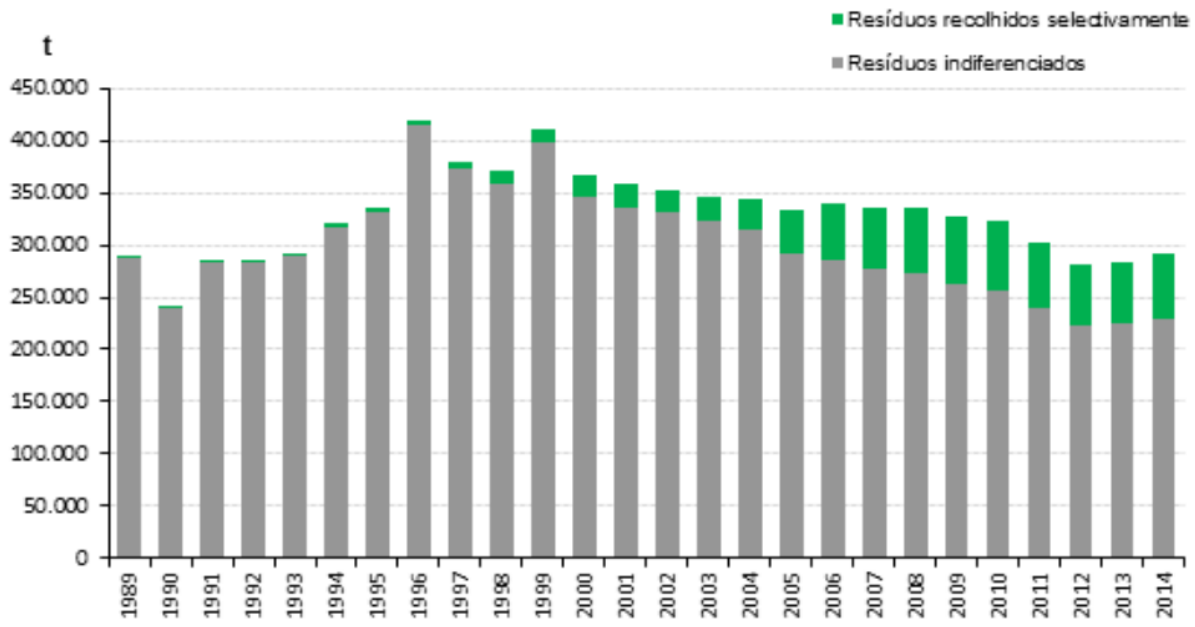


Figura 3.13-1 – Evolução da quantidade total de resíduos recolhidos (1989 a 2014)

Fonte: (CML, 2015a)

Em 2014, cada habitante da cidade de Lisboa produziu, em média, 529 kg de resíduos. A capitação de resíduos é bastante elevada, quando comparada com a média nacional e europeia. Tendo como referência o ano de 2011, a produção per capita no município era de 552 kg/hab.ano, não atingindo a média nacional, em linha com a média dos Estados Membros da União Europeia (500 kg/hab.ano). De um modo geral, relativamente à evolução das quantidades de resíduos recolhidos pela CML, verifica-se uma tendência de redução desde 1996 até 2012, com exceção do ano de 1999 (CML, 2015a).

De um modo global, a proporção de resíduos recolhidos seletivamente tem aumentado, em detrimento da fração indiferenciada. O crescimento da recolha seletiva é resultado de (CML, 2015a):

- um forte investimento do município em infraestruturas e sistemas de recolha seletiva, para os diferentes tipos de resíduos valorizáveis;
- uma maior sensibilização da população e empresas quanto à separação e reciclagem dos resíduos e
- criação, a nível nacional, de mecanismos legais e condições favoráveis ao encaminhamento ambientalmente adequado das diferentes fileiras e fluxos de resíduos, no âmbito do ciclo integrado de gestão de resíduos e dos agentes económicos envolvidos.

A evolução positiva da percentagem de resíduos encaminhada para reciclagem (Figura 3.13-2) traduz o crescente envolvimento da população na separação de resíduos e o aumento da quantidade e diversidade de sistemas de recolha seletiva promovidos pela CML ao longo dos últimos anos. Nos primeiros anos o município só dispunha de recolha seletiva de vidro e papel/cartão, notando-se um aumento da % de resíduos recolhidos seletivamente durante as fases de instalação de ecopontos (em 1997 e 1999) (CML, 2012b).

Como resultado do investimento do município em infraestruturas e sistemas de recolha seletiva, verificou-se um crescimento mais acentuado da recolha de materiais valorizáveis a partir de 2003, altura em que o sistema de recolha porta-a-porta em áreas residenciais e em entidades começou a ser implementado. Ainda no que diz respeito aos resíduos recolhidos seletivamente, na figura seguinte apresentam-se as quantidades recolhidas anualmente, descriminadas por tipo de resíduo (CML, 2015a).

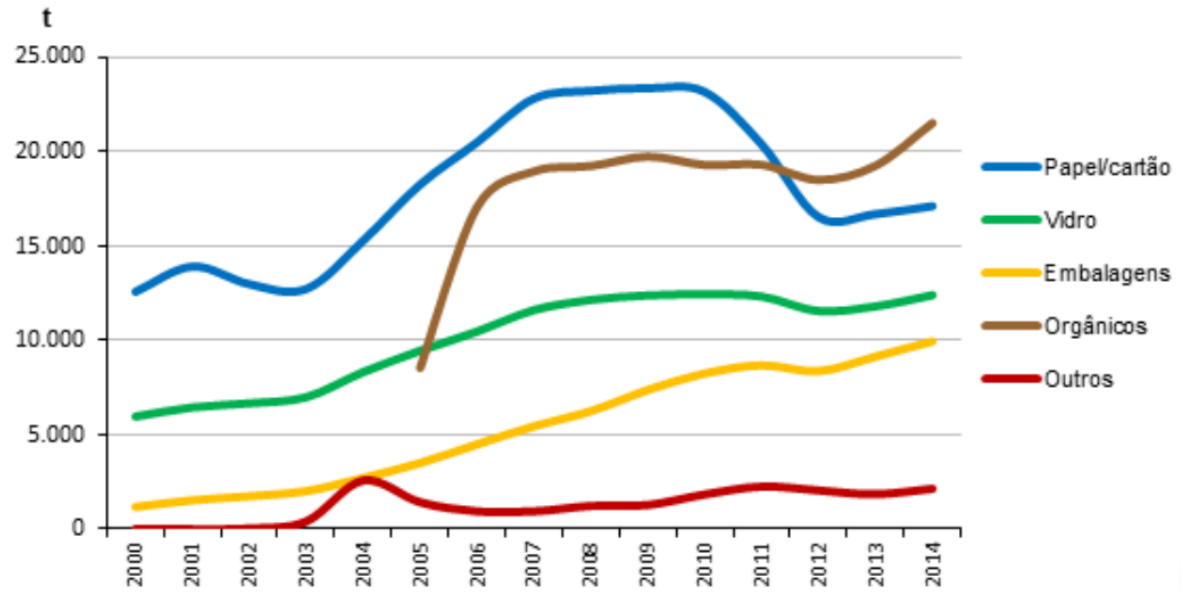


Figura 3.13-2 - Evolução dos resíduos recolhidos seletivamente (2000 a 2014)

Fonte: (CML, 2015a)

De um modo geral, a recolha dos resíduos valorizáveis segue uma primeira fase de crescimento, seguindo-se um período de estabilização, com decrescimento em 2012, e mais recentemente, de recuperação.

O papel/cartão e resíduos orgânicos são as fileiras de materiais valorizáveis que mais condicionam a evolução da fração seletiva – a quebra expressiva das quantidades de papel a partir de 2010 pode ser explicada pela retração no consumo de papel, abrandamento geral do sector económico e situações de furto de papel/cartão em mercados paralelos. O fluxo das

embalagens tem um grande potencial de separação, continuando ainda a crescer expressivamente, dado que a sua recolha seletiva iniciou-se posteriormente ao vidro e papel/cartão (CML, 2015a).

A categoria "outros" inclui pilhas, madeira, REEE, ferrosos, pneus, RCD e resíduos perigosos ou outros resíduos que requeiram um encaminhamento e tratamento específico, nomeadamente por empresas especializadas. A recolha de "outros" resíduos tem vindo a aumentar gradualmente, devido ao investimento que a CML tem feito na separação, encaminhamento e tratamento ambientalmente adequado dos diferentes fluxos de resíduos. Em termos de composição física dos resíduos, obtida através de caraterizações realizadas anualmente pela Valorsul, as percentagens relativas de cada material constituinte do fluxo indiferenciado estão representadas no gráfico seguinte (CML, 2015a).

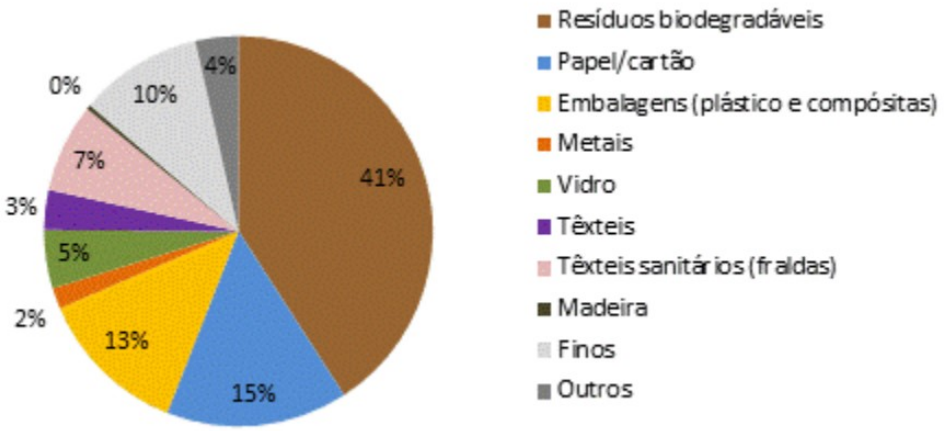


Figura 3.13-3 – Composição física dos resíduos indiferenciados na área de intervenção da Valorsul (2014)

Fonte: (CML, 2015a)

Verifica-se que a maior parte dos resíduos indiferenciados é composta por resíduos biodegradáveis (resíduos alimentares, restos de cozinha, resíduos de jardim e outros resíduos putrescíveis), passíveis de serem valorizados através de digestão anaeróbia ou compostagem. Subsiste também um elevado potencial de valorização multimaterial para papel, vidro, metais e embalagens de plástico, ECAL (Embalagens de Cartão para Alimentos Líquidos) e outras compósitas. Trata-se de um potencial máximo, já que nem todos os materiais são considerados "materiais-alvo", ao nível da triagem, pela Valorsul (CML, 2015a).

3.13.2 Recolha seletiva em Lisboa

No final da década de 80, a Câmara Municipal de Lisboa iniciou a recolha seletiva de vidro, através da colocação de vidrões (do tipo "iglo") na via pública (CML, 2012b).

Em 1993 foram abertos 40 Centros de Receção de Papel Usado, lançando-se a primeira campanha de sensibilização dirigida à população da cidade. De seguida teve início um projeto piloto de recolha porta-a-porta de papel em grandes produtores deste tipo de resíduos, com enfoque na participação das empresas, serviços da CML e escolas (CML, 2012b).

Em 1997 inicia-se a recolha seletiva através de ecopontos, permitindo a separação de embalagens de metal, plástico e cartão para líquidos alimentares. A instalação deste equipamento na via pública atingiu no ano 2000 um universo de cerca de 1 000 ecopontos e 300 vidrões isolados. Os equipamentos atualmente instalados na cidade encontram-se representados geograficamente na figura seguinte (CML, 2012b).

Figura 3.13-4 - Distribuição dos ecopontos e vidrões na cidade de Lisboa

Fonte: (DMPU, 2009)

Posteriormente foram promovidas outras formas de recolha, nomeadamente através do alargamento da recolha seletiva porta-a-porta a outros materiais e a áreas residenciais, bem como a implementação de eco ilhas – o que permitiu, em complementaridade, incrementar os quantitativos de resíduos enviados para reciclagem (CML, 2012b). As áreas residenciais abrangidas por sistemas de recolha seletiva porta-a-porta e por eco ilhas estão identificadas na Figura 3.13-5.

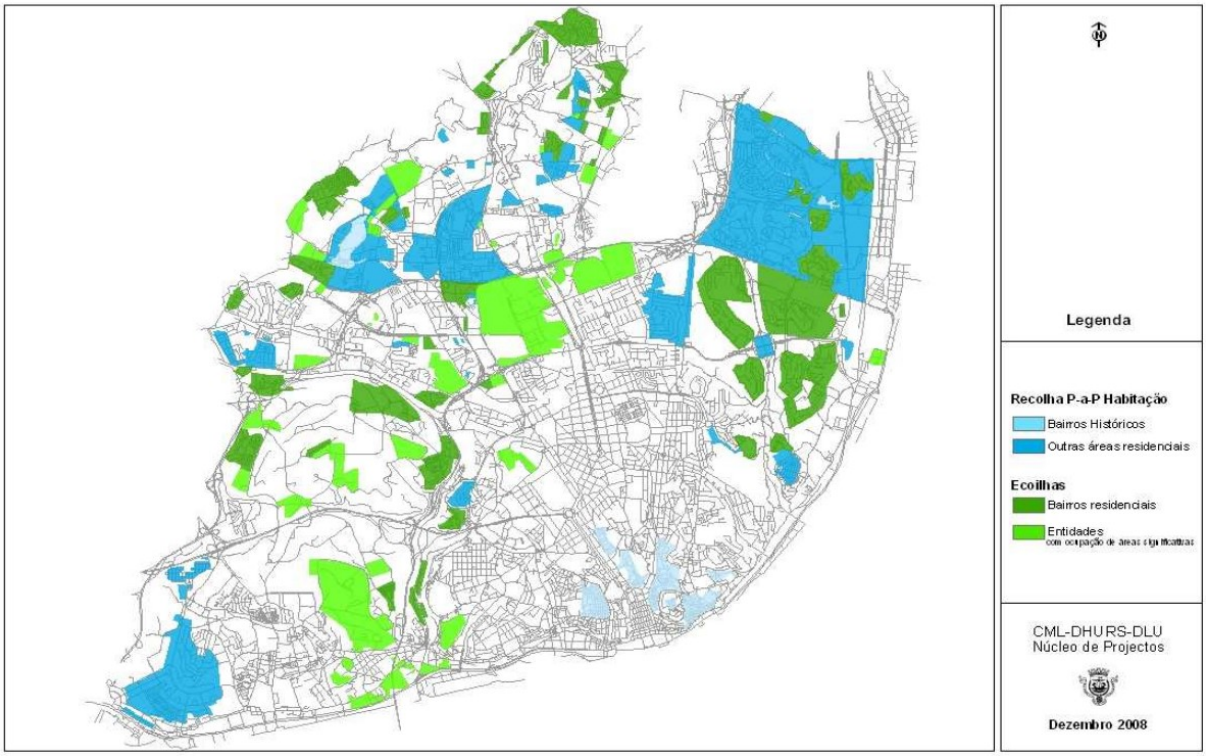


Figura 3.13-5 - Áreas Residenciais com recolha seletiva porta-a-porta e áreas com eco ilhas

Fonte: (DMPU, 2009)

Assim, de 2002 a 2006, implementaram-se esquemas de recolha seletiva de papel, embalagens e vidro junto de estabelecimentos de comércio, restauração e similares, em algumas zonas históricas e centro da cidade, com elevada densidade comercial (CML, 2012b).

Em parceria com a Valorsul, no ano de 2005 iniciou-se também a recolha seletiva de resíduos biodegradáveis junto da restauração, mercados e refeitórios, entre outros, com vista à sua valorização através de digestão anaeróbia. Em Dezembro de 2008, o universo das atividades económicas com recolha seletiva porta-a-porta, de pelo menos um tipo de resíduo valorizável, é de cerca de 4 300 entidades. Por outro lado, o número de fogos servidos por sistemas de recolha seletiva porta-aporta é de cerca de 47 600, o que representa 16% da totalidade dos alojamentos em Lisboa (CML, 2012b).

Com base nos dados de 2007, a percentagem de vidro, papel e embalagens separada no município de Lisboa é de 12% face ao total de resíduos recolhidos, ultrapassando a média (de 9%) dos municípios da área metropolitana de Lisboa que entregam os seus resíduos à Valorsul, para tratamento e valorização (Amadora, Lisboa, Loures, Odivelas e Vila Franca de Xira) (CML, 2012b). Em termos nacionais, o município de Lisboa também se destaca ao nível da reciclagem: segundo o Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos II (PERSU II), a capitação média para os resíduos recolhidos seletivamente em Portugal em 2005 era de 39 kg/hab.ano. Em 2005, Lisboa já tinha alcançado os 55 kg/hab.ano e, em 2007, 71 kg/hab.ano (CML, 2012b).

Para a totalidade dos resíduos, a capitação média também é superior em Lisboa, contando com cerca de 590 kg/hab.ano de resíduos produzidos, enquanto a média nacional é de 450 kg/hab.ano (PERSU II, dados de 2005). Tal facto deve-se à influência da população flutuante e da alta densidade de atividades económicas, que contribuem para os elevados níveis de produção per capita de resíduos na cidade (CML, 2012b).

Em Portugal, em 2014 cada habitante gerou uma média diária de 438 Kg/dia, a segunda capitação mais baixa desde 2005. Em Lisboa, em 2014, a capitação anual correspondia a 465 kg/hab., tendo registado um decréscimo anual médio relativo de -5,6% ao ano, no período 2010-2014 (INE, 2016).

Na movimentação de terras de cada obra (que não são contaminadas), apesar de não serem classificadas com resíduos, não existe um sistema municipal ou nacional para a sua concertação. Cada obra desenvolve a sua solução e forma de encaminhar para local a definir (desejavelmente adequado).

A gestão dos resíduos de construção e demolição das obras em Lisboa é efetuada através de um sistema também individual, onde são enviados para vazadouro, usualmente na margem sul, e no caso de RCDs com necessidades especificas (perigosos ou outros) para sistemas específicos que, no geral, são fora de Lisboa.

3.14 ANÁLISE E GESTÃO DOS RISCOS

O Risco de acordo com a definição mais difundida na bibliografia, é a probabilidade de um evento adverso poder acontecer, multiplicado pela sua magnitude. Ferreira (1999) e Panizza (1990) definem risco como o produto de frequência e magnitude dos fatores de risco naturais e/ou antrópicos (entendidos como um perigo potencial) pela vulnerabilidade.

Neste sentido, pode definir-se: Risco (Ambiental) como a caracterização dos potenciais efeitos adversos resultantes da exposição a perigos ambientais. A avaliação do risco inclui também a caracterização das incertezas inerentes ao processo de inferir o risco. Quando o dano resultante pode ser medido, o risco pode ser calculado como a probabilidade de ocorrência de uma determinada ação, multiplicada pela severidade do dano provocado. Frequentemente a consequência indesejável não é quantificável e, neste caso, o risco define-se simplesmente como a probabilidade de ocorrência do dano.

Considera-se integrado no Risco Ambiental, o "Risco Natural" também designado por "Risco Biofísico", relacionados com acontecimentos geofísicos extremos responsáveis por certos danos como consequência dos sistemas naturais. O risco de exposição dessa unidade às ações, por exemplo, do mar, depende não só da sua vulnerabilidade, mas também do seu tipo de ocupação. Um fator importante que pode estar na base do risco é o efeito aleatório, que pode ser denominado, face a um perigo eminente, de Risco Potencial.

Se o risco é causado ou acentuado pela ação humana é designado de Risco Induzido (Ferreira, 2000). Assim, no âmbito deste estudo, entender-se-á por risco de uma área, a probabilidade de um fenómeno adverso, potencialmente destruidor, poder ocorrer, resultante da exposição a fatores de risco naturais e ou antrópicos (magnitude e frequência) multiplicado pela vulnerabilidade, num determinado período e numa referida área.

Em resumo, tendo por base todos os conceitos descritos com o objetivo de identificar os principais "Riscos" que afetam o território, optou-se por individualizar os riscos "Riscos Ambientais" e os "Riscos Tecnológicos", permitindo assim, uma melhor integração no processo de planeamento.

Os riscos

Em termos espaciais, enquanto algumas das situações de fragilidade apresentam uma incidência supralocal, outras circunscrevem-se a áreas específicas. Por contraste com algumas das situações que se apresentam frequentes, encontram-se outras associadas a períodos de retorno elevado. Enquanto algumas das situações a que a cidade está sujeita ocorrem ciclicamente, mas de uma forma inesperada, outras resultam da evolução tecnológica e do consequente progresso científico, sendo normalmente acontecimentos súbitos, previsíveis ou não, causadores de danos graves para a sociedade e o ambiente.

De acordo com as características do concelho considera-se riscos decorrentes da sua localização (ocorrência de sismos e tsunamis), bem como situações de risco decorrentes das alterações climáticas, nomeadamente fenómenos extremos de precipitação e riscos associados (inundações).

3.14.1 Alterações Climáticas - PEAC

3.14.1.1 Enquadramento

As alterações climáticas são um dos principais desafios que as cidades e municípios terão de enfrentar durante o século XXI (CML, 2016a).

Segundo o quinto relatório de avaliação (AR5) do IPCC, o aquecimento do sistema climático é inequívoco, levando ao aumento das concentrações de dióxido de carbono na atmosfera terrestre, aumento da temperatura média global à superfície, assim como o aumento da frequência de extremos de calor, ao contrário dos extremos de frio que serão cada vez menos frequentes (CML, 2016a).

No que se refere à precipitação, a incerteza do clima futuro é substancialmente maior. As alterações na precipitação não serão uniformes. Por exemplo, em muitas das regiões secas das latitudes médias e subtropicais, é provável que se observe uma diminuição da precipitação média anual, enquanto nas regiões húmidas das latitudes médias a precipitação provavelmente aumentará. À medida que a temperatura global à superfície aumenta, é também muito provável que os eventos de precipitação extrema se tornem mais frequentes e intensos, na maioria das superfícies continentais das latitudes médias e nas regiões tropicais húmidas (CML, 2016a).

Ao longo do século XXI, também o oceano irá continuar a aquecer e o nível médio do mar a subir. Acresce que a subida do nível do mar não será uniforme para todas as regiões; em algumas, é muito provável que se verifique um aumento significativo do nível do mar. Estima-se uma subida do nível médio do mar entre 0.26 a 0.98 m em 2081-2100, devido à expansão térmica e à perda de massa dos glaciares e das calotes polares (CML, 2016a).

A Figura 3.14-1 apresenta os cenários de aumento do nível do mar apresentados mais recentemente e adotados pelo IPCC no seu Fifth Assessment Report (AR5; IPCC, 2014).

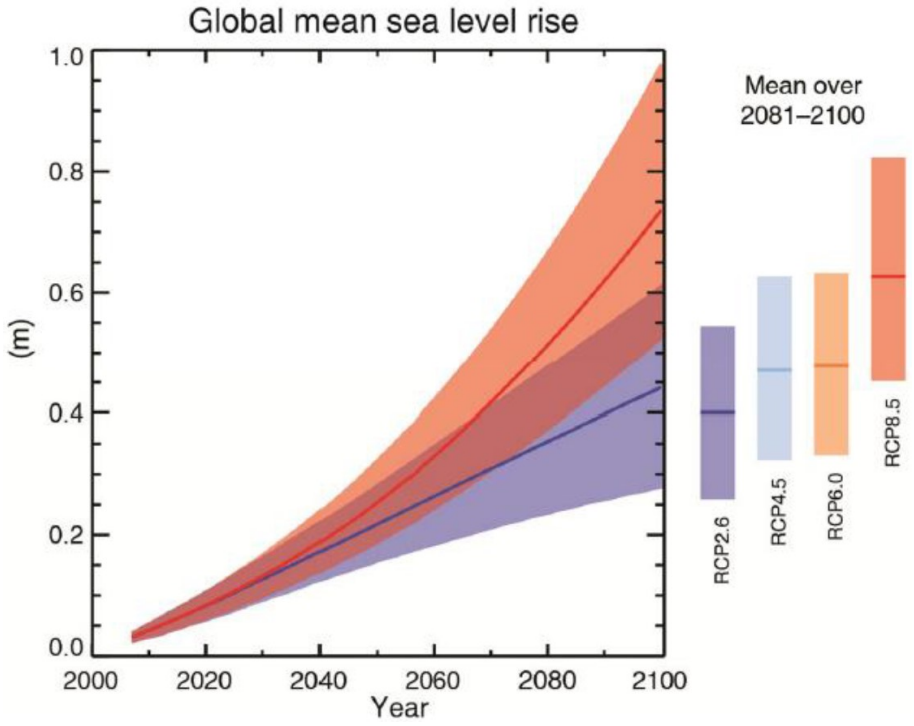


Figura 3.14-1 - Cenários de subida do nível médio das águas do mar (em m), adotados no AR5 do IPCC 2014

Fonte: (IPCC, 2014)

As implicações das alterações climáticas nas zonas costeiras refletem-se em aspetos dependentes da dinâmica marítima. Em termos de agitação marítima, os resultados compilados em Andrade et al. (2006; 2007), que projetaram o clima de ondas a partir de campos do vento simulados por um modelo climático global (HadCM3), de acordo com o cenário de alterações climáticas IPCC IS92a, indicam a possibilidade de agravamento da intensidade dos temporais, embora a altura significativa modal das ondas possa experimentar ligeira diminuição. Apontam ainda para uma rotação em sentido horário do clima de agitação marítima (Figura 3.14-2), com magnitude da ordem de 5 a 10º no horizonte de 2100.

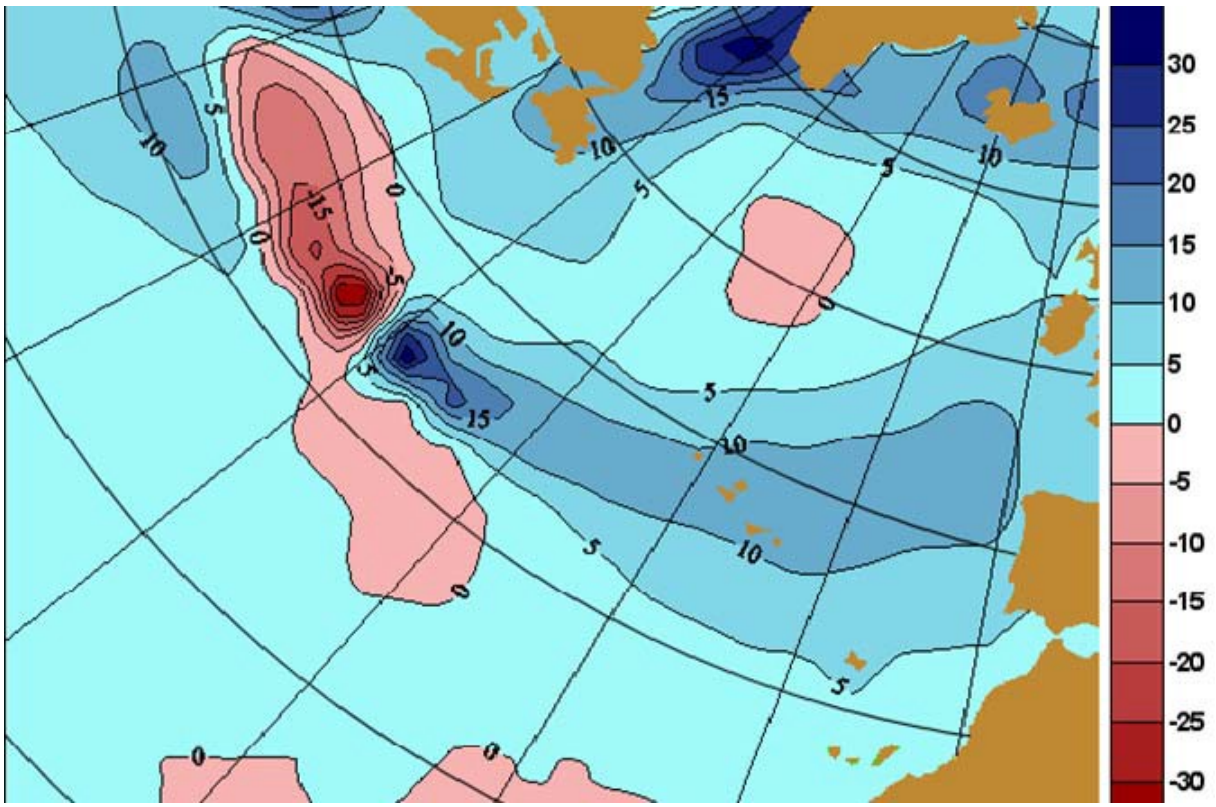


Figura 3.14-2 – Diferença (em º) entre o rumo médio das ondas nos cenários climáticos futuro (2070-2099) e de referência (1961-1990)
Fonte: Citado em (Taborda et al., 2010) como extraído de Andrade et al., 2006

As alterações climáticas têm vindo a manifestar-se de uma forma intensa com impactes negativos significativos, afetando as atividades económicas e pondo em risco pessoas e bens. Em Portugal continental, as consequências mais importantes das alterações climáticas são a subida do nível médio do mar, a modificação do regime de agitação marítima e da precipitação que, associados à sobrelevação meteorológica, têm originado um aumento, quer em número, quer em intensidade, de fenómenos causadores de risco de erosão e de inundação costeira (GEOTPU, 2011).

3.14.1.2 Avaliação do risco climático em Lisboa

Com objetivo de avaliar de forma mais sistemática a potencial evolução dos riscos climáticos para o município de Lisboa, assim como apoiar a priorização dos diferentes riscos climáticos relativamente a potenciais necessidades de adaptação, foi elaborada no âmbito da EMAAC 2016 uma análise baseada em matrizes de risco.

Esta análise possibilitou a caracterização da evolução do risco para os principais impactes associados a eventos meteorológicos extremos no município. Dos eventos meteorológicos extremos em análise salienta-se a precipitação intensa, que vai aumentar tanto na frequência de ocorrência como na quantidade.

Apesar de se projetar uma diminuição da precipitação média anual, o aumento da frequência de fenómenos extremos - precipitação excessiva, com aumento da sua intensidade e tempestades de inverno mais intensas, acompanhadas de chuva e vento forte – leva a um aumento, a médio prazo do nível de risco (CML, 2016a).

Da análise das principais vulnerabilidades e dos riscos climáticos já observados no município de Lisboa, assim como a sua potencial evolução ao longo do século XXI, tendo em conta cenários de alterações climáticas e a sua interação com fatores não-climáticos de relevância para o município, ressalta que a resposta de adaptação, no presente e a médio prazo, deve ser

orientada para a ocorrência de precipitação excessiva e de tempestades de inverno, com chuva e vento forte, sendo estes os que constituem os maiores riscos (CML, 2016a).

3.14.2 Vulnerabilidade ao risco de inundação

Pela sua situação e pelo tipo de clima a que está sujeita, Lisboa apresenta-se vulnerável a episódios de inundação. O passado desta cidade encontra-se associado a relatos de ocorrências de inundações que interferiram no normal funcionamento da cidade. Estas situações terão sido notícia da época, por terem interferido na vivência da população e provocado danos sobre o parque edificado, pontos vitais da cidade ou em infraestruturas, que se encontravam localizados em áreas específicas da cidade. Estas situações têm atingido ciclicamente o concelho, com alguns episódios a serem registados nos últimos anos (CML, 2012b). Exemplos recentes são as inundações ocorridas a 18 de fevereiro, 17 de abril e 18 de outubro de 2008, bem como 22 de Setembro e 13 de Outubro de 2014.

Existem ainda outras situações que podem desencadear alagamentos em Lisboa, como seja o caso das roturas em infraestruturas de saneamento ou abastecimento (coletores, condutas, ramais domiciliários, entre outros) e o rebentamento ou a abertura simultânea das diversas barragens presentes na Bacia do Tejo, situadas para montante. Enquanto o primeiro tipo de cenário apresenta um carácter aleatório, baixo grau de probabilidade de ocorrência e uma influência localizada, o segundo, dada a localização de Lisboa numa área de estuário, apresenta fraca probabilidade de interferência sobre o espaço em estudo (CML, 2012b).

As áreas mais sensíveis são as áreas costeiras, de vale, de cotas baixas, de declives suaves e/ou zonas húmidas que no passado corresponderam a cursos de linhas de água principais, como pode ser observado na figura seguinte (CML, 2012b).

As inundações ocorrem desde que se registem precipitações intensas, repentinas ou prolongadas. Esta situação é agravada desde que exista coincidência com o pico da preia-mar e mais ainda, desde que sofra a influência do fenómeno de *Stormsurge* (sobre-elevação). Através da simulação de diversos cenários potencialmente danificadores, foi possível conhecer o comportamento da cidade face à ocorrência de inundações, definindo-se as principais áreas críticas, classificadas como áreas de vulnerabilidade muito elevada (CML, 2012b).

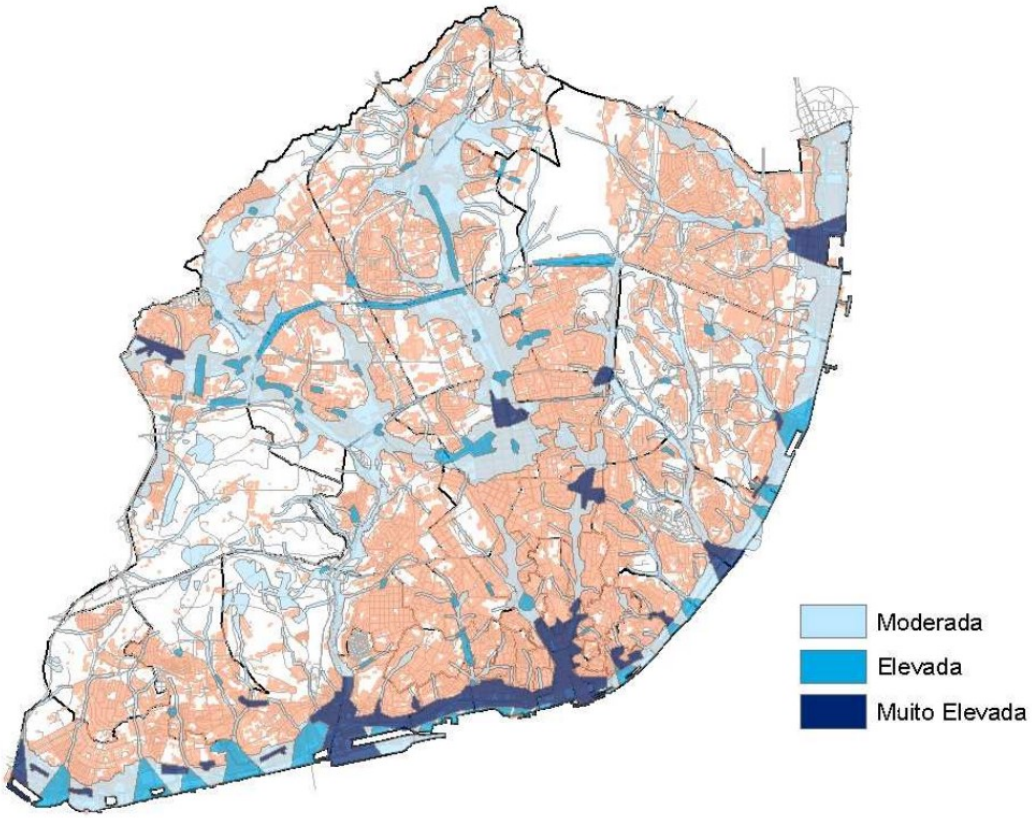


Figura 3.14-3 - Carta de vulnerabilidade às inundações na cidade de Lisboa

Fonte: (CML, 2010b)

Com efeito, é com base na definição destas áreas históricas de ocorrência de efeitos gravosos que é possível definir um zonamento da cidade. Este fator foi relacionado com as seguintes variáveis: efeito de maré direto, declive, grau de permeabilidade, atravessamento por linha água, localização em zona húmida, sob um viaduto ou junto à entrada/saída de um túnel, localização em pontos de foz ou de constrangimento da rede de saneamento. A partir destas variáveis foi possível definir o grau de suscetibilidade local (CML, 2012b).

Tendo por base a leitura da informação constante na figura anterior, é possível individualizar três classes de vulnerabilidade, sendo as áreas mais vulneráveis, em parte, coincidentes com os grandes vales da cidade e também a faixa ribeirinha entre Alcântara e o Campo das Cebolas. Há ainda a destacar, alguns pontos problemáticos da cidade, como sejam o Campo Pequeno, a Praça do Chile, as Portas de Benfica, Gago Coutinho, Algés e Parque das Nações (CML, 2012b).

O facto de alguns dos principais eixos urbanos coincidirem com estas áreas de vulnerabilidade vai implicar o agravamento do risco para a localização de atividades económicas ou de outros valores a salvaguardar (CML, 2016), como se evidencia nas figuras seguintes.

Salienta-se a significativa concentração nesses eixos de estabelecimentos comerciais (Figura 3.14-4) e de instalações hoteleiras (Figura 3.14-5) demonstrativo da necessidade dessas instalações adotarem medidas de adaptação face ao risco de inundação e dos potenciais impactes a que estas estão sujeitas.

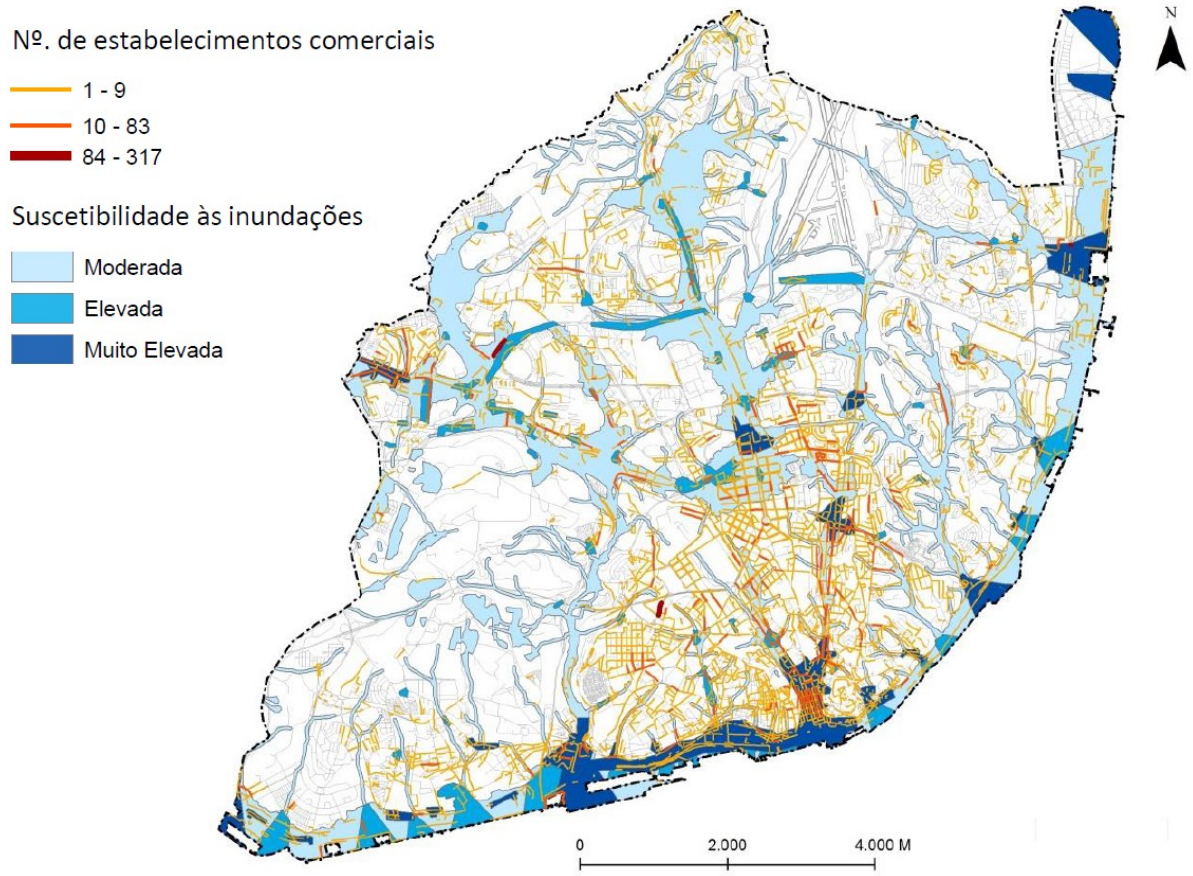


Figura 3.14-4 - Número de estabelecimentos comerciais por eixo de via em 2010, sobreposto às áreas com vulnerabilidade às inundações, classes moderada, elevada e muito elevada.

Fonte: (PDM, 2012) e (REOT, 2015)

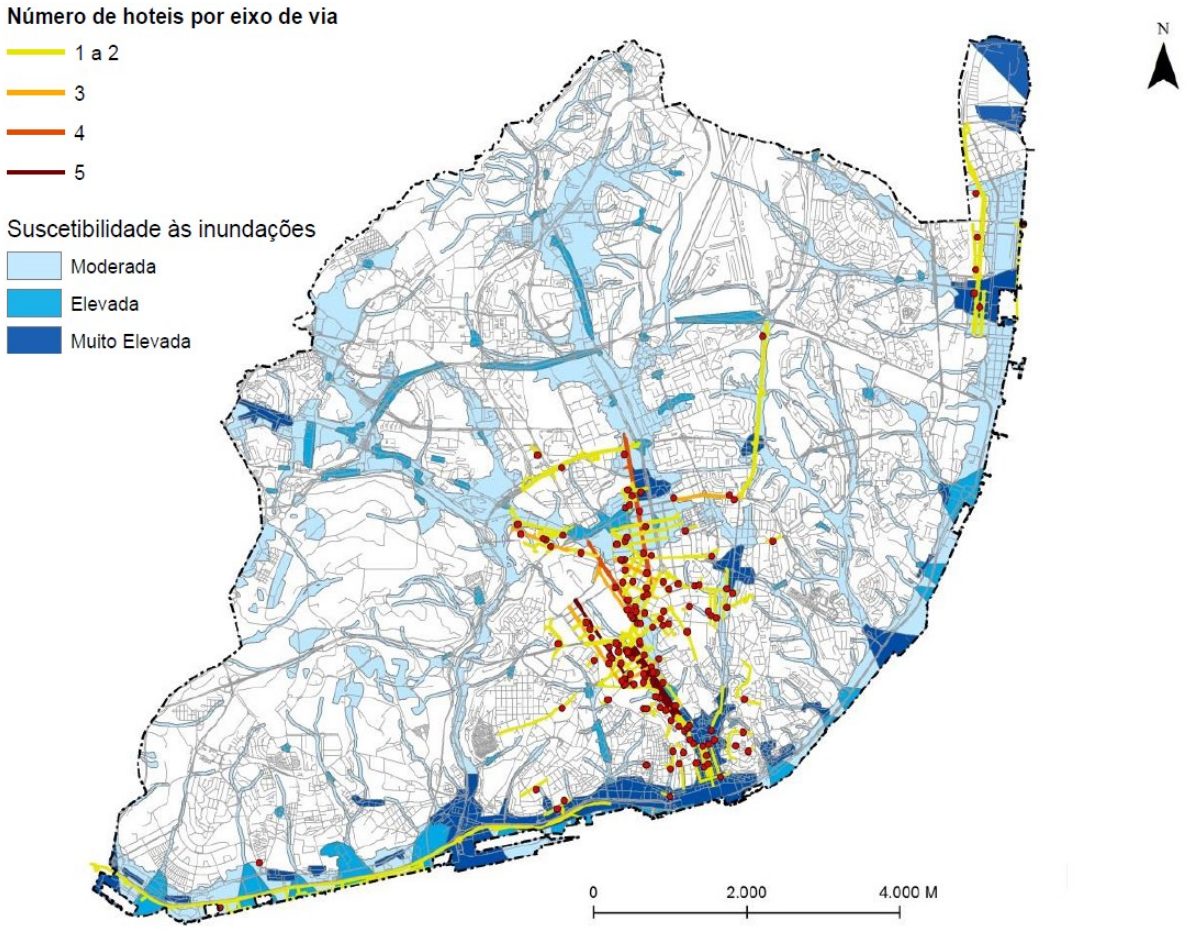


Figura 3.14-5 - Número de instalações hoteleiras por eixo de via, sobreposto às áreas com vulnerabilidade às inundações, classes moderada, elevada e muito elevada.

Fonte: (PDM, 2012) e (REOT, 2015)

O património classificado constitui outro motivo de atenção, como é visível através do mapeamento de edifícios e conjuntos classificados com valor patrimonial, incluindo exemplares classificados como Património Mundial da Humanidade pela UNESCO (Figura 3.14-6). Num universo de 269 objetos e/ou conjuntos classificados, 36.8% está situado em zona inundável, correspondendo a uma área de 298 ha, ou seja, 58% da área total, na qual se inclui a classificação como Património Mundial.

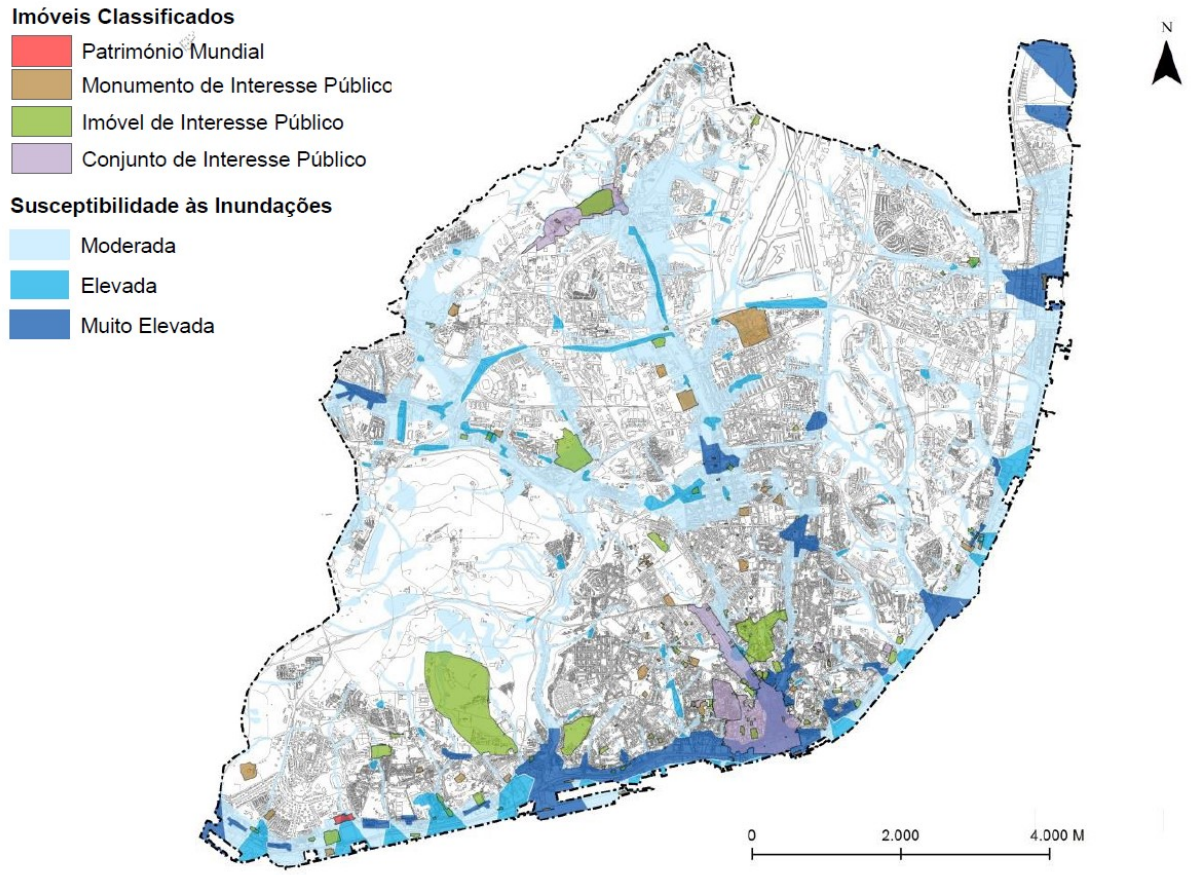


Figura 3.14-6 - Localização do património classificado, sobreposta às áreas com vulnerabilidade às inundações, classes moderada, elevada e muito elevada.

Fonte: (CML, 2012b) e (DMPU, 2009)

Saliente-se que nas figuras anteriores se representa também a classe de risco moderado às inundações por precaução, considerando um potencial cenário de agravamento das alterações climáticas. Acresce que, já no presente, é frequente registarem-se ocorrências nesta classe de espaços, como se verificou por exemplo no caso das inundações de 22 de setembro de 2014.

Em suma, decorrente das características do município de Lisboa (configuração geomorfológica, sistema húmido, entre outros) que leva à distribuição das áreas com vulnerabilidade às inundações apresentada na Figura 3.14-4 e da localização dos principais eixos urbanos que coincidem significativamente com as áreas que apresentam maior vulnerabilidade, os impactes e danos decorrentes da ocorrência de inundações revelam-se muito significativos. Neste aspeto salienta-se a potencial afetação, não só de um elevado número de estabelecimentos económicos em torno dos principais eixos urbanos da cidade (coincidentes com as áreas de maior vulnerabilidade), mas também uma afetação potencialmente significativa da oferta turística, pela afetação das zonas onde se localizam várias unidades hoteleiras, e de património classificado como Património Mundial.

3.14.3 Eventos extremos - holocénicos - Tsunamis

Os registos históricos indicam que a costa portuguesa é atingida por tsunamis de uma forma recorrente ao longo dos tempos e alguns destes são suficientemente intensos (devido à proximidade da fonte e/ou magnitude do evento gerador) para que se façam sentir dentro do estuário e impactem as suas margens. Batista e Miranda (2009) produziram a revisão mais atual do

catálogo português de tsunamis, o qual, conjuntamente com o relatório da tarefa WP6.1 do projeto europeu NEAREST (Andrade et al., 2010), constituíram a base documental que suporta este item. Estes documentos foram completados com a consulta de todos os documentos originais a que foi possível aceder no âmbito deste estudo (Freitas, Andrade, & Silva, 2015).

Apesar da baixa taxa de ocorrência de tsunamis catastróficos na costa portuguesa, o seu efeito pode ser tão elevado e as suas consequências tão dramáticas que a sua existência tem de ser tida em conta nas avaliações de fragilidades naturais nas zonas costeiras (CML, 2012b).

Os estudos desenvolvidos sobre esta temática não permitiram obter uma análise consubstanciada sobre este risco, pelo que a análise a este fator de risco tem sido enquadrada no âmbito do estudo do risco sísmico, tomando em consideração os relatos históricos sobre os efeitos de tsunamis ocorridos no passado, e da influência do efeito de maré direto (CML, 2012b).

Quanto aos tsunamis históricos, excetuando a referência ao de 1 de Novembro de 1755, onde se aponta uma altura máxima de 12 m, não existem registos de fenómenos deste tipo cuja onda tenha alcançado alturas superiores a 2.4 m (31 de Março de 1761). Por seu lado, na revisão do PROT-AML aponta-se que, para a generalidade da região, as ondas de um eventual tsunami poderão atingir os 6 m de altura (CML, 2012b).

3.14.3.1 Vulnerabilidade a efeitos de maré

A definição da área sujeita à suscetibilidade direta do efeito de maré, no concelho de Lisboa, tal como referido, teve por base dados sobre a agitação marítima e fluvial, características de maré, relatos históricos sobre os efeitos de Tsunamis na cidade e os critérios utilizados pelo Instituto de Meteorologia (IM) para a emissão de avisos meteorológicos por agitação marítima (CML, 2010b).

A agitação fluvial sentida em Lisboa encontra-se associada à agitação marítima de largo e à profundidade das águas, entre outros. De destacar as alterações no caudal dos rios (por inundação/cheia ou período de estiagem), a subida anual do nível médio do mar e os efeitos meteorológicos, mais especificamente ventos fortes ou de longa duração, seichas (mudanças súbitas das condições meteorológicas que podem induzir oscilações periódicas no nível do mar) e pressões atmosféricas extremamente baixas ou elevadas (CML, 2010b).

As previsões do Instituto Hidrográfico (IH) para as características da maré no Porto de Lisboa indicavam que, em 2009, a amplitude das marés iria variar entre 2.6 e 4.2 m em momentos de preia-mar e 0.2 e 1.9 m em baixa-mar. Estes valores utilizam como plano de referência, o Zero Hidrográfico definido para o marégrafo de Cascais, com um valor de 2.08 m abaixo do nível médio das águas do mar (CML, 2010b).

De acordo com o Catálogo Português de Tsunamis, é possível identificar as situações mais relevantes que afetaram Lisboa, já referidas no subcapítulo anterior. Como referido, a CCDR-LVT aponta para que, na generalidade da AML, na eventualidade de ocorrência de ondas de tsunami, esta rondará os 6 m de altura com um "run off" de 15 m (informação proveniente da Revisão do PROT-AML) (CML, 2010b).

De acordo com o Instituto de Meteorologia (IM), a emissão de alertas far-se-á no caso da agitação marítima ultrapassar o valor dos 4 m (CML, 2010b).

Assim, numa análise integrada das diferentes componentes em apreciação, considera-se relevante adotar como zona de suscetibilidade à ocorrência de um tsunami, ou ao efeito de maré direto, a área ribeirinha abrangida até à cota dos 5m (Figura 3.14-7) (CML, 2010b).

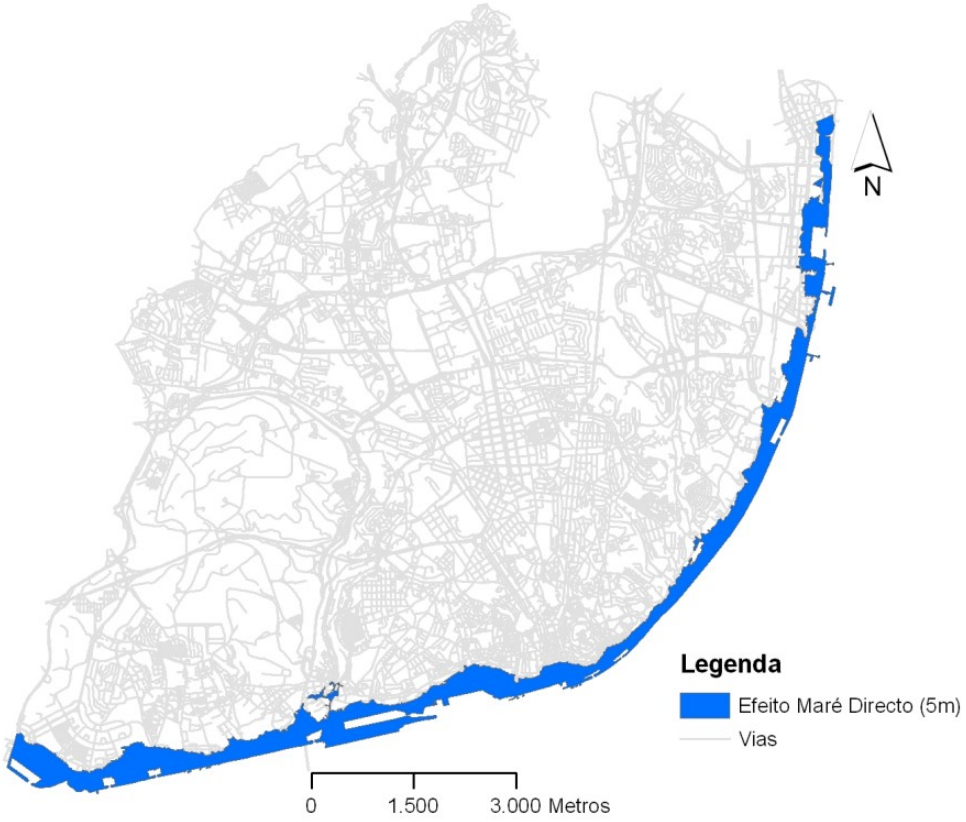


Figura 3.14-7 – Área de suscetibilidade direta ao efeito de maré na cidade de Lisboa

Fonte: (CML, 2010b)

3.14.4 Risco sísmico

De acordo com a Carta de Isossistas de Intensidades Máximas, da autoria do IM, prevê-se que a zona de Lisboa possa ser atingida por sismos com intensidade até IX, na escala de Mercalli Modificada. Efetivamente quer pela sua abrangência, consequências devastadoras ou fenómenos colaterais que é capaz de produzir, o sismo é o mais grave e preocupante dos desastres naturais suscetíveis de atingir o concelho (CML, 2012b).

A cartografia referente à vulnerabilidade sísmica dos solos de Lisboa foi obtida com base na sobreposição de dados referentes à sismicidade histórica local (localização do epicentro, magnitude do sismo, propagação de ondas e isossistas), efeitos dos solos, comportamento do edificado e dinâmica populacional. Do cruzamento desses fatores foi possível obter "Áreas Críticas" que, para os diferentes sismos potencialmente danificadores simulados, sistematicamente produziam maior concentração de danos em termos de edifícios com danos moderados a graves e, consequentemente, maiores danos humanos (mortos e feridos). Correspondem às áreas que mais contribuem em termos de danos globais da cidade, para qualquer dos sismos (CML, 2010b).

As Áreas Críticas de Risco Sísmico constituem um conceito estratégico e de grande importância para o planeamento e a gestão de emergência. Com efeito, é com base na definição destas áreas que se torna possível executar um zonamento da cidade com vista à identificação dos locais que poderão exigir uma intervenção prioritária, estimar os meios humanos e materiais a disponibilizar para cada um deles, e estabelecer a prioridade das ações de socorro a desencadear (CML, 2010b).

Com base nas características geotécnicas das formações geológicas, foi possível traçar uma carta de vulnerabilidade sísmica dos solos, apresentada na figura abaixo, que classifica as formações superficiais de acordo com o seu comportamento face à propagação das ondas sísmicas, com baixa, média, alta ou muito alta vulnerabilidade (CML, 2012b):

- Baixa: Formações rochosas/rochas de resistência média a elevada;
- Moderada: Formações argilosas consolidadas, rochas de baixa resistência/solos coerentes rijos, rochas brandas;
- Alta: Formações predominantemente arenosas consolidadas/solos incoerentes compactos;
- Muito alta: Formações aluvionares lodosas, arenosas e areno-argilosas/aterros.

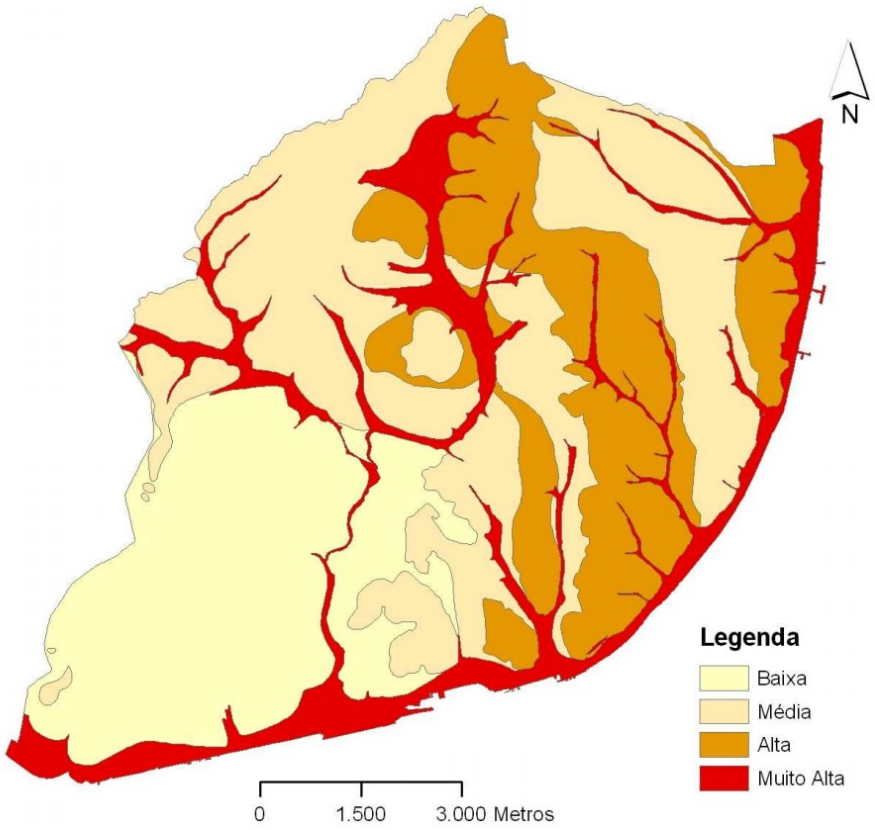


Figura 3.14-8 - Vulnerabilidade sísmica dos solos da cidade de Lisboa

Fonte: (CML, 2010b)

Com base na caracterização realizada, as zonas com maior vulnerabilidade na cidade são as que se encontram cobertas por sedimentos aluvionares pouco consolidados, tanto na zona ribeirinha como ao longo das antigas ribeiras (CML, 2012b).

Adicionalmente, através da sobreposição e consequente cruzamento da variável vulnerabilidade, pelos temas freguesia, população residente e número de edifícios, foi possível analisar (DMPU, 2009) os danos associados à ocorrência de sismos na cidade de Lisboa (Figura 3.14-9). Como fontes de informação, referem-se para os temas freguesias e número de edifícios, a CML/DIGC de 2008 e para a variável população residente, os dados definitivos dos Censos de 2001 do INE, por subsecção.

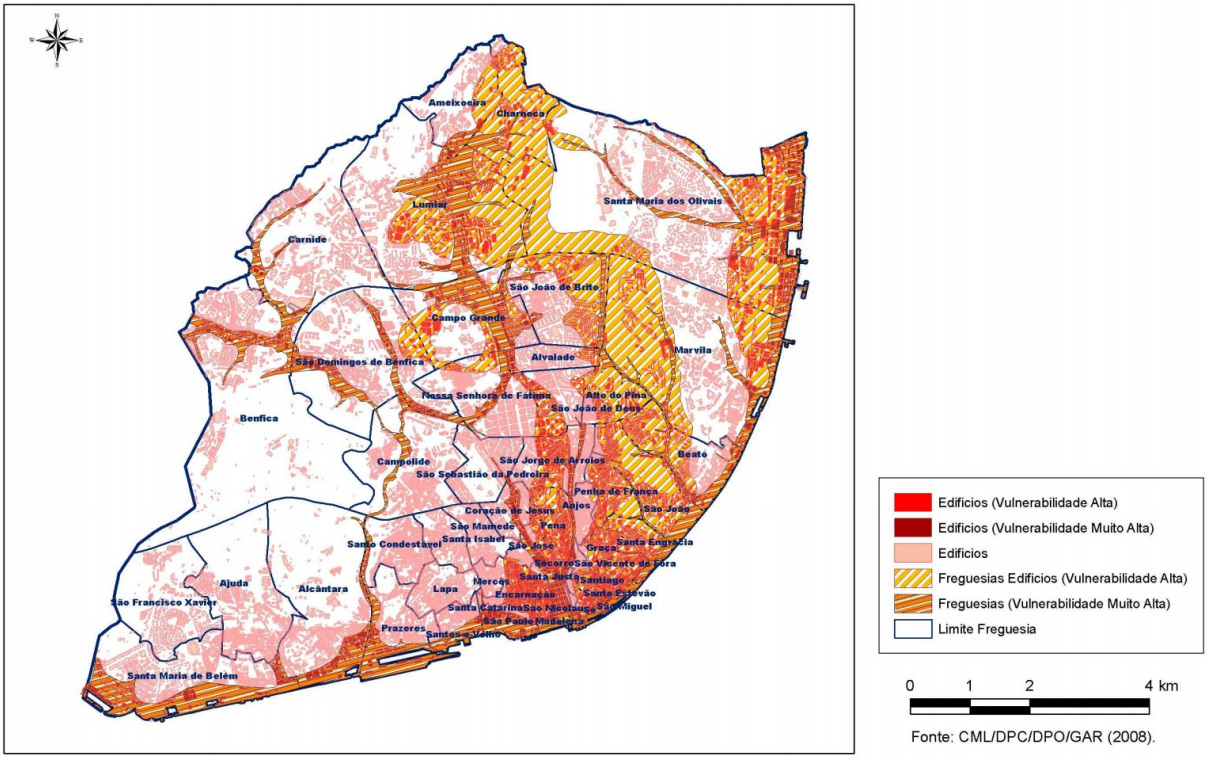


Figura 3.14-9 - Áreas de Vulnerabilidade ao risco sísmico, no município de Lisboa

Fonte: (DMPU, 2009)

3.14.4.1 Área

No município de Lisboa (Quadro 3.14-1) 41 das 53 freguesias presentes apresentam parte do seu território situado em áreas de alta vulnerabilidade sísmica e 46 classificadas como muito alta vulnerabilidade.

Espacialmente, a área de alta vulnerabilidade compreende 19 280.78 km^2 e a de muito alta vulnerabilidade 12 380.15 m^2, o que corresponde respetivamente a 22.9% e a 14.6% do total do município (84 372.98 km^2).

3.14.4.2 Estimativa da População Residente (2001)

A área classificada como de alta vulnerabilidade ao risco sísmico constitui o local de residência para 204 720 habitantes, distribuídos pelas 41 freguesias de Lisboa (DMPU, 2009). Em termos percentuais corresponde a cerca de 36% do total de residentes da cidade (564 657 residentes), considerando os dados dos Censos 2001. As freguesias mais afetadas em termos populacionais são Marvila, Lumiar e São João (identificadas a amarelo no Quadro 3.14-2), que contabilizam cerca de 53 751 pessoas, o equivalente a 26% da população abrangida por esta área de Alta Vulnerabilidade.

Relativamente às áreas classificadas como Muito Alta vulnerabilidade ao risco sísmico, o total de população residente compreende 130 404 residentes repartidos por 46 freguesias, o que corresponde a 23% do total da população concelhia.
As freguesias mais populosas correspondem às de São Domingos de Benfica, Benfica e Lumiar (identificadas a laranja no Quadro 3.14-2), que abrangem cerca de 48 697 residentes, o equivalente a 37% da população abrangida por esta área de Muito Alta Vulnerabilidade.

Quadro 3.14-1 – Identificação das freguesias da cidade de Lisboa e correspondência com o código de identificação (Censos 2001)

Cod.	FREGUESIA
52	Sé
31	Santa Justa
53	Socorro
36	Santo Estêvão
38	São Cristóvão e São Lourenço
47	São Miguel
34	Santiago
19	Madalena
37	Santos-o-Velho
45	São José
50	São Sebastião
49	São Paulo
27	Sacramento
44	São Jorge de Arroios
12	Castelo
10	Campolide
25	Penha de França
29	Santa Engrácia
41	São Joao
6	Anjos
2	Alcântara
51	São Vicente de Fora
42	São Joao de Brito
30	Santa Isabel
35	Santo Condestável
28	Santa Catarina
1	Ajuda
14	Coração de Jesus
32	Santa Maria de Belém
16	Graça
43	São Joao de Deus
3	Alto do Pina
21	Marvila
48	São Nicolau
17	Lapa
7	Beato
23	Nossa Senhora de Fátima
22	Mercês
26	Prazeres
46	São Mamede
20	Mártires
24	Pena
4	Alvalade
8	Benfica
33	Santa Maria dos Olivais
5	Ameixoeira
9	Campo Grande
40	São Francisco Xavier
39	São Domingos de Benfica
15	Encarnação
18	Lumiar
13	Charneca
11	Carnide

Quadro 3.14-2 - População residente por freguesias, em áreas classificadas como de alta e muito alta vulnerabilidade ao risco sísmico

Fonte: (DMPU, 2009)

Alta vulnerabilidade ao risco sísmico		
Cód. (*)	Nº	População
21	131	18813
18	124	17921
41	71	17017
33	140	15976
25	62	13425
7	84	12322
13	104	10249
44	39	10019
3	51	8335
42	57	7659
16	31	6870
43	68	6477
9	36	6330
24	45	6068
29	35	5860
23	32	4358
51	33	4267
6	21	3934
39	33	3336
15	55	3182
28	30	2274
36	39	2042
5	28	1968
14	7	1926
4	9	1925
45	17	1870
49	17	1787
47	25	1740
52	18	1160
27	17	880
34	14	857
53	3	761
38	10	629
12	8	587
31	15	541
46	1	424
22	5	369
20	11	341
48	4	98
19	3	67
8	1	56
Total	**1534**	**204720**

Muito alta vulnerabilidade ao risco sísmico		
Cód. (*)	Nº	População
39	86	17468
8	84	15961
18	93	15268
33	103	8556
9	35	7221
44	28	6123
41	19	4211
2	35	4169
23	26	3886
11	34	3538
32	57	3310
21	60	3059
42	24	3012
7	25	2759
4	9	2532
13	18	2520
14	23	2320
49	55	2310
29	10	2047
43	3	1953
51	7	1762
10	45	1584
6	16	1576
5	8	1439
53	7	1253
48	49	1175
26	29	1162
47	13	929
52	12	784
45	10	757
25	8	651
50	7	612
16	1	608
28	3	479
31	23	466
46	1	424
37	11	395
3	12	391
36	17	391
38	3	379
22	2	249
1	2	220
19	12	200
24	1	173
20	3	89
35	11	33
Total	**1140**	**130404**

3.14.4.3 Estimativa do Edificado (2008)

Pretende-se nesta análise (DMPU, 2009) conhecer o universo de edifícios totalmente ou parcialmente situados em áreas vulneráveis ao risco sísmico (classe alta e muito alta).

Da leitura da informação presente do quadro que se segue, conclui-se que do total de 61 038 edifícios do município, 27.6% estão situados em áreas classificadas como alta vulnerabilidade e 11.4% nas de muito alta vulnerabilidade ao risco sísmico.

Do total de edifícios situados na área vulnerabilidade sísmica, entre 600 e 700 situam-se simultaneamente nas 2 classes: alta e muito alta.

Quadro 3.14-3 - Total de edifícios por freguesias, situados nas áreas classificadas como de alta e muito alta vulnerabilidade ao risco sísmico

Fonte: (DMPU, 2009)

Alta Vulnerabilidade		Muito Alta Vulnerabilidade	
Código Freguesia	Total de	Código Freguesia	Total de
3	460	0	73
4	179	1	6
5	162	2	306
6	373	3	8
7	1048	4	98
9	210	5	57
12	125	6	129
13	715	7	116
14	75	8	638
15	550	9	464
16	715	10	43
18	989	11	93
19	2	13	54
20	164	14	257
21	735	16	5
22	36	18	599
23	191	19	54
24	852	20	29
25	1174	21	100
27	198	22	21
28	412	23	130
29	682	24	6
31	140	25	1
33	842	26	132
34	153	28	26
36	363	29	35
38	75	31	202
39	109	32	311
41	1277	33	461
42	937	35	20
43	556	36	97
44	960	37	47
45	140	38	2
46	1	39	696
47	268	41	34
48	40	42	143
49	156	43	2
50	1	44	255
51	604	45	154
52	156	46	1
53	58	47	88
		48	425
		49	300
		50	66
		51	36
		52	43
		53	87
TOTAL	**16883**		**6950**

As freguesias do Beato, Penha de França e São João destacam-se por apresentarem um maior número de edifícios situados na área de alta vulnerabilidade. Quanto à área classificada como muito alta vulnerabilidade, o maior peso é dado às freguesias de São Domingos de Benfica, Benfica e Lumiar, todas elas com mais de 500 edifícios.

3.14.5 Hierarquização dos riscos

A Autoridade Nacional da Proteção Civil (ANPC) sugere uma hierarquização do grau de risco para as ocorrências-tipo definidas a nível nacional (ANPC, 2014), função da sua gravidade e grau de probabilidade, classificando-os de risco baixo a risco extremo.

Quadro 3.14-1 - Classificação a nível nacional dos graus de risco pela APNC

Fonte: (ANPC, 2014)

		GRAU DE GRAVIDADE				
		Residual	**Reduzido**	**Moderado**	**Acentuado**	**Crítico**
GRAU DE PROBABILIDADE	**Elevado**					
	Médio-alto		GalgInundCost EC_Arribas	SubstPerigosas IncUrb IncCentHist AcRodov Inundações TTMP	IncFlorestais I Nevões Secas Cheias	Onda Calor
	Médio			AcFerrov ColTunPontInfra ColEdConcPopul EC_PraiasDunas	Vaga frio	IncFflorestais II
	Médio-baixo			MovMassa	Sismos II InfraFixTPP RuptBarragens I AcAéreos EmerRadio II	
	Baixo				EmerRadio I	Sismos I Tsunamis RutBarragens II

Legenda:

Risco Baixo	*Risco Moderado*	*Risco Elevado*	*Risco Extremo*

De acordo com a hierarquização apresentada na figura anterior salienta-se o risco de inundação que apresenta um grau de probabilidade médio-alto e um grau de gravidade moderado. Função da sua gravidade e grau de probabilidade, é atribuído ao risco de inundação um risco elevado.

3.14.5.1 Riscos na zona de análise

Os riscos analisados preliminarmente na zona de análise, nomeadamente na cidade de Lisboa e de acordo com a tipologia de projeto, dizem respeito a riscos elevados de inundação (probabilidade elevada e gravidade moderada) e riscos decorrentes da evolução climática projetada.

As alterações climáticas apresentam-se em aspetos como ondas de calor, efeitos extremos de precipitação, agitação marítima e outros, que vêm pressionar as zonas, dado o aumento da probabilidade e gravidade, pelo que as ações de mitigação, adaptação e gestão de riscos são cada vez mais importantes.

3.15 EVOLUÇÃO DA SITUAÇÃO SEM PROJETO

Em Lisboa, as situações de inundação são frequentes, em particular nas zonas baixas e planas da cidade e situadas a jusante de bacias hidrográficas de grande dimensão e com uma ocupação significativa, como é o caso das zonas baixas de Alcântara, Martim-Moniz, Praça da Figueira, Terreiro do Paço e de Chelas – Xabregas (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

As redes de drenagem destas áreas, junto ao estuário, estão sujeitas às marés e possuem uma reduzida disponibilidade gravítica para o escoamento dos caudais gerados a montante. A situação tem tendência a agravar-se devido à crescente ocupação de território e ao efeito das alterações climáticas, nomeadamente no que respeita ao aumento do nível de água do mar e ao aumento da probabilidade de ocorrência de eventos extremos de precipitação. Essas situações constituem desafios particularmente difíceis de controlar, mas que urge resolver (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

A dimensão dos problemas de drenagem da cidade de Lisboa requer intervenções de natureza estrutural de grande magnitude que, embora não eliminem, diminuam de forma significativa o risco de inundações. As características da cidade de Lisboa, próprias de uma cidade antiga, consolidada e densamente ocupada no centro urbano, recomendam que estas intervenções estruturantes no sistema de drenagem sejam realizadas ou iniciadas a meia encosta, a montante dos locais de inundação, tendo como objetivo a redução dos caudais que afluem às zonas baixas da cidade. Esta opção evita intervenções demoradas e dispendiosas nas zonas mais antigas e históricas da cidade, e que têm um impacte social significativo (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

O não desenvolvimento e implementação do projeto dos túneis previstos no PGDL 2016-2030, tal como indicado e analisado no PGDL (2015) leva à manutenção e mesmo potencial agravamento das situações de inundação (risco de inundação), se houver eventos de maior intensidade de precipitação (tendência previsível de aumentar decorrente dos efeitos climáticos) (1).

A não realização do projeto levaria previsivelmente:

- à manutenção e agravamento do risco de inundação, já elevado nas zonas atrás definidas, o que pode originar em caso de ocorrência de situações de inundação: danos humanos - ferimentos, perda de vidas e riscos de saúde pública, no caso de se prolongar no tempo (2);
- perturbações na vida diária dos munícipes e público em geral, impossibilitando ou limitando os acessos a pé. Poderia levar ao encerramento de serviços, como escolas, centros de saúde, entre outros (3);
- engarrafamentos e limitações no trânsito e acessos que, pelos danos provocados, poderiam perdurar para além da inundação (4);
- afetação grave das atividades económicas, com efeitos disruptivos nos negócios e fortes perdas económicas, danos de bens individuais e negócios, podendo mesmo levar à falência das atividades decorrentes dos danos causados (5);
- destruição e afetação das infraestruturas públicas, desde logo do sistema de drenagem, saneamento, abastecimento elétrico, telecomunicações e outros bens públicos (6);
- limitação ao desenvolvimento das zonas inundadas, já que, sendo zonas de risco, os investimentos e atividades terão menor possibilidade de ocorrerem ou serão condicionados (7);
- potencial de agravamento nos custos de seguros e de financiamento para as atividades locais (8);
- impacte na imagem da Cidade, decorrente das notícias de inundações. Tal reduz a atratividade para os visitantes, podendo originar um efeito negativo viral, se houver notícias, imagens ou vídeos de situações críticas (9);

A manutenção da situação atual, sem uma solução de drenagem estrutural e com o aumento de efeitos extremos, nomeadamente o aumento de precipitação em curtos períodos de tempo (decorrentes de alterações climáticas), pode levar a severas limitações e danos nas zonas de risco elevado e colocar outras áreas de Lisboa em similar situação de risco elevado (10).

Estes efeitos previsíveis da manutenção da situação atual podem agravar-se significativamente, se os efeitos das alterações climáticas e fenómenos extremos ocorrerem de forma significativa e aumentar a ocupação do território. Merece especialmente referência a zona ribeirinha e o acréscimo de danos que podem ocorrer se conjugar a intensidade de precipitação prolongada com as situações de preia-mar extremas levando a danos ampliados e muito gravosos.

A não implementação do projeto implica que não se reduz o risco de inundação, acrescido previsivelmente com os potenciais eventos extremos de precipitação decorrentes das alterações climáticas, aumentando o risco de inundação (e potencial de danos e condicionantes) em várias zonas de Lisboa, como por exemplo Alcântara, Baixa de Lisboa, Beato entre outros. Nestas zonas os efeitos negativos no ambiente e na socio economia vão sentir-se não só durantes as inundações, como também depois das mesmas.

Tendo em conta os aspetos mencionados referentes à manutenção da situação atual, assume-se que esta não deverá, nem poderá ser uma opção, pelo que se analisou para cada fator ambiental a situação de referência (apresentado nos subcapítulos anteriores) e se procede à análise dos impactes decorrentes da construção e operação dos túneis de drenagem na cidade de Lisboa, no Capítulo 5.

4 PRINCIPAIS ATIVIDADES E PRESSÕES AMBIENTAIS GERADAS PELO PROJETO

Neste capítulo sistematizam-se as principais atividades previstas do projeto (e das alternativas analisadas ao longo da elaboração do EIA), incluindo as pressões e cargas geradas para o ambiente, especificando a sua tipologia e quantificação[1], tais como efluentes, resíduos e emissões (baixo potencial de poluição da água, do solo, da atmosfera, ruído, vibração, luz, calor, radiação, etc.), nas fases de construção, operação e desativação, ao nível da previsão possível nesta fase de estudo prévio.

As atividades e cargas referidas são indicativas e partem do pressuposto que o método construtivo com maior probabilidade de utilização na escavação dos túneis será com recurso a tuneladora, muito embora se preveja a utilização de método de escavação mineira sequencial nas zonas mais próximas dos emboquilhamentos de entrada e saída dos túneis. No entanto, se tal vier a ser proposto pelo adjudicatário e aceite no concurso, o método de escavação a utilizar poderá ser diferente (por exemplo, New Austrian Tunneling Method), sendo que os trabalhos deverão ser adaptados a esse método.

4.1 PRINCIPAIS COMPONENTES E ATIVIDADES

A análise efetuada assenta nas áreas de intervenção do projeto dos dois túneis separada em função das zonas de intervenção, nomeadamente o desenvolvimento de grande parte dos dois túneis em profundidade (T) com recurso a tuneladora (TBM – Tunnel Boring Machine) ou método de escavação sequencial tradicional (NATM – New Austrian Tunneling Method) e depois intervenções que têm implicações à superfície, em zonas (Z) específicas. Assim, considera-se oito áreas de análise:

A) Intervenções em profundidade que ocorrem com escavação subterrânea (TBM e/ou NATM), nomeadamente:

- Zona T1: Intervenções em profundidade entre Campolide – Santa Apolónia;
- Zona T2: Intervenções em profundidade entre Chelas – Beato.

B) Intervenções à superfície:

- Zona 1: Campolide
- Zona 2: Avenida da Liberdade / Rua de Santa Marta
- Zona 3: Avenida Almirante Reis
- Zona 4: Santa Apolónia
- Zona 5: Chelas
- Zona 6: Beato

Na zona de Santa Apolónia (Zona 4) a saída da tuneladora vai evitar afetação da Cerca Fernandina, de acordo com os ajustes considerados na evolução do projeto. De referir que no caso da Zona 6, no Beato, embora se tenha selecionado o traçado da Zona 6d com saída junto à Doca do Poço do Bispo por concertação com as entidades consultadas e pela minimização de impactes associada a esta alternativa, a análise foi realizada para quatro locais distintos, decorrentes do traçado proposto para as alternativas analisadas, nomeadamente:

- Zona 6a – Alternativa TCB1: junto ao Armazém 22 do Terminal Multiusos do Poço do Bispo

[1] Os dados da intervenção e modo de construção são indicativos já que o projeto se encontra em fase de Estudo Prévio

- Zona 6b – Alternativa TCB2: Calçada Dom Gastão
- Zona 6c – Alternativa TCB3: Rua do Grilo
- Zona 6d – Alternativa TCB4: Doca do Poço do Bispo (alternativa selecionada)

Refira-se que, embora a análise para a fase de construção incida em várias zonas à superfície, na fase de operação, as áreas do projeto à superfície e, assim, associadas a impermeabilização do solo são muito reduzidas e dizem essencialmente respeito aos edifícios dos poços de grossos em Campolide e Chelas e a tampas/grelhas ao nível do solo em locais pontuais, para acesso/ventilação dos túneis. As características destas infraestruturas devem ser precisadas em projeto de execução.

4.1.1 Túnel Monsanto-Santa Apolónia

O TMSA, com cerca de 5 km, cruza diversas bacias importantes e permite resolver simultaneamente os principais problemas de ocorrência de inundações nas bacias de Alcântara, Av. Liberdade, R. São José e Av. Almirante Reis. Este túnel inicia-se junto à Quinta do Zé Pinto, zona de Campolide, intercetando o Caneiro de Alcântara a jusante da confluência dos dois ramais (tronco principal Benfica-Campolide-Alcântara e braço de Sete Rios), e descarrega os caudais intercetados diretamente no rio Tejo, em Santa Apolónia, tal como representado esquematicamente na Figura 4.1-1 (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

Figura 4.1-1- Traçado geral do túnel de drenagem Monsanto-Santa Apolónia

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2016)

Para além da obra de entrada na Quinta do Zé Pinto, onde serão intercetados os caudais pluviais provenientes do Caneiro de Alcântara, prevêem-se mais quatro câmaras de desvio de caudais, duas na Av. da Liberdade, que encaminharão os caudais pluviais para a câmara de desvio de caudal da Rua de Santa Marta, e outra na Av. Almirante Reis.

Para permitir uma queda controlada dos caudais pluviais intercetados para o interior do túnel, devem ser construídas, em Santa Marta e na Av. Almirante Reis, a jusante das câmaras de desvio de caudal homónimas, câmaras com queda em vórtice (alturas de quedas da ordem dos 10 m) (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

O TMSA foi dimensionado para ter a capacidade de escoar caudais da ordem dos 170 m^3/s, gerados por eventos pluviométricos com período de retorno de 100 anos e assegurar bons níveis de desempenho, mesmo tendo em conta os efeitos de agravamento devido às alterações climáticas (aumento da intensidade da precipitação e do nível médio do mar).

Previu-se que o túnel, que deve ser devidamente ventilado por intermédio de chaminés de ventilação, possa entrar em carga sem causar riscos de transbordamento, podendo assim admitir o escoamento de caudais superiores (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

Por outro lado, para evitar que o túnel venha a interferir com as infraestruturas existentes, tais como linhas do Metropolitano de Lisboa, condutas de abastecimento de água da EPAL e infraestruturas do património histórico e arqueológico (e.g. Muralha Fernandina e Torreão) e património edificado, foi ajustado o seu traçado em planta e perfil, dentro do possível, para minimizar essas interferências (Consórcio Hidra/Engidro, 2016). Ajustes estes que deram origem à mencionada Alternativa TMSA2, que foi a solução selecionada e desenvolvida em projeto.

A batimetria do local de descarga e a velocidade de saída do escoamento na descarga foram também condicionantes que determinaram a cota de soleira e as dimensões da saída do túnel (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

As principais condicionantes na definição do traçado em planta e perfil longitudinal do TMSA foram, portanto, as seguintes (Consórcio Hidra/Engidro, 2016):

- cota de soleira de saída do túnel superior à cota batimétrica na saída (- 8 m, relativamente ao zero hidrográfico).
- cotas a que se encontram o Metro na zona de St.ª Apolónia, Av. Almirante Reis e Av. da Liberdade. Esta questão é particularmente sensível na zona da Av. Almirante Reis e de St.ª Apolónia, onde a distância entre as cotas de soleira e de coroa das duas infraestruturas é relativamente reduzida.
- cumprir com os requisitos estabelecidos no Artigo 133.º do Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de agosto (Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais), relativos ao dimensionamento hidráulico dos coletores pluviais.
- escolha de declives, que garantindo o cumprimento dos critérios do decreto supracitado, minimizem a profundidade do túnel no desvio do Caneiro.
- velocidade do escoamento na saída igual ou inferior a 2 m/s (sem influência da cunha salina) para caudais gerados por eventos pluviosos com períodos de retorno de 100 anos, para reduzir a perda de carga localizada à saída e minimizar o efeito da descarga na acostagem dos navios.
- distâncias, em planta, às infraestruturas existentes compatíveis com os processos construtivos adotados em cada caso.

O túnel, propriamente dito, apresenta uma extensão de cerca de 4.5 km, possui 5.5 m de diâmetro interno e declives de 0.7% entre Campolide e a Rua de Santa Marta e de 0.45% entre Santa Marta e Santa Apolónia. O túnel apresenta uma caleira inferior com banquetas laterais simétricas (Figura 4.1-2) que permitirão transportar outras infraestruturas, como cabos de telecomunicação, condutas de água e eventualmente de condutas de água residual tratada.

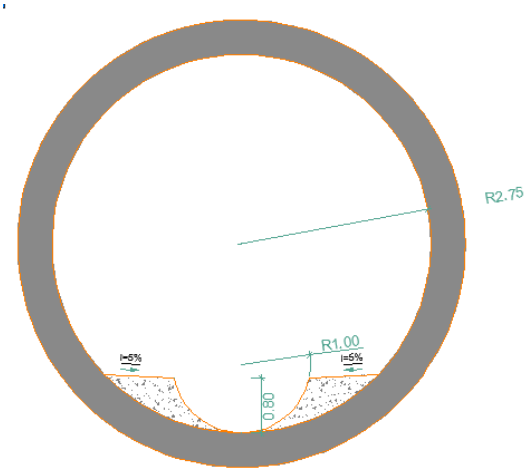


Figura 4.1-2 - TMSA - Secção do túnel com caleira inferior

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2016)

O túnel (com exceção do troço final, de cerca de 200 m de extensão, que será executado a céu aberto), irá ser construído em profundidade, pelo que perturbações à superfície só ocorrem pontualmente, no poço de ataque, em Campolide (Zona 1), e de saída da máquina (Figura 4.1-3), no Beco do Belo (Zona 4) e de forma mais circunscrita nas zonas onde se desenvolvem os poços de ligação, nomeadamente na Avenida da Liberdade / Santa Marta (Zona 2) e Avenida Almirante Reis (Zona 3).

Figura 4.1-3- TMSA - Local de saída da tuneladora: Beco do Belo

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2016)

Na parte final, com construção em vala a céu aberto, a secção circular de 5.5 m passa para uma secção retangular, alargando progressivamente e rebaixando para que as velocidades médias na descarga sejam reduzidas (cerca de 2 m/s, para caudais gerados por precipitações com período de retorno de 100 anos). Em Santa Apolónia, na zona de descarga final no estuário, a secção retangular atinge 28 m de largura e uma altura de 3.5 m.

Obra de desvio dos caneiros

A obra de desvio do Caneiro de Alcântara, na Quinta do Zé Pinto (Figura 4.1-4), foi concebida por forma a assegurar que os caudais pluviais gerados nas bacias a montante fossem intercetados e encaminhados para o túnel a construir (dimensionado para caudais da ordem dos 127 m^3/s gerados por precipitações com período de retorno de 100 anos) e que

os caudais domésticos e um volume inicial dos caudais pluviais ("*first flush*") continuassem para jusante no Caneiro, de forma a afluírem à ETAR de Alcântara (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

O desvio dos caudais pluviais permite aliviar toda a rede de coletores existentes a jusante da interceção, que dispõem assim de maior capacidade para escoar os caudais afluentes provenientes das bacias de jusante. O facto de os caudais pluviais intercetados serem descarregados no rio Tejo, num caís de atracagem de navios (incluindo de cruzeiros), faz com que na obra de entrada se dimensionassem estruturas e equipamentos que permitissem pelo menos a remoção de parte do material sólido encaminhado pelo Caneiro (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

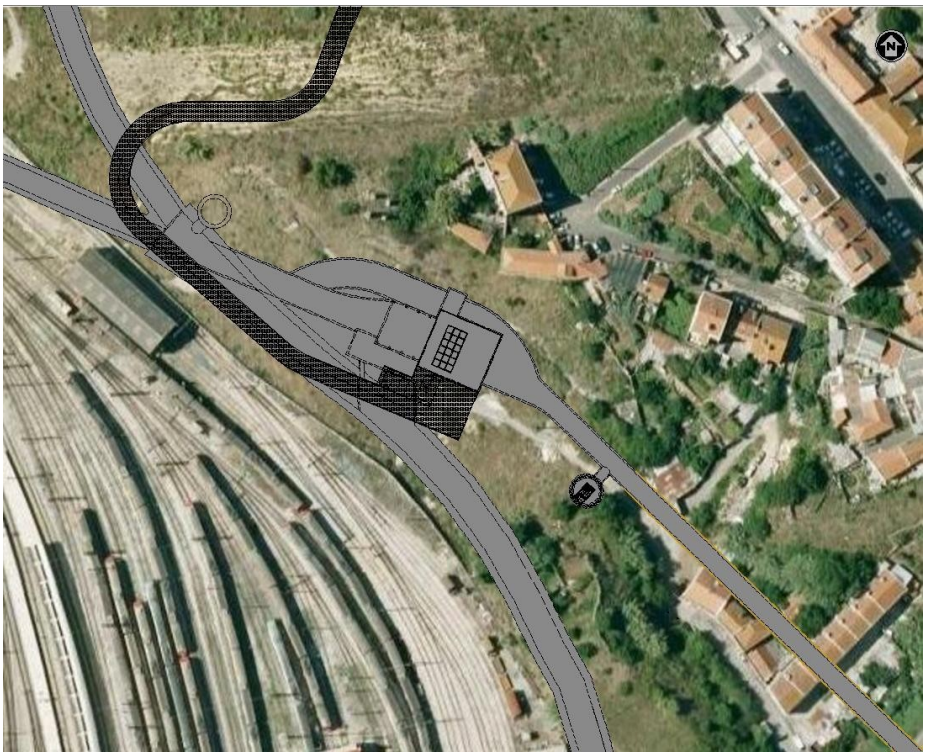


Figura 4.1-4 - Localização da obra de desvio do Caneiro de Alcântara
Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2016)

Para cumprir com os objetivos expostos a obra de desvio do Caneiro é constituída por diversas "estruturas", esquematicamente representadas na Figura 4.1-5, e que se descrevem sumariamente abaixo (Consórcio Hidra/Engidro, 2016):

- trecho de transição entre o Caneiro e o poço de grossos – que desvia o caudal pluvial captado nas bacias a montante para o túnel, assegurando que apenas o caudal passível de ser tratado pela ETAR de Alcântara afluem aos Caneiros existentes, através de um "*by-pass*".
- poço de grossos com grades de limpeza mecânicas ou equivalente, a jusante – que assegura que parte do material sólido fica retido e não é descarregado no rio Tejo (bacias a montante têm características também rurais).
- descarregadores laterais – que desviam parte do caudal, não passível de ser gradado, para um canal lateral.
- canal lateral – que encaminha para jusante o caudal não gradado.
- canal a jusante com quedas em degraus, que faz a ligação ao túnel propriamente dito, permitindo vencer o desnível e garantindo que parte da energia seja dissipada.

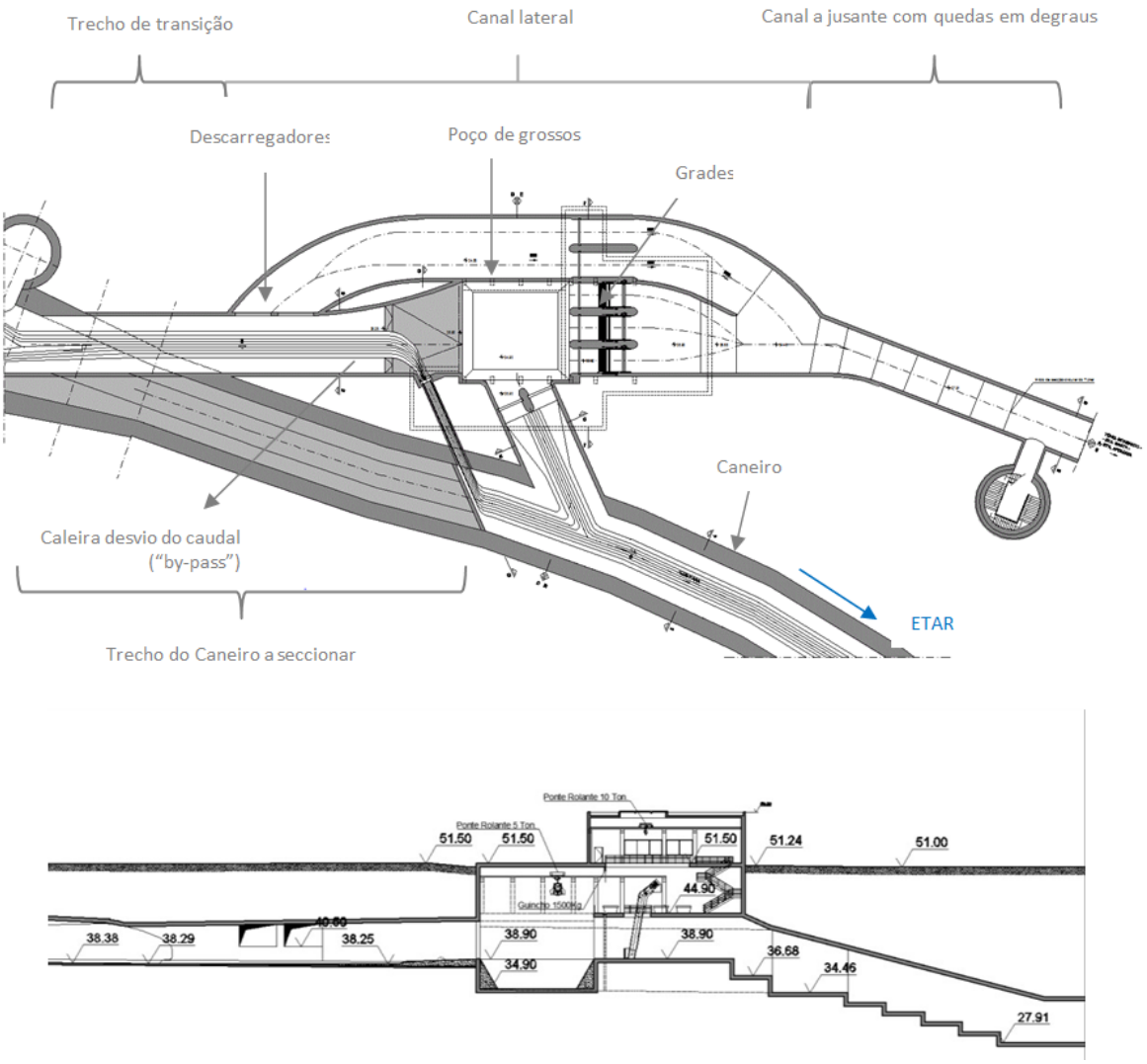


Figura 4.1-5 - Representação esquemática, em planta e corte, da obra de desvio do Caneiro

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2016)

Câmaras de desvio de caudal da Av. Liberdade

Prevêem-se duas câmaras de desvio de caudal na Av. da Liberdade (representadas na Figura 4.1-6 como Cx. 01 e Cx. 02), que irão desviar os caudais dos coletores unitários da Rua Alexandre Herculano e das margem direita e esquerda da Av. da Liberdade. Os caudais pluviais intercetados serão encaminhados para a câmara de desvio de caudal com poço de grossos de Santa Marta, que encaminhará os mesmos à câmara com queda em vórtice que faz a ligação ao TMSA (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

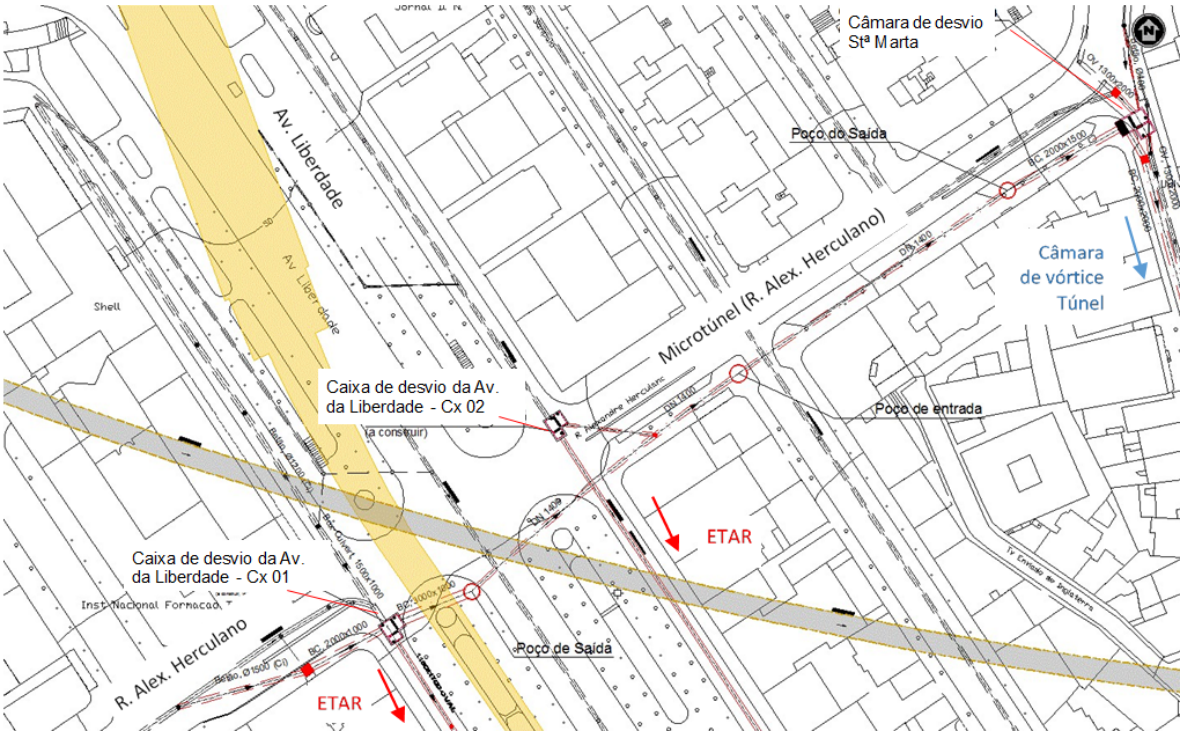


Figura 4.1-6 - Representação esquemática da interceção dos caudais dos coletores da Av. Liberdade, Rua Alexandre Herculano e Rua de Santa Marta

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2016)

Câmaras de desvio de caudal com poço de grossos e câmara de vórtice de Santa Marta

Como referido, prevê-se uma câmara de desvio de caudal que encaminhará o caudal intercetado para o TMSA no cruzamento da Rua de Santa Marta com a Rua Alexandre Herculano (Figura 4.1-7), a jusante das câmaras de desvio de caudal da Av. da Liberdade. Esta câmara intercetará os caudais do coletor pluvial que transporta caudais da Av. da Liberdade (ambas as margens) e da R. Alexandre Herculano e dos coletores unitários da Rua de Santa Marta. A sua localização e implantação foi condicionada, em particular, pela área disponível, tendo-se tentado minimizar a interferência com as restantes infraestruturas existentes (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

A câmara de interceção que desvia o caudal para o túnel irá funcionar como descarregador permitindo que caudais inferiores ou iguais a três vezes o caudal de ponta de tempo seco sigam o seu curso para jusante através da rede existente, de forma a afluírem à ETAR de Alcântara (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

Na câmara foi também previsto um poço de grossos, que permitirá reter eventuais materiais sólidos de dimensões e peso significativos, embora se considere pouco provável a entrada dos mesmos no sistema, visto as bacias de drenagem a montante serem integralmente urbanas. Deverá promover-se a remoção dos sólidos retidos recorrendo a equipamento móvel (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

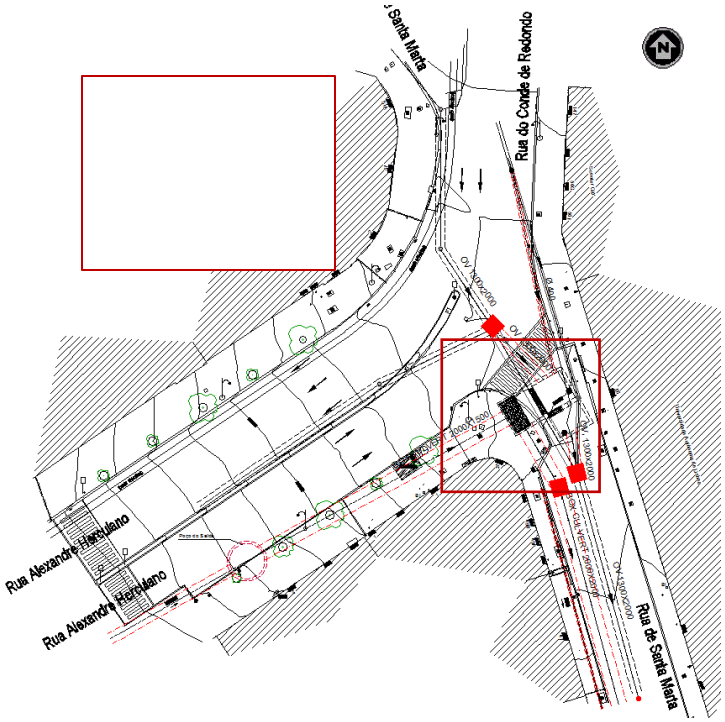


Figura 4.1-7 - Localização da câmara de desvio de caudal em Santa Marta

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2016)

A jusante da câmara de desvio de caudal, no cruzamento entre a Rua de Santa Marta e a Rua Barata Salgueiro, deverá ser implantada a câmara de vórtice de Santa Marta, que possibilitará vencer o desnível entre o coletor pluvial a construir na Rua de Santa Marta (coletor de secção retangular, tipo box culvert, com 2mx2m, 1.2% de declive e 187 m de extensão) e o TMSA. A sua localização e implantação foi também condicionada, em particular, pela área disponível, tendo-se tentado minimizar a interferência com as restantes infraestruturas existentes (Figura 4.1-8) (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

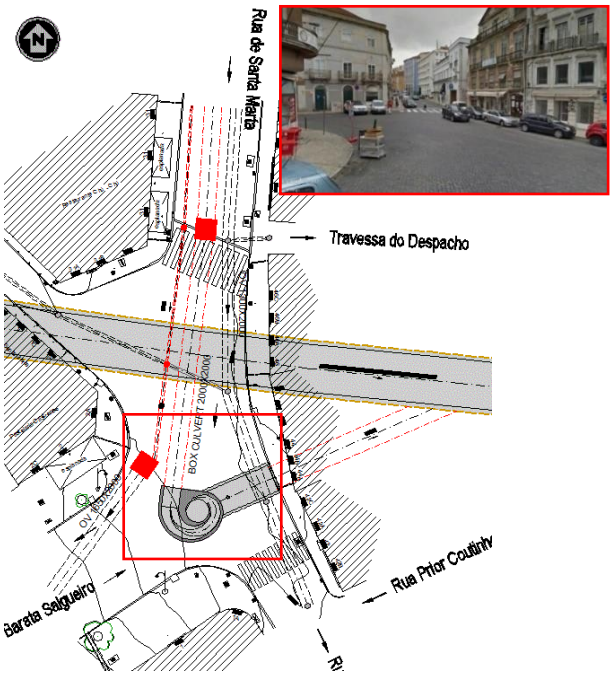


Figura 4.1-8 - Localização e implantação da câmara de vórtice de Santa Marta

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2016)

Câmaras de desvio de caudal com poço de grossos e câmara da Av. Almirante Reis

Na Av. Almirante Reis, entre a estação de Metro do Intendente e o cruzamento com a R. Antero de Quental, projetou-se a segunda câmara de desvio de caudal que intercetará os caudais do coletor unitário da margem direita da Av. Almirante Reis (a jusante do desvio do coletor da margem esquerda) e que os encaminhará para o túnel (Consórcio Hidra/Engidro, 2016). A implantação desta câmara encontra-se representada na Figura 4.1-9.

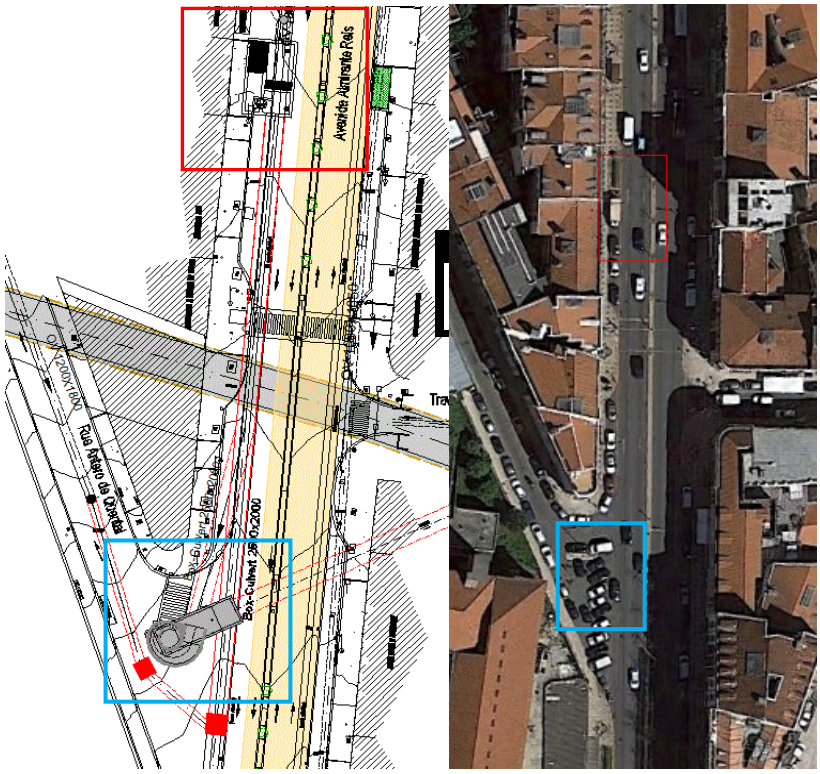


Figura 4.1-9 - Localização da câmara de desvio de caudal e da câmara de vórtice na Av. Almirante Reis
Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2016)

A implantação da câmara foi condicionada, em particular, pela área disponível, tendo-se pretendido minimizar a interferência com as restantes infraestruturas existentes, nomeadamente o património edificado e o túnel do Metro. Esta condicionante obrigou a implantar o coletor pluvial sob o coletor doméstico, para reduzir a área de intervenção (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

Esta câmara permitirá igualmente que caudais inferiores ou iguais a três vezes o caudal de ponta de tempo seco sigam o seu curso para jusante através da rede existente, de forma a afluírem à ETAR de Alcântara (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

À semelhança de Santa Marta, na câmara foi ainda previsto um poço de grossos, que permitirá reter eventuais materiais sólidos de dimensões e peso significativos, embora se considere pouco provável a entrada dos mesmos no sistema, visto as bacias de drenagem a montante serem integralmente urbanas. Deverá, tal como em Santa Marta, promover-se a remoção dos sólidos retidos recorrendo a equipamento móvel (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

Tal como no caso de Santa Marta, o desnível a vencer entre o coletor pluvial e o túnel é superior a 10 m, pelo que se prevê a construção de uma câmara de vórtice a jusante da câmara de desvio de caudal, no cruzamento da Av. Almirante Reis e Rua Antero de Quental (Figura 4.1-9) (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

De salientar ainda que, a construção de ambas as câmaras implica necessariamente a execução prévia de estruturas de contenção, dada a sua proximidade com o edificado e com infraestruturas do Metro (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

Obra de saída em Santa Apolónia

Este trecho, em vala aberta, é constituído por várias "secções", com características distintas, que permitem cumprir com uma série de condicionantes, que obrigaram a adaptações no seu traçado em planta e no seu perfil.

A geometria e implantação topográfica apresentadas resultam de diversos condicionalismos, nomeadamente (Consórcio Hidra/Engidro, 2016):

- património edificado;
- património arqueológico;
- cruzamento com o túnel do Metro;
- velocidades na secção de saída e cota de dragagem, no meio recetor.

No que se refere ao cruzamento com o túnel do Metro a passagem da obra de saída sobre esta infraestrutura será constituída por uma secção retangular em box culvert, de reduzida altura, para assegurar o recobrimento mínimo, bem como o necessário afastamento ao próprio túnel do Metro (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

O traçado e soluções consideradas, tendo em vista atenuar eventuais impactes negativos considerados mais relevantes em zonas específicas, foi ajustado para otimizar solução. O trecho final do túnel constitui a principal diferença entre as duas alternativas de traçado consideradas, tendo-se optado, como referido, pela alternativa TMSA2.

O inicio do trecho final do túnel desenvolve-se a partir da Rua Museu de Artilharia para a Alternativa TMSA1 e desde o Beco do Belo, para a Alternativa TMSA2, até ao Terminal de Cruzeiros em Santa Apolónia.

De seguida apresenta-se cada uma das alternativas (em perfil e em planta), com destaque para a parte final do traçado, nomeadamente a obra de saída do túnel.

4.1.1.1 Alternativa TMSA 1 (alternativa de base)

A solução considerada é o traçado previsto e proposto no PGDL. Este traçado, no aproximar de Santa Apolónia, segue a Rua Museu de Artilharia. A manter-se iria intercetar um troço da Cerca Fernandina (e torreão) que atravessa esta rua e tem a sua soleira na cota 5.20 m (classificado como património nacional), identificado no campanha arqueológica efetuada (Anexo AII-4) e criando outras afetações de edifícios. Nesta zona localiza-se a obra de saída do túnel e o troço final, já construído à superfície, vai alargando (para assegurar que as velocidades sejam similares às existentes no Rio) e será construído por métodos convencionais.

A extensão total do traçado para a Alternativa TMSA1 é de 4 790 m, com aproximadamente 4 580 m correspondente à construção do túnel em profundidade e os restantes cerca de 210 m construídos à superfície. Na figura seguinte apresenta-se a implantação do traçado em planta para a Alternativa TMSA1.

Figura 4.1-10 – Planta de implantação do traçado do TMSA, para a Alternativa TMSA1

Adaptado de (Consórcio Hidra/Engidro, 2015)

4.1.1.2 Alternativa TMSA2 (alternativa selecionada e desenvolvida em projeto)

Desde a obra de entrada, em Campolide, até Santa Apolónia o traçado da Alternativa TMSA2 face ao já apresentado para a Alternativa TMSA1 é ajustado pontualmente. Desta forma a diferença mais significativa entre os traçados ocorre no local em que este chega à superfície, que na Alternativa TMSA2 se faz pelo Beco do Belo.

Nesta alternativa procede-se ao reajuste do traçado (seguindo a direito em profundidade da zona do largo da Graça até ao Beco do Belo) para que o túnel termine abaixo do cota de soleira da Cerca Fernandina (minimizando assim a sua afetação). Desta forma, será possível retirar o equipamento sem afetar a muralha, estando previsto que, para tal, seja previamente construída uma estrutura de suporte sob a mesma. A partir desta zona, o trecho final, em vala aberta, é constituído por várias "secções" com características distintas, que permitem cumprir uma série de condicionantes, que obrigaram a adaptações no seu traçado em planta e no seu perfil.

A extensão total do traçado para a Alternativa TMSA2 é de 4 690 m, com aproximadamente 4 450 m correspondente à construção do túnel em profundidade e os restantes cerca de 240 m construídos à superfície. Nas figuras seguintes apresentam-se o traçado em planta e o perfil para a Alternativa TMSA2. No Anexo IV, apresentam-se as respetivas peças desenhadas, que incluem a implantação do traçado em planta e o perfil detalhado, entre o poço de entrada em Campolide e o local de descarga, em Santa Apolónia.

Figura 4.1-11 – Planta de implantação do traçado do TMSA, para a Alternativa TMSA2

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

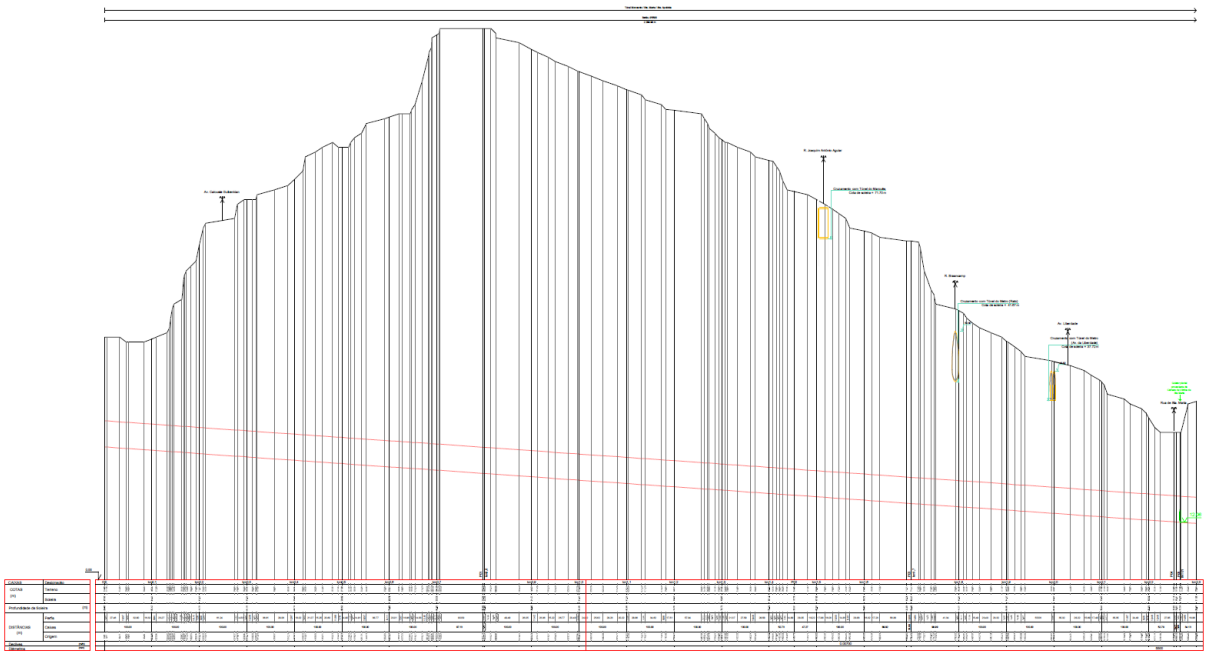


Figura 4.1-12 - Perfil do traçado da Alternativa TMSA2, entre Campolide e Santa Marta

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

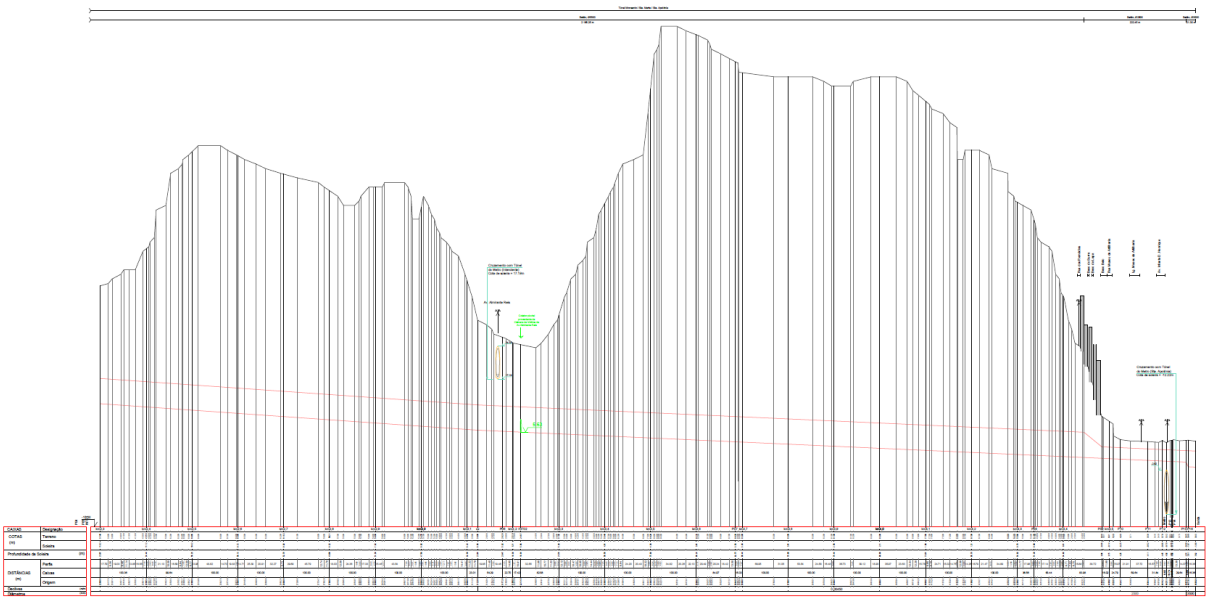


Figura 4.1-13 - Perfil do traçado da Alternativa TMSA2, entre Santa Marta e Santa Apolónia

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

Na Figura 4.1-14 apresenta-se, esquematicamente, o alargamento da secção final do TMSA. A geometria e implantação topográfica apresentadas resultam de diversos condicionalismos para além do património edificado e arqueológico, nomeadamente: cruzamento com o túnel do Metropolitano de Lisboa e as velocidades na secção de saída e cota de dragagem no meio recetor.

No que se refere ao cruzamento com o túnel do Metro a passagem da obra de saída sobre esta infraestrutura será constituída por uma secção retangular em "box culvert", de altura reduzida para assegurar um recobrimento mínimo admissível, bem como o afastamento ao próprio túnel do Metro.

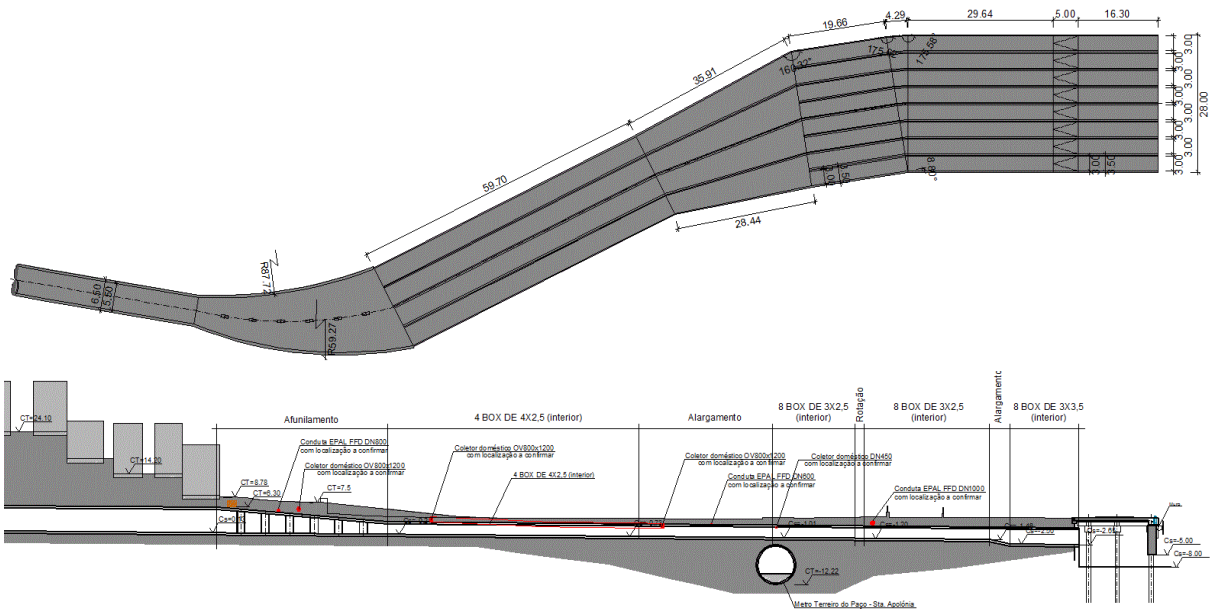


Figura 4.1-14 - Representação esquemática, em planta e perfil, do alargamento da secção final para a Alternativa TMSA2

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2016)

4.1.2 Túnel Chelas-Beato

O TCB destina-se a desviar o caudal da zona norte da bacia O até ao cruzamento da Estrada de Chelas com a Av. Santo Condestável, aliviando toda a rede para jusante a partir deste ponto e minimizando o risco de ocorrência de inundações que atualmente se registam com muita frequência na zona baixa de Chelas e Xabregas (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

No que se refere ao TCB, este foi dimensionado para ter a capacidade de escoar caudais superiores a 147 m^3/s gerados por eventos pluviosos com período de retorno de 100 anos, e atender às seguintes condicionantes principais (Consórcio Hidra/Engidro, 2016):

- cotas de soleira e traçados em planta dos Caneiros pluviais a desviar para o túnel na zona de Chelas, nomeadamente do Caneiro principal proveniente da Av. Estados Unidos da América, do Caneiro da Estrada de Chelas e do ovóide da Calçada da Picheleira;
- distância em planta em relação ao caminho-de-ferro, nomeadamente na zona de implantação da obra de entrada;
- atravessamentos sob a linha de caminho-de-ferro;
- traçado da Rua Amigos de Lisboa (zona de saída do túnel para Alternativas TCB1 e TCB4);
- cotas de soleira e traçados de infraestruturas existentes, sobretudo no troço final do túnel, zona do Beato, destacando-se, condutas de água da EPAL e infraestruturas de drenagem de águas residuais;
- cota de soleira de saída do túnel superior à cota batimétrica na zona de descarga (cota hidrográfica -7 m).

O túnel Chelas Beato tem cerca de 1.0 km a executar em profundidade e cerca de 300 m a serem executados em vala aberta. Tem um diâmetro interno de 5.5 m e uma inclinação de cerca de 0.5% em toda a sua extensão.

Para o traçado do TCB foram estudadas quatro alternativas, tendo-se optado pela Alternativa TCB4, com descarga na zona da Doca do Poço do Bispo, em concertação com as entidades consultadas e por esta permitir a minimização dos impactes, decorrente da evolução do projeto, face às condicionantes que foram sendo identificadas. Todas as alternativas têm em comum a zona de início do túnel, na Estrada de Chelas, variando o traçado a partir daí, assim como a zona de saída e a forma como se dá a descarga no rio, de modo a atenuar os efeitos nas atividades existentes (portuárias).

A montante do túnel será executada a obra de desvio dos Caneiros provenientes do Largo da Broma na Av. Santo Condestável, da Av. dos Estados Unidos da América e da Calçada da Picheleira para o TCB, que inclui um poço de grossos, gradagem e *by-pass* para desvio de grandes caudais. Em cada um dos ramos afluentes está prevista a construção de câmaras de desvio de caudal, para garantir que em tempo seco não há afluência de caudal residual doméstico ao túnel (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

Obra de desvio dos caneiros

A obra de entrada no túnel será executada na zona da interceção da Estrada de Chelas com a Calçada da Picheleira, nomeadamente no local de interceção de três Caneiros pluviais. Os referidos Caneiros correspondem a (Consórcio Hidra/Engidro, 2016):

- caneiro principal proveniente da Av. Estados Unidos da América, o qual a montante do desvio para o túnel se desenvolve ao longo do recinto do Quartel;
- caneiro da Estrada de Chelas;
- ovóide da Calçada da Picheleira.

A obra de entrada no túnel foi concebida por forma a assegurar que os caudais pluviais gerados nas bacias a montante transportados pelos Caneiros anteriormente referidos, fossem intercetados e encaminhados para o túnel a construir (dimensionado para caudais gerados por precipitações com período de retorno de 100 anos) (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

O desvio dos caudais domésticos será garantido a montante da referida intervenção por três câmaras de desvio de caudal, que garantirão o encaminhamento dos efluentes para a ETAR de Chelas. Independentemente das referidas câmaras de desvio de caudal, prevê-se a execução de uma caleira de fundo no início da obra de entrada do túnel, de forma a encaminhar para a ETAR de Chelas o caudal doméstico que possa não ter sido desviado nas câmaras de montante (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

Na obra de entrada, dada a característica das bacias a montante, foi igualmente considerada a retenção de material sólido de dimensões e densidades variadas, por forma a minimizar a descarga deste no rio Tejo (local de acostagem de navios). Essa retenção foi conseguida através do dimensionamento de um poço de grossos e da instalação de um sistema de gradagem a jusante deste poço, à semelhança do considerado para o TMSA (Consórcio Hidra/Engidro, 2016). Na figura seguinte apresenta-se de forma esquemática a obra de entrada do TCB.

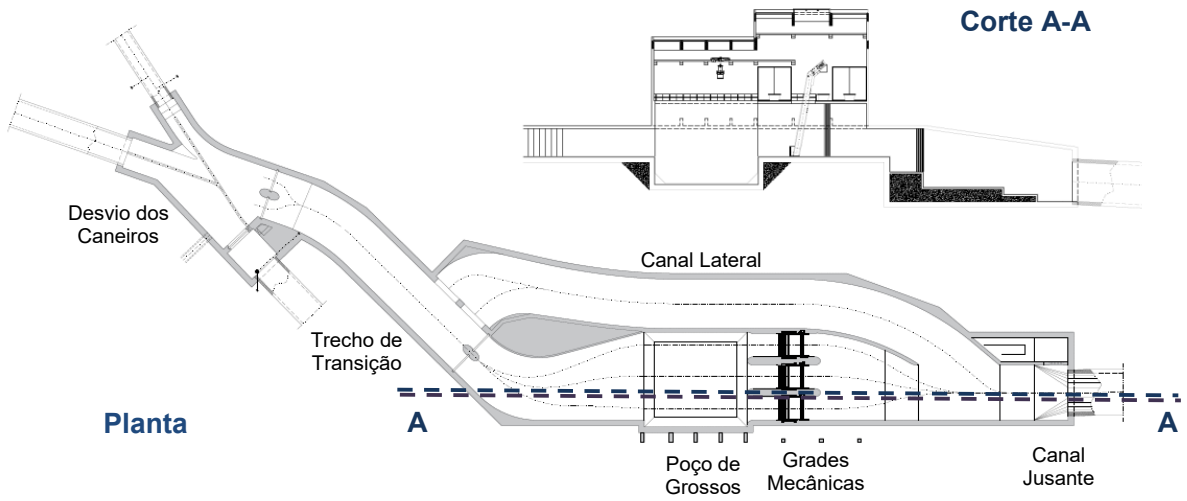


Figura 4.1-15 - Representação esquemática, em planta e corte, da obra de entrada

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2016)

O trecho de transição, o canal lateral e o canal de jusante terão uma secção retangular de acordo com o apresentado na figura anterior. À semelhança do previsto no caso do TMSA, a montante do poço de grossos, o trecho de transição sofre um alargamento de forma a garantir as velocidades de referência necessárias ao bom funcionamento do sistema de gradagem (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

As principais estruturas constituintes da obra de entrada são assim (Consórcio Hidra/Engidro, 2016):

- trecho de transição entre os Caneiros e o túnel;
- poço de grossos;
- descarregadores laterais;
- canal lateral;
- canal a jusante com quedas em degraus.

Como anteriormente referido, a obra de desvio dos Caneiros será executada na zona do cruzamento da Estrada de Chelas com a Calçada da Picheleira, sendo que o edifício de recolha de grossos será implantado num terreno adjacente à estrada de Chelas, no qual existem atualmente edifícios – armazéns – pelo que será necessário proceder a expropriações nalguns casos, enquanto que noutras situações prevê-se que seja apenas necessária a deslocação provisória dos edifícios (Consórcio Hidra/Engidro, 2016). A área de estaleiro e os edifícios a expropriar/deslocar encontram-se representados na Figura 4.2-3.

Câmaras de Desvio de Caudal - Chelas

Na zona de intervenção referente à obra de entrada do TCB, prevê-se a remodelação de três câmaras de desvio de caudal. Estas câmaras localizam-se a montante da entrada no túnel e correspondem à Câmara de Desvio de Caudal da Broma, Câmara de Desvio de Caudal do Quartel e Câmara de Desvio da Picheleira, apresentando-se nas figuras seguintes a sua localização. Cada câmara de desvio de caudal irá funcionar como descarregador permitindo que caudais inferiores ou iguais a três vezes o caudal de ponta de tempo seco sigam o seu curso para jusante através da rede existente, de forma a afluírem à ETAR de Chelas (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

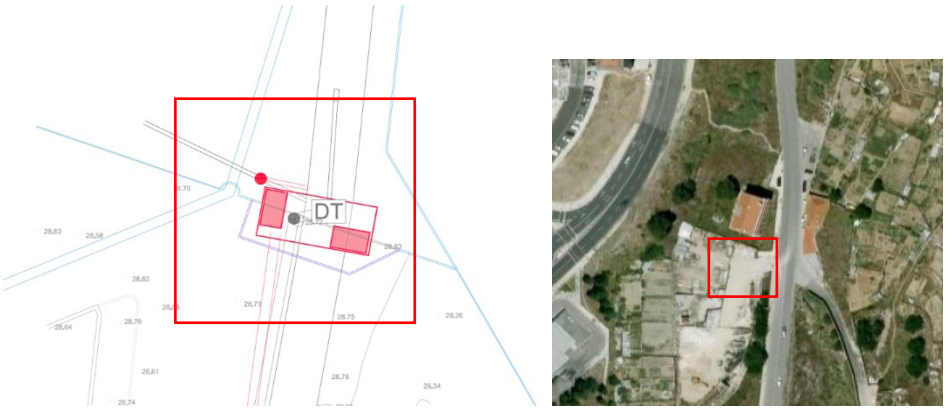


Figura 4.1-16 - Localização da câmara de desvio de caudal da Broma

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2016)

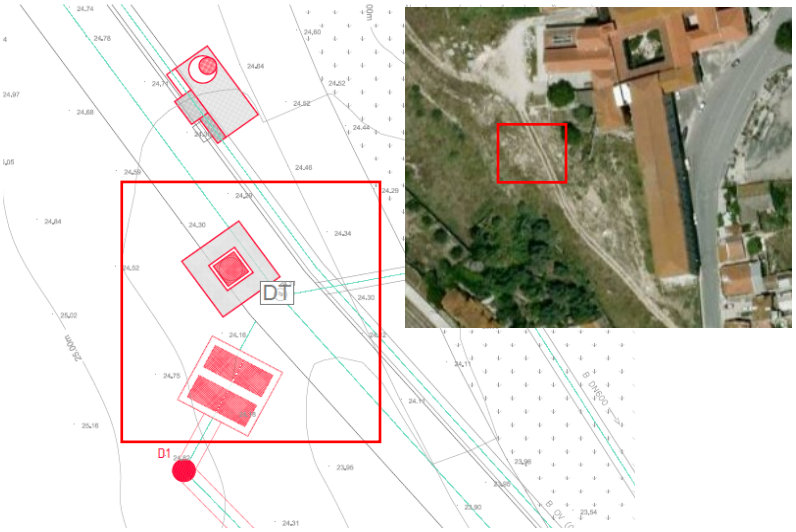


Figura 4.1-17 – Localização da câmara de desvio de caudal do Quartel.

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2016)

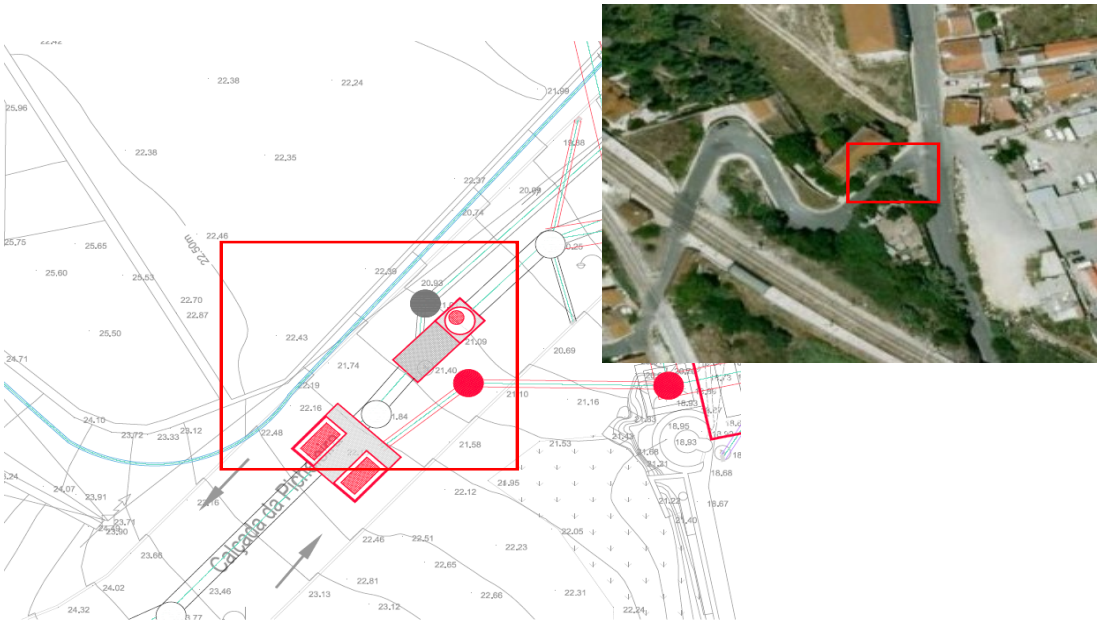


Figura 4.1-18 – Localização da câmara de desvio de caudal da Picheleira.

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2016)

Dada a gama de caudais de dimensionamento e as características de cada uma das câmaras de desvio de caudal e redes afluentes, optou-se pela instalação de válvula flutuadora no caso da câmara de desvio de caudal do Quartel e de válvulas do tipo vortex no caso das câmaras de desvio de caudal da Broma e da Picheleira (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

Na câmara de desvio de caudal do Quartel, por receber caudal proveniente de um Caneiro de maiores dimensões e com maior caudal, é prevista uma câmara para retenção de grossos a montante da válvula de flutuador, que permitirá reter eventuais materiais sólidos de dimensões e peso significativos. Nas restantes câmaras, preconiza-se a instalação de grades manuais para recolha de detritos e para proteção das válvulas vortex (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

A implantação e a conceção das câmaras foram condicionadas sobretudo pelos traçados e características das infraestruturas existentes, sobretudo dos Caneiros unitários e das câmaras de desvio existentes (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

Refere-se ainda que ao nível de intervenções na rede de drenagem de águas residuais domésticas, está previsto o desvio do intercetor de Chelas na zona de construção da obra de entrada do túnel (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

Câmaras de Desvio de Caudal - Beato

Na zona de saída e descarga do TCB, prevê-se a remodelação da rede de drenagem na Rua Amigos de Lisboa e na Rua do Açúcar. Estas intervenções contemplam a substituição das duas câmaras de desvio de caudal existentes na Rua Amigos de Lisboa e na Rua José Domingos Barreiros, por uma única câmara de desvio. A rede de drenagem será reformulada de forma a encaminhar para a nova câmara de desvio quer o coletor que drena a Rua dos Amigos de Lisboa, quer o coletor que drena a Rua José Domingos Barreiros. A câmara de desvio de caudal proposta será implantada no cruzamento da Rua dos Amigos de Lisboa com a Rua do Açúcar, de acordo com localização apresentada na figura seguinte (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

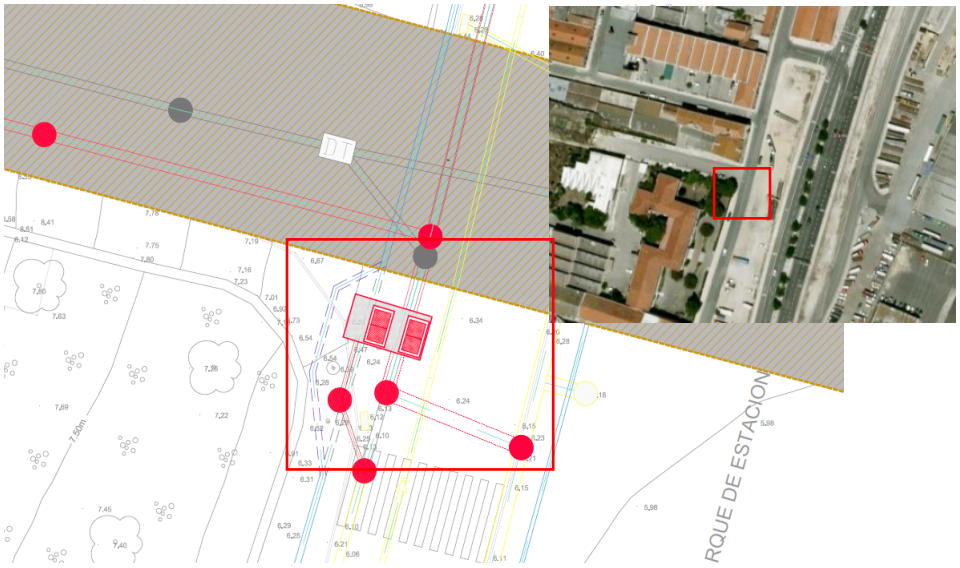


Figura 4.1-19 – Localização da câmara de desvio de caudal da Rua Amigos de Lisboa.

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2016)

A câmara de desvio de caudal irá funcionar como descarregador permitindo que caudais inferiores ou iguais a 3 vezes o caudal de ponta de tempo seco sigam o seu curso para jusante através da rede doméstica existente. Dado o caudal de dimensionamento e as características da câmara de desvio de caudal e redes afluentes, optou-se pela instalação de válvula de controlo de caudal do tipo vortex. Na câmara preconiza-se ainda a instalação de grade para recolha de detritos e para proteção das válvulas vortex (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

A implantação e a conceção da câmara foram condicionadas sobretudo pelos traçados e características das redes de drenagem existentes (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

Obra de Saída do Túnel e Descarga no Rio

No caso do TCB, a obra de saída, na zona do Beato, apresentou igualmente algumas condicionantes, das quais se destaca os edifícios existentes na zona do Porto de Lisboa e as atividades existentes no estuário do Tejo. Tal levou a que fossem consideradas diferentes alternativas, que apresentam também condicionantes particulares no estabelecimento do seu traçado (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

Por outro lado, o perfil foi ajustado de forma a garantir não só que a cota de soleira da saída fosse superior à cota de batimetria do rio no local da descarga, como garantir um recobrimento mínimo que permitisse efetuar os atravessamentos sob as condutas de abastecimento de água e outras infraestruturas existentes (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

Na zona de descarga no estuário do Tejo dá-se um alargamento da secção de forma a limitar as velocidades de escoamento. Esta limitação é importante de forma a reduzir a perturbação na potencial operação de navios de transporte de mercadorias na zona. Assim, privilegiou-se a minimização dos potenciais efeitos que a descarga no rio possa ter nas infraestruturas da APL, que se reflete na solução adotada na zona de descarga que é realizada em profundidade e com alargamento da zona final. A saída foi ainda direcionada no sentido da vazante, de forma a minimizar os efeitos que teria uma descarga perpendicular ao meio recetor, e a limitar a sedimentação que pudesse ocorrer no interior do difusor (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

Como referido, a partir da zona de Chelas, para jusante, o traçado do túnel e local de descarga variam consoante a alternativa em estudo. De seguida apresenta-se uma descrição mais detalhada para cada alternativa, incluindo o respetivo traçado, em planta e perfil, sendo as peças desenhadas disponibilizadas no Anexo IV.

4.1.2.1 Alternativa TCB1 (alternativa de base)

A solução considerada é o traçado previsto e proposto no PGDL. Na sua fase final a saída ocorre numa zona onde existe atividade portuária. O TCB tem início perto do cruzamento da Estrada de Chelas com a Calçada da Picheleira e termina no alinhamento com a Rua Amigos de Lisboa. A extensão total do traçado para a Alternativa TCB1 é de 1 390 m, com aproximadamente 1 070 m correspondente à construção do túnel em profundidade e os restantes cerca de 320 m construídos à superfície. Na Figura 4.1-20 apresenta-se a implantação do traçado em planta para a Alternativa TCB1.

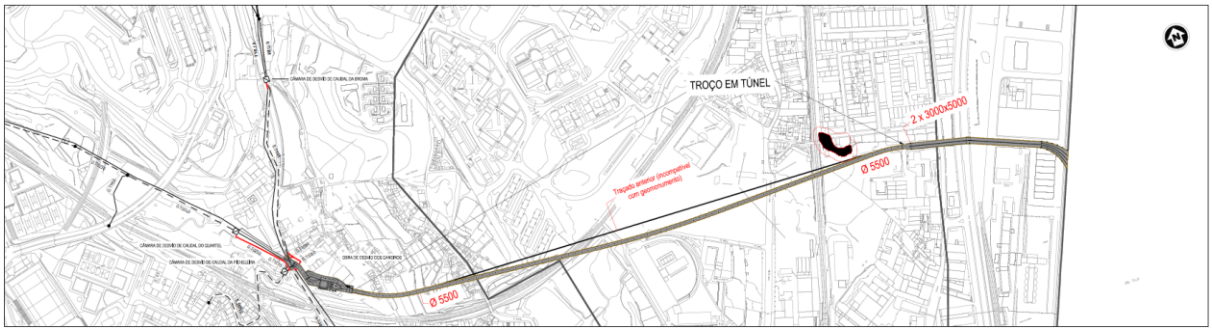


Figura 4.1-20 – Planta de implantação do traçado para a Alternativa TCB1

Fonte: Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

No caso da Alternativa TCB1, o traçado em planta do troço final teve como principais condicionantes o alinhamento da Rua Amigos de Lisboa, onde será executada a obra de saída do túnel, assim como os edifícios existentes na zona do Porto de Lisboa, na qual será executado o troço final do Túnel e a obra de descarga no Rio.

A zona de saída apresenta, igualmente, algumas condicionantes do ponto de vista da descarga no rio, uma vez que o ponto de descarga se localiza numa área concessionada pela APL onde atracam navios, pelo que foram desenvolvidas soluções de descarga que mitigam os efeitos sobre os navios que possam atracar ou estar atracados no porto.

A zona de descarga no rio dá-se na zona do Terminal Multiusos do Poço do Bispo (TMPB), no alinhamento da Rua Amigos de Lisboa. Nesta zona dá-se um alargamento da secção de forma a limitar as velocidades de escoamento. Esta limitação é importante dado que há operação de navios de transporte de mercadorias nesta zona, pelo que se tentou minimizar o efeito que a descarga no rio possa ter nas infraestruturas da APL. A saída foi ainda direcionada no sentido da vazante, de forma a minimizar os efeitos que teria uma descarga perpendicular à zona de acostagem de navios, e a limitar a sedimentação que possa ocorrer no interior do difusor.

Como já referido, apesar de se ter previsto uma saída no rio com velocidades reduzidas (inferiores a 2 m/s), a APL apresentou reservas quanto a esta solução.

A Figura 4.1-21 apresenta, para a Alternativa TCB1, a planta de implantação da obra de saída do túnel e da obra de descarga relativamente às infraestruturas da APL.

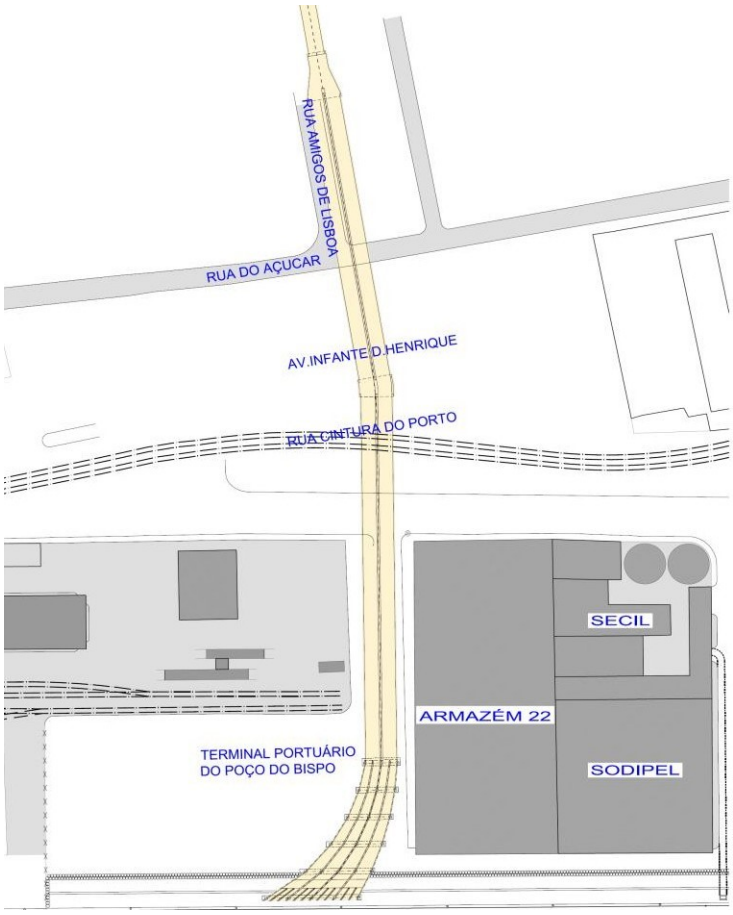


Figura 4.1-21 - Planta de implantação da obra de saída do túnel e descarga no rio em terreno da APL, para a Alternativa TCB1

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2016)

A obra de transição entre o túnel, cujo diâmetro interior é de 5.5 m e a secção de saída, é feita em vala aberta e tem inicialmente duas quedas, com um desnível semelhante de cerca de 1 m, prolonga-se durante cerca de 15 m fazendo a transição de secção para dois box-culverts com dimensões de 3m x 5m. A secção formada por estes dois box-culverts prolonga-se durante aproximadamente 238 m, sendo interrompida numa pequena extensão por uma câmara de mudança de direção, como indicado na Figura 4.1-22. Nos últimos 60 m dá-se uma transição suave desta secção para uma com cerca de 30 m de largura.

Refere-se ainda que na Rua do Açúcar e na Av. Infante D. Henrique a secção do túnel cruza infraestruturas da AdLVT e da EPAL, que teriam de ser desviadas.

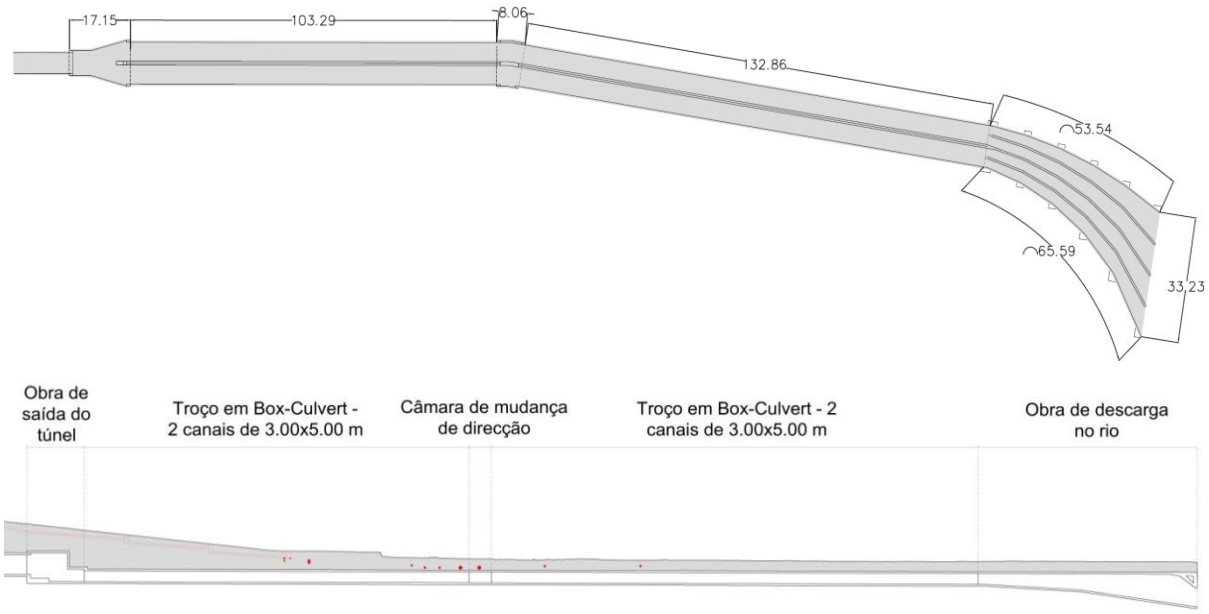


Figura 4.1-22 – Planta e perfil longitudinal da obra de saída do túnel e obra de descarga no Rio, para Alternativa TCB1

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2016)

4.1.2.2 Alternativa TCB2 (não selecionada)

Esta alternativa iniciando-se no mesmo local em Chelas, para evitar a afetação da zona com atividade portuária junto ao Beato, efetua desde logo o desvio em profundidade na direção da Azinhaga Planeta, passando a nascente da Calçada do Grilo e atravessando perpendicular à Calçada Dom Gastão. Após passagem, ainda em profundidade, pela Calçada Dom Gastão, dá-se o inicio do troço em vala, vindo à superfície na zona prevista para a terceira travessia do Tejo.

A extensão total do traçado para a Alternativa TCB2 é de 1 680 m, com aproximadamente 1 380 m correspondente à construção do túnel em profundidade e os restantes cerca de 300 m construídos à superfície. A Figura 4.1-23 mostra a implantação do traçado em planta para a Alternativa TCB2.

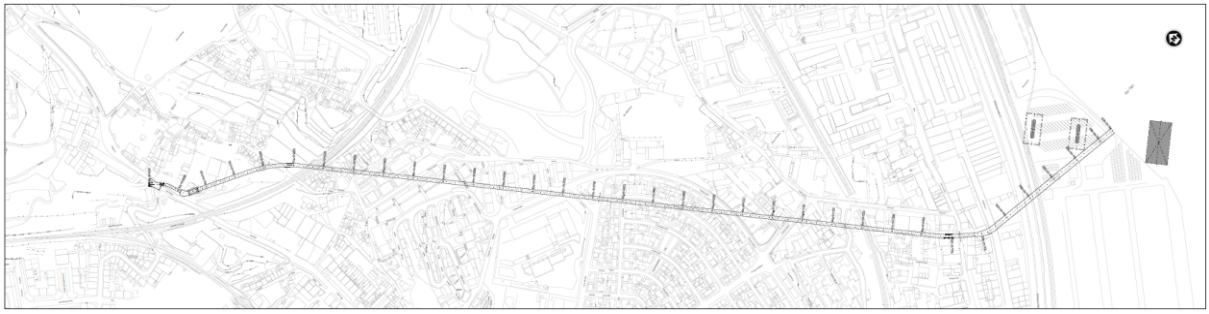


Figura 4.1-23 – Planta de implantação do traçado para a Alternativa TCB2

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

4.1.2.3 Alternativa TCB3 (não selecionada)

Esta alternativa iniciando-se no mesmo local em Chelas, de igual modo, para evitar a afetação da zona com atividade portuária, efetua desde logo o desvio em profundidade na direção da Azinhaga Planeta, passando a poente da Calçada do

Grilo e atravessando perpendicular a Rua do Grilo. A vinda do túnel à superfície acontece depois da passagem do Convento do Grilo e logo após a Rua do Grilo, vindo à superfície na zona que estava prevista para a terceira travessia do Tejo.

A extensão total do traçado para a Alternativa TCB3 é de 1 640 m, com aproximadamente 1 330 m correspondente à construção do túnel em profundidade e os restantes cerca de 310 m construídos à superfície. A Figura 4.1-24 mostra a implantação do traçado em planta para a Alternativa TCB3.

Figura 4.1-24 – Planta de implantação do traçado para a Alternativa TCB3

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

4.1.2.4 Alternativa TCB4 (alternativa selecionada e desenvolvida em projeto)

Para a Alternativa TCB4 o traçado tem início perto do cruzamento da Estrada de Chelas com a Calçada da Picheleira e segue em profundidade ligeiramente mais a sul (comparativamente ao traçado da Alternativa TCB1) para passar mais afastado do geomonumento da Rua Capitão Leitão, localizado antes da Rua Amigos de Lisboa, onde inflete para norte para efetuar a saída junto à Doca do Poço do Bispo, numa zona menos usada portuariamente.

A montante do túnel será executada, à semelhança do proposto para as restantes alternativas, a obra de desvio dos Caneiros provenientes do Largo da Broma na Av. Santo Condestável, da Av. dos Estados Unidos da América e da Calçada da Picheleira para o TCB, que inclui um poço de grossos, gradagem e by-pass para desvio de grandes caudais. Em cada um dos ramos afluentes está prevista a construção de câmaras de desvio de caudal, para garantir que em tempo seco não há afluência de caudal residual doméstico ao túnel.

No caso da Alternativa TCB4, o traçado em planta do troço final pretende dar resposta às condicionantes identificadas para o traçada da Alternativa TCB1, tendo como principais condicionantes o alinhamento da Rua Amigos de Lisboa, onde será executada a obra de saída do túnel, assim como os edifícios existentes na zona do Porto de Lisboa e as atividades existentes no estuário do Tejo. Adicionalmente, o traçado considera também o património geológico na envolvente, tendo sido ajustado na parte final do troço em profundidade, antes de chegar à Rua Amigos de Lisboa.

A extensão total do traçado para a Alternativa TCB4 é de 1 570 m, com aproximadamente 1 070 m correspondente à construção do túnel em profundidade e os restantes cerca de 500 m construídos à superfície. Tem um diâmetro interno de 5.5 m e uma inclinação de cerca de 0.5% em toda a sua extensão. O traçado em planta e o perfil para a Alternativa TCB4 apresentam-se na Figura 4.1-25 e na Figura 4.1-26, respetivamente, sendo as peças desenhadas correspondentes disponibilizadas no Anexo IV.

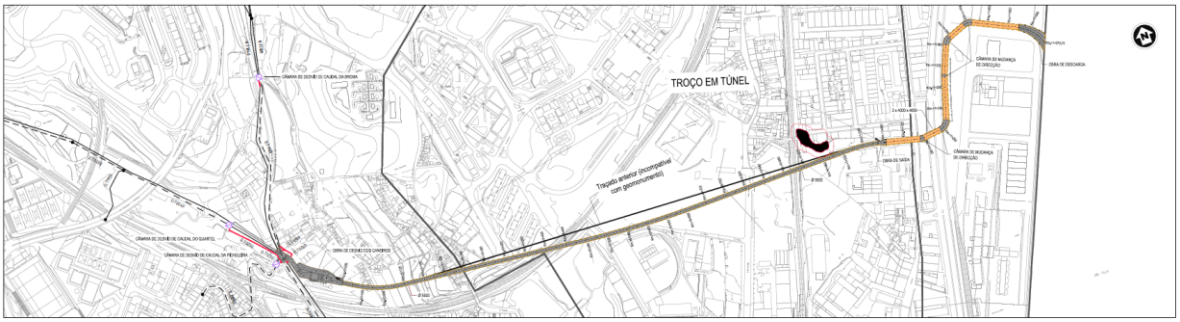


Figura 4.1-25 – Planta de implantação do traçado para a Alternativa TCB4

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

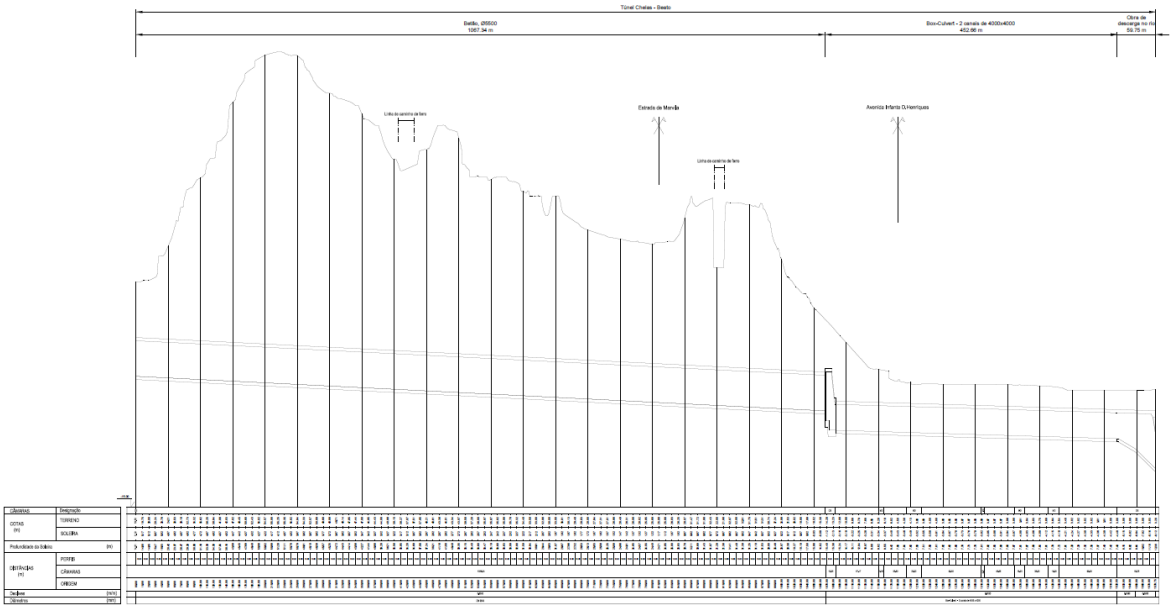


Figura 4.1-26 - Perfil do traçado da Alternativa TCB4

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

Após o final do túnel a obra segue com uma secção a executar *in situ* composta por dois elementos iguais colocados lado a lado, com dimensões unitárias de 4.0 m x 4.0 m, com uma inclinação de 0.3%. A descarga final do túnel no rio Tejo faz-se por meio de um difusor, que se desenvolve *grosso modo* ao longo dos últimos 50 m do traçado, culminando numa secção de cerca de 30.0 m x 5.0 m.

O perfil foi ajustado de forma a garantir não só que a cota de soleira da saída fosse superior à cota de batimetria do rio nesse local, como garantir um recobrimento mínimo que permita efetuar os atravessamentos sob as condutas de abastecimento de água e outras infraestruturas existentes (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

A zona de descarga no rio, como referido anteriormente, dá-se na zona da Doca do Poço do Bispo. Nesta zona dá-se um alargamento da secção de forma a limitar as velocidades de escoamento. Esta limitação é importante dado que há operações de transporte de mercadorias nesta zona, pelo que se tentou minimizar o efeito que a descarga no rio possa ter nas infraestruturas da APL (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

A saída foi ainda direcionada no sentido da vazante, de forma a minimizar os efeitos que teria uma descarga perpendicular à zona de acostagem de embarcações, e a limitar a sedimentação que pudesse ocorrer no interior do difusor (Consórcio Hidra/Engidro, 2016).

A Figura 4.1-27 apresenta a planta de implantação da obra de saída do túnel e da obra de descarga relativamente às infraestruturas da APL.

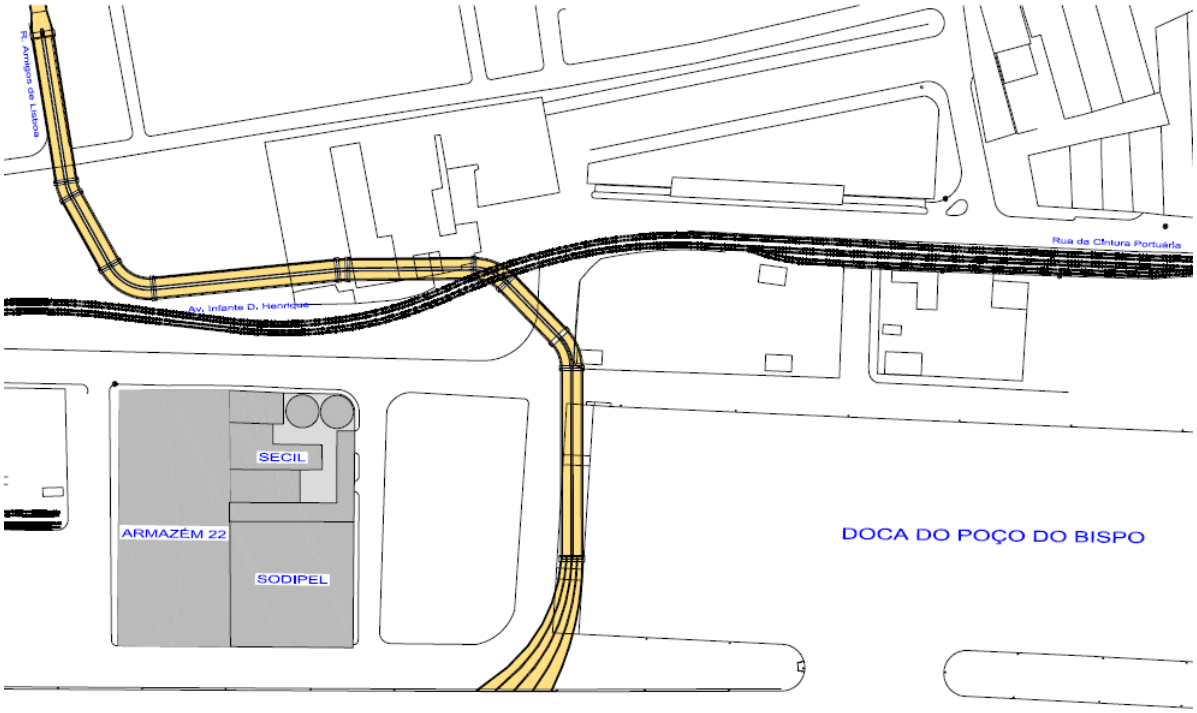


Figura 4.1-27 – Planta de implantação da obra de saída do túnel e descarga no rio em terreno da APL

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2016)

Para além do alargamento na direção horizontal, previu-se um estreitamento vertical na zona de saída, bem como uma cunha no topo desta secção, de forma a forçar o escoamento a sair o mais fundo possível, para que se possa tirar o máximo partido da difusão vertical do escoamento, que é uma componente essencial para limitar as velocidades. A solução descrita é apresentada em planta e perfil na Figura 4.1-28.

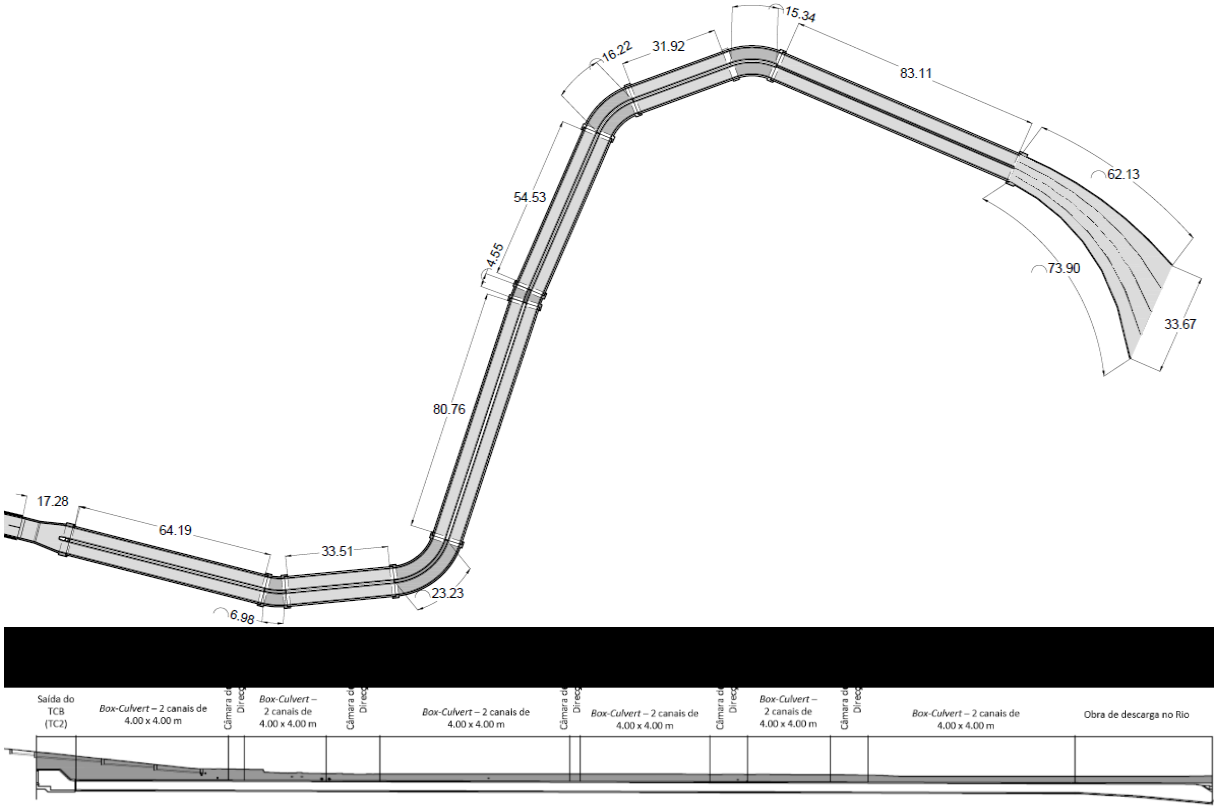


Figura 4.1-28 – Planta e perfil longitudinal da obra de saída do túnel e obra de descarga no Rio

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2016)

Refere-se ainda que na Rua do Açúcar e na Av. Infante D. Henrique a secção do túnel cruza infraestruturas da AdLVT e da EPAL, que serão desviadas.

As ações a realizar para cada um dos elementos anteriormente referidos, previstos nesta fase de Estudo Prévio, são sistematizadas seguidamente.

4.2 FASE DE CONSTRUÇÃO

4.2.1 Frentes de obra

Durante a fase de construção, as principais frentes de obra são:

- fabrico de aduelas para os túneis (no caso de se optar pela tuneladora como método construtivo a utilizar na escavação dos túneis);
- TMSA:
  - obra de entrada;
  - descarregador em Santa Marta;
  - descarregador na Av. Almirante Reis;
  - obra de saída.
- TCB:
  - obra de entrada;
  - obra de saída.

4.2.2 Principais atividades da fase de construção

De acordo com as frentes de obra referidas, a fase de construção abrange um conjunto de atividades que se iniciam com a consignação do local, instalação dos estaleiros, várias atividades construtivas, terminando nos acabamentos e enquadramento paisagístico com a receção da obra. Seguidamente identificam-se as principais atividades, tendo presente que se parte do pressuposto que se irá utilizar tuneladora como método de escavação ao longo da maior parte do traçado do túnel, em especial, no de maior comprimento. No entanto, se tal vier a ser proposto pelo adjudicatário e aceite no concurso, o método poderá ser diferente (por exemplo, NATM) devendo, nesse caso, as principais atividades ser adaptadas a esse método construtivo.

- reorganização de tráfego (Z1 a Z6);
- instalação do estaleiro: assegura o apoio a toda a obra e inclui a delimitação do local (ocorre com maior ou menor dimensão em todas as zonas (Z1 a Z6));
- preparação do terreno:
  - movimentação de terras;
  - remoção de camada de desgaste (Z2, Z3, Z4 e Z6);
  - abertura de poço.
- infraestruturas de apoio: Instalação ou renovação da rede elétrica e da rede de abastecimento de água, efluentes e resíduos, entre outros;
- transporte do equipamento de escavação para Z1 e Z5;
- montagem da Tuneladora (Z1 e Z5);
- fabrico de aduelas (Figura 4.2-1);

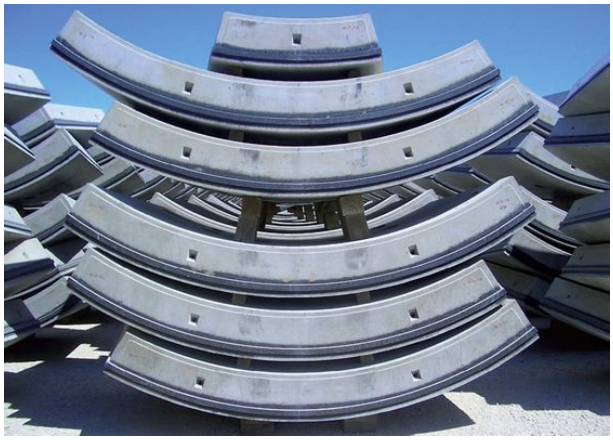


Figura 4.2-1 - Aduelas para construção do túnel (no caso de se optar por tuneladora)

Fonte: (Nakamura, 2013)

- transporte das aduelas (se local de produção diferente de Z1 e Z5);
- armazenamento das aduelas (Z1 e Z5);
- armazenamento de materiais e combustível;
- operação da tuneladora (escavação e montagem automática das aduelas) (T1 e T2);
- transporte: saída de terras e entrada de materiais e combustíveis (Z1 e Z5 e T1 e T2);
- colocação de infraestruturas nos túneis aproveitando as baquetas laterais simétricas (Figura 4.1-2) que permitirão transportar outras infraestruturas, como cabos de telecomunicação, condutas de água e eventualmente de condutas de água residual tratada (T1 e T2);

- desmontagem da tuneladora (Z4 e Z6);
- construção dos poços e estruturas (Z2, Z3, Z4, Z6);
- construção de túnel a céu aberto (Z4, Z5 e Z6);
- construção de zona de descarga terrestre dos troços a céu aberto – cut and cover (Z4 e Z6);
- construção de parede defletora na descarga em Santa Apolónia (Pilares);
- transporte dos materiais para os estaleiros e frentes de obra (Z1 a Z6);Reposição dos acessos terrestres (Z1 a Z6);
- acabamentos e enquadramento paisagístico (Z1 a Z6).

4.2.3 Principais cargas resultantes da fase de construção

Os materiais para construção do túnel (por exemplo, para fabrico de aduelas, caso se venha a confirmar ser esse o método de construtivo), dependem essencialmente do método de construção a adotar pelo empreiteiro, pelo que as respetivas quantidades e cargas associadas deverão ser detalhadas em projeto de execução. Os volumes de materiais escavados associados às diferentes ações da fase de construção deverão, igualmente, ser precisados em Projeto de Execução. No entanto, considerando as características dos túneis e troços em vala apresentados nesta fase do projeto, para a execução da globalidade do traçado dos túneis espera-se que os materiais escavados provenientes destas atividades sejam na ordem dos volumes apresentados no Quadro 4.2-1.

Para cada zona é também referido o período estimado em que as intervenções ocorrem, prevendo-se que as atividades sejam executadas de forma faseada, podendo ocorrer em paralelo ou em períodos distintos.

Quadro 4.2-1 – Material escavado previsto decorrente da execução dos túneis e troços em vala projetados

Túnel	Período estimado (meses)	Local saída de terras	Quantidade de material escavado (m^3)
Túnel Monsanto-Santa Apolónia	20 a 24 meses	Zona 1 (Campolide)	134 000 m^3
	9 a 12 meses	Zona 4 (Santa Apolónia)	18 000 m^3
Túnel Chelas-Beato	6 a 8 meses	Zona 5 (Chelas)	32 000 m^3
	9 a 12 meses	Zona 6 (Beato)	22 000 m^3

Os volumes escavados para execução das obras de entrada (Campolide e Chelas) nesta fase de estudo prévio não estão completamente definidos, abrangendo a escavação do poço de ataque e regularização dos terrenos na envolvente, sendo dependentes dos equipamentos a utilizar pelo empreiteiro (valores não incluídos nas quantidades apresentadas no quadro acima, sendo sempre significativamente inferiores aos dele constantes).

Durante a fase de construção são produzidos efluentes pelos trabalhadores, bem como resíduos e emissões atmosféricas relacionadas com o desenvolvimento da obra, como:

- resíduos de construção e demolição (RCD), vulgarmente designados produtos segregados, correspondentes aos resíduos originados na frente de obra, que apresentam uma composição variável, sendo essencialmente constituídos por elementos de ferro, restos de tubagem, pré-fabricados de betão, tubos e peças em aço,

madeiras, plásticos, bem como terras escavadas ou outros resíduos provenientes da limpeza do terreno, entre outros;

- águas residuais domésticas dos estaleiros;
- resíduos equiparáveis a resíduos sólidos urbanos (RSU) (estaleiros);
- resíduos resultantes da manutenção das máquinas/viaturas;
- eventuais derrames de produtos químicos (lubrificantes, combustível, tintas) e da água de lavagem das caleiras das betoneiras;
- gases e poeiras provenientes da circulação dos veículos e funcionamento de maquinaria;
- fugas de gases de refrigeração (equipamentos de ar condicionado do estaleiro);
- ruído das ações e equipamentos utilizados nas várias atividades;
- óleos usados provenientes dos sistemas hidráulicos e fluidos dos travões dos veículos e equipamentos utilizados;
- embalagens, absorventes, materiais filtrantes e vestuário de proteção não especificada utilizado na obra.

No Subcapítulo 5.13, aquando da avaliação de impactes relativa à Gestão dos Resíduos do Sistema, são apresentadas as principais tipologias de resíduos resultantes das ações descritas anteriormente, agrupadas conforme a sua classificação na Lista Europeia de Resíduos, sendo identificados pelo respetivo código.

No referente à fase de construção os resíduos deverão ser separados, tratados e acomodados dentro do perímetro do estaleiro e encaminhados para destino final por agente licenciado para o efeito. No que respeita à quantidade de resíduos produzidos por tipologias de resíduos apresentadas, bem como as condições e locais de armazenamento, serão precisados em fase de Projeto de Execução.

Na fase de construção deverá ser proposto um Plano de Gestão de Resíduos de Construção e Demolição, nas condições expressas da legislação existente atualmente, em fase de Projeto de Execução. Em vigor está o Decreto-Lei n.º 46/2008, de 12 de Março e no modelo publicado pela APA, que contempla os tipos de resíduos esperados, as condições de armazenamento, que se prevê temporário, transporte e o seu destino final. A estimativa dos RCD depende da tipologia de solução, pelo que esta abordagem será efetuada posteriormente em fase de Projeto de Execução.

A águas residuais (domésticas, águas pluviais contaminadas e de lavagens) provenientes dos estaleiros, na fase de construção, serão encaminhadas para operadores licenciados, de acordo com a sua tipologia. Os efluentes líquidos equivalentes a urbanos serão encaminhados para a rede de drenagem de saneamento existente no local, os restantes serão encaminhados para tanques ou fossas estanques (em zonas localizadas) e, no geral, reencaminhados para tratamento em instalações de operador licenciado. Esta abordagem será igualmente precisada em fase de projeto de execução.

As emissões atmosféricas durante a fase de construção resultarão essencialmente da circulação de veículos e equipamentos envolvidos nas atividades aí constantes, nomeadamente em vias não pavimentadas, das operações de movimentações de terras e das operações de construção dos edifícios, dos caminhos e vias de acesso.

Todas estas atividades são responsáveis pela emissão de partículas em quantidades significativas e pela emissão de poluentes atmosféricos característicos do tráfego rodoviário pesado – óxidos de azoto, hidrocarbonetos e dióxido de enxofre, entre outros. As operações de construção são também responsáveis pela emissão de compostos orgânicos voláteis (COV).

Relativamente às fontes de produção de ruído e de vibração, estas terão origem nas ações de construção das novas infraestruturas, bem como na circulação de veículos e funcionamento de maquinaria na obra.

No que respeita ao consumo de água, como mais relevante destaca-se: o consumo na fábrica de produção de aduelas e na execução do túnel, bem como, em escala mais reduzida, o consumo dos trabalhadores. Estes valores dependem da solução a adotar, a ser definida em fase de projeto de execução.

O horário de trabalhos previsto para a realização das obras estima-se superior ao horário de expediente (8-12h e das 13h-17h) devendo ser precisado em fase de projeto de execução, de acordo com o método construtivo adotado e faseamento das intervenções previstas. Caso este horário seja previsivelmente alargado devem ser asseguradas as condições para ter a licença especial do ruído.

O calendário da fase de construção previsto é de 36 a 40 meses para a empreitada total.

Para o TMSA estima-se que a construção do troço em profundidade decorra num período de 20 a 24 meses (T1, Z1 a Z3), entre Campolide e Santa Apolónia e 9 a 12 meses para construção do troço em vala em Santa Apolónia (Z4). Nas zonas com intervenções à superfície (Z2 e Z3), para construção dos poços de ligação, prevê-se que os trabalhos decorram durante igualmente num período entre 9 a 12 meses. Algumas das intervenções referidas poderão ocorrer em simultâneo.

Para o TCB prevê-se que a execução da obra de entrada (Z5) e construção do troço em profundidade (T2) decorra num período estimado de 6 a 8 meses e 9 a 12 meses para construção do troço em vala a jusante (Z6). Algumas das intervenções referidas poderão ocorrer em simultâneo.

Refira-se que a escavação do TCB pode ocorrer em paralelo ou após a execução do TMSA, dependendo do empreiteiro e do método selecionado.

4.2.4 Estaleiro

Durante a fase de obra, prevê-se a existência de estaleiros principais em Campolide (Z1) e Chelas (Z5) sendo os mesmos potencialmente instalados nas áreas de intervenção ou junto destas.

Para a zona de Campolide, no caso do TMSA, prevê-se um arruamento entre a Rua de Campolide e a obra de desvio do Caneiro (Figura 4.2-2), para facilitar o acesso à maquinaria das obras e aos camiões que irão futuramente retirar os contentores que acumulam o material sólido dos poços de grossos e o material gradado nas grades previstas.

Figura 4.2-2 - Acesso a reabilitar para a frente de obra em Campolide

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2016)

Para o TCB, o estaleiro principal será localizado na Zona 5, junto à Estrada de Chelas. Na zona será executada a obra de desvio dos Caneiros na zona do cruzamento da Estrada de Chelas com a Calçada da Picheleira, sendo que o edifício de recolha de grossos será implantado num terreno adjacente à Estrada de Chelas, no qual existem atualmente edifícios, nomeadamente armazéns. Dada a localização desses edifícios, será necessário proceder a expropriações nalguns casos, enquanto que noutras situações prevê-se que seja apenas necessária a deslocação provisória dos edifícios. A área de estaleiro e os edifícios a expropriar/deslocar encontram-se representados na figura seguinte.

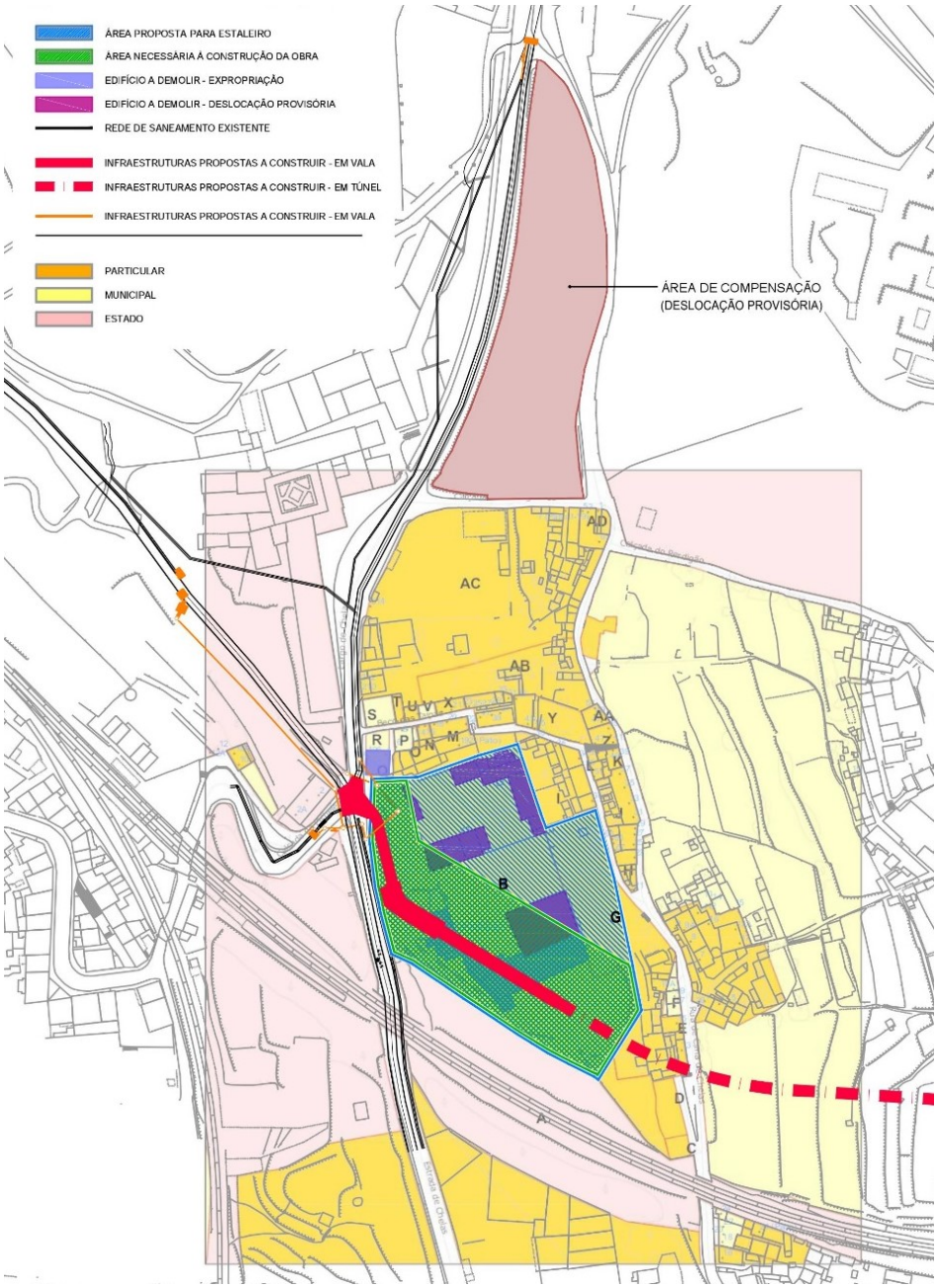


Figura 4.2-3 - Localização da área de estaleiro para o desvio dos Caneiros e troço em vala e edificado a expropriar, na Zona 5, em Chelas

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2016)

De referir ainda os estaleiros a instalar na zona de Santa Apolónia e na zona do Beato que correspondem aos locais onde são executadas as obras de saída do TMSA e TCB, respetivamente. Por este motivo, estes apresentam características que importa considerar e precisar em fase de Projeto de Execução, definindo atempadamente a sua localização.

Nos restantes locais com intervenções à superfície prevê-se também a existência de estaleiros de apoio, embora de menores dimensões. A sua localização exata e áreas afetadas pelos mesmos carecem também de especificação em fase de Projeto de Execução, com a respetiva apresentação em planta do local de implantação, bem como dos locais destinados ao armazenamento dos diferentes materiais e realização de operações de manutenção da maquinaria afeta à obra.

Nos casos em que os estaleiros sejam instalados em locais não impermeabilizados, na instalação das zonas de estaleiro que potencialmente possam levar à contaminação dos solos, essa instalação não deverá ser realizada em contacto direto com o solo, recomendando-se a utilização de uma base (geopolímero) que, não evitando diretamente a ocorrência de possíveis derrames, previne a contaminação que pode advir destes, bem como limita as ações a realizar para recuperação dos locais após a sua desinstalação.

As atividades a realizar nos estaleiros perspetivam-se ser no âmbito de armazenamento de materiais, parqueamento de maquinaria, bem como zona de escritório associado às zonas de obra.

4.2.4.1 Estaleiro para fabrico de aduelas

No pressuposto de que o método de escavação selecionado possa vir a ser a tuneladora, à semelhança do que se verificou em obras precedentes, prevê-se que o fabrico das aduelas possa ocorrer na zona de expansão do Cemitério de Carnide, no entanto a localização e características das atividades a realizar no local deverão ser detalhadas em fase de Projeto de Execução.

4.2.5 Acesso à obra em fase de construção

Dada a tipologia e dimensão de projeto, o transporte de materiais será realizado por veículos pesados essencialmente associados ao transporte de material para construção dos túneis e transporte de terras provenientes da sua execução. A proveniência dos materiais, assim como a forma de armazenagem e transporte, bem como os respetivos horários, serão precisadas em fase de Projeto de Execução.

Face aos volumes identificados anteriormente, poderá ser necessário prever o transporte de um volume empolado em função da descompressão do maciço. Esse valor estima-se em 10 a 30% do volume escavado. Deste modo, para um nível de empolamento de 20 %, prevê-se que os materiais provenientes da execução dos túneis que será necessário transportar possam atingir uma volumetria de aproximadamente 182 000 m^3 para o TMSA e 65 000 m^3 para o TCB. De acordo com os volumes referidos estima-se que seja originado um fluxo de tráfego máximo de 4 camiões/hora (variável no entanto em função da capacidade de carga dos camiões e atividades programadas) correspondente às zonas de Campolide (Z1) e Chelas (Z5), sendo este valor variável para as diferentes zonas consoante a dimensão dos troços a executar e período de duração das intervenções.

Em termos de acessos aos locais com intervenções, consideram-se diferentes opções no que respeita às principais vias rodoviárias utilizadas. Consoante as zonas intervencionadas, destacam-se:

- Campolide (Z1): Eixo Norte-Sul
- Santa Apolónia (Z4): Avenida Infante Dom Henrique
- Chelas (Z5): Estrada de Chelas

- Beato (Z6): Avenida Infante Dom Henrique

4.3 FASE DE OPERAÇÃO

As atividades previstas na fase de operação incluem o funcionamento e manutenção dos túneis e poços e abrangem, de forma muito reduzida, a circulação de veículos, consumo de materiais, energia e água. Seguidamente identificam-se as principais atividades:

- Presença física de pessoal e equipamento da operação e manutenção dos túneis;
- Presença física de pessoal e equipamento da operação e manutenção dos poços;
- Operação de outras estruturas de apoio;
- Gestão dos túneis;
- Limpeza periódica dos poços após chuvadas de maiores dimensões, nomeadamente remoção do material sólido retido nos poços em Santa Marta, Avenida Almirantes Reis e nas obras de entrada dos túneis (Campolide e Chelas).

4.3.1 Operação dos túneis

O funcionamento dos túneis permitirá o desvio dos caudais pluviais gerados nas zonas altas das bacias de drenagem, criando assim uma espécie de barreira que impede a sobrecarga das zonas baixas com estas contribuições.

As contribuições de drenagem das zonas altas associadas a eventos de pluviosidade mais intensos são diretamente encaminhadas para os túneis de drenagem pluvial, através de obras de desvio nos grandes coletores das respetivas bacias (Caneiro de Alcântara no caso do TMSA – bacia "E", e grande coletor pluvial da bacia "O" no caso do TCB; o TMSA recebe ainda contribuições das zonas altas das bacias de drenagem da Avenida da Liberdade/Rua de Santa Marta – bacia "J" – e da Av. Almirante Reia – bacia "L"). Os túneis promovem o transporte e descarga das contribuições pluviais excedentárias para o rio Tejo. A drenagem das zonas baixas das bacias de drenagem interessadas (E, J, L, O) continuará a ser assegurada, sem condicionamentos, pelas redes de drenagem existentes. Uma vez que estas, genericamente, possuem capacidade hidráulica adequada ao transporte destas contribuições, reduzir-se-ão muito significativamente as situações de ocorrência de acumulação de água à superfície e de extravasamentos, minimizando-se o risco de ocorrência de inundações pluviais urbanas.

Para caudais de pequena intensidade e de tempo seco (até 3.3 m^3/s), os efluentes do sistema de drenagem, seguirão para tratamento (ETAR de Alcântara e de Chelas). Em tempo de chuva, a descarga para os túneis só terá lugar a partir de caudais três vezes o caudal de ponta de tempo seco, garantindo diluições elevadas na descarga (prevê-se que estas situações de caudais mais significativos ocorram em número expectável de 5 a 6 vezes por ano). À entrada, os túneis dispõem de poço de grossos e de gradagem. Prevê-se que os túneis possam proporcionar condições para o transporte de efluentes tratados (e de outros serviços) para usos compatíveis (rega de espaços verdes e limpeza urbana), em vários locais da cidade.

As operações de manutenção dos túneis constituem essencialmente a remoção do material sólido retido nos poços de grossos e das grades (ou mecanismo equivalente) existentes em Santa Marta, Almirantes Reis e nas obras de entrada, em Campolide e Chelas.

4.4 FASE DE DESATIVAÇÃO

Usualmente os projetos de infraestruturas na fase final de operação do horizonte de projeto ou vão sendo reabilitados através de intervenções periódicas de renovação ou no seu fim de vida são avaliados e ajustam-se ou reconvertem-se para os usos adequados ao momento e aos próximos anos, pelo que a fase de desativação é considerada nesta perspetiva. No caso presente não se prevê a sua desativação.

Assim, a desativação é referenciada de forma indicativa, dado que não existe uma definição quanto ao momento e tipo de execução em concreto, prevendo-se a análise das suas condições e a sua reconversão e adaptação de acordo com as novas exigências de utilização, sendo um dos cenários a reabilitação ou reconversão, que significa uma fase construtiva. Dada a imprevisibilidade do modo formal, do que será efetuado e como, não se especifica as atividades previstas nem as respetivas cargas.

Como potenciais atividades a considerar nesta fase, considera-se análise da situação da utilização (diagnóstico e avaliação), desenvolvimento do projeto de atualização/reconversão ou em casos excecionais demolição e execução da obra, com as atividades inerentes. Se for reconvertido entra numa nova fase de operação e condições específicas.

5 IMPACTES AMBIENTAIS E MEDIDAS

Neste capítulo procede-se à identificação, previsão/análise e avaliação dos impactes previstos e das medidas (mitigadoras, compensatórias ou de valorização) que devem ser adotadas face aos impactes detetados, tendo em consideração os fatores ambientais e as alternativas de projeto consideradas. Segundo o Decreto-Lei n.º 151-B/2013, de 31 de outubro (alterado pelos Decretos-Lei n.º 47/2014, de 24 de março e 179/2015, de 27 de agosto), a identificação e avaliação de impactes[1] tal como definido incluí:

- "Descrição qualitativa dos impactes esperados, quer positivos quer negativos, nas fases de construção, operação e desativação, e
- Indicação da natureza (direto, indireto, secundário), duração (temporário e permanente), magnitude, extensão (geográfica e população afetada) e significado (muito ou pouco significativos)."

O EIA efetua-se em fase de Estudo Prévio contribuindo para suportar a decisão de qual a alternativa a ser desenvolvida. Para o efeito, sempre que relevante, a análise de impactes assenta na: fase de construção, fase de operação e desativação (ou remodelação).

Na fase de construção serão implantadas todas as infraestruturas e procede-se à execução dos túneis com tuneladora (ou método de escavação sequencial) e troços em vala e restantes elementos construtivos e reposição da situação nas zonas intervencionadas. A fase de construção estima-se em quatro anos, para os dois tuneis.

Tal como referido no Capítulo 4, soluções de detalhe relativamente às técnicas e maquinaria a utilizar na construção, aos procedimentos de operação e manutenção, aos procedimentos e a calendarização das fases de obra, são aspetos específicos que serão considerados em Projeto de Execução.

Salienta-se que a desativação é referenciada de forma indicativa, dado que não existe uma definição quanto ao momento e tipo de execução em concreto, prevendo-se a análise das suas condições e a sua reconversão e adaptação de acordo com as novas exigências de utilização.

A análise efetuada assenta nas áreas de intervenção do projeto (tal como indicado no capitulo 4), nomeadamente o desenvolvimento de grande parte dos dois túneis em profundidade (P) e depois intervenções que têm implicações à superfície (Z). Assim, considera-se oito áreas de análise:

A) Intervenções em profundidade que ocorrem escavação subterrânea (TBM e/ou NATM), nomeadamente:

- Zona T1: Intervenções em profundidade entre Monsanto – Santa Apolónia (em kms específicos definidos no projeto);
- Zona T2: Intervenções em profundidade entre Chelas– Beato (em kms específicos definidos no projeto).

[1] *Ponto 6 – "Descrição e hierarquização dos impactes ambientais significativos (efeitos diretos e indiretos, secundários e cumulativos, a curto, médio e longo prazos, permanentes e temporários, positivos e negativos) decorrentes do projeto e das alternativas estudadas, resultantes da existência do projeto, da utilização dos recursos naturais, da emissão de poluentes, da criação de perturbações e da forma prevista de eliminação de resíduos e de efluentes. Esta hierarquização de impactes deve fundamentar-se numa análise qualitativa, a qual deve ser traduzida num índice de avaliação ponderada de impactes ambientais." e Ponto 7 – "Indicação dos métodos de previsão utilizados para avaliar os impactes previsíveis, bem como da respetiva fundamentação científica." Decreto-Lei n.º 151-B/2013, de 31 de outubro*

B) Intervenções com reflexo à superfície:

- Zona 1: Campolide
- Zona 2: Avenida Liberdade / Santa Marta
- Zona 3: Almirante Reis
- Zona 4: Santa Apolónia
- Zona 5: Chelas
- Zona 6: Beato

De referir que no caso da Zona 6, no Beato, a análise é realizada em quatro locais distintos, decorrentes do traçado proposto para as alternativas analisadas, nomeadamente:

- Zona 6a – Alternativa TCB1: junto ao Armazém 22 do Terminal Multiusos do Poço do Bispo
- Zona 6b – Alternativa TCB2: Calçada Dom Gastão
- Zona 6c – Alternativa TCB3: Rua do Grilo
- Zona 6d – Alternativa TCB4: Doca do Poço do Bispo (alternativa selecionada)

Em cada uma das zonas os impactes tem particularidades e especificidades que devem ser analisadas.

Aspetos metodológicos

Previsão

A previsão de impactes tem em vista identificar e precisar, sempre que possível quantificar, os seus efeitos no ambiente (sendo uma projeção para o futuro, com a incerteza que daqui decorre). Entende-se por impacte a alteração ao meio envolvente originada pelo projeto, de forma direta ou indireta. Para cada fator ambiental, a previsão dos impactes assenta numa abordagem em que são identificados, quantificados (sempre que possível) e avaliados conjuntos de impactes.

A previsão assenta numa abordagem conjugada de: (1) análise das implicações das ações do projeto no ambiente (quer diretas, quer indiretas) através de análise de dados; (2) opinião pericial dos especialistas e da coordenação do EIA; (3) enquadramento com ações similares de projetos que são utilizadas como analogia; (3) modelos de previsão específicos quando relevantes e possíveis; (4) outras.

Esta abordagem tem em vista contribuir para uma quantificação e qualificação o mais rigorosa possível do estado do ambiente e das pressões exercidas pelo projeto sobre o ambiente, de maneira a tornar mais percetível a interpretação dos vários impactes.

Como critério geral, o ponto de equilíbrio da escala de impactes (impacte nulo) corresponderá sempre à alternativa zero (não execução do projeto), que assume um cenário de evolução da situação atual, sobretudo no que respeita aos impactes socioeconómicos, com a prorrogação da situação de inundações frequentes em Lisboa derivadas da atual incapacidade de o sistema existente responder às necessidades de drenagem da cidade.

Impactes cumulativos

Identificação e análise dos impactes cumulativos. Estes podem ser os potenciais impactes que resultam numa alteração do estado de qualidade de um recurso, em resultado da acumulação de um determinado poluente e/ou os impactes que resultam da interferência com outros projetos existentes, ou a existir, na envolvente.

Avaliação

Na avaliação global, os impactes com efeito negativo ou positivo são classificados de acordo com a sua significância (ou importância), considerando a seguinte escala: sem significado, pouco significativo, significativo e muito significativo. A avaliação do significado resulta da combinação de vários fatores como a probabilidade de ocorrência do impacte (certo, provável ou incerto) em relação com os possíveis efeitos no fator e sua duração (permanente ou temporário), pela importância apreendida pelos recetores sensíveis, incidência do impacte (direto ou indireto), entre outros.

Sempre que se justifique na análise dos fatores ambientais, será, ainda, feita uma comparação entre as alternativas que constituíram as alternativas de projeto e cuja evolução permitiu desenvolver as alternativas agora em análise de forma a fundamentar a evolução que de que o projeto foi sendo alvo e determinar qual a alternativa mais favorável para cada um dos túneis.

Medidas

Neste capítulo serão, também, analisadas e recomendadas as principais medidas e técnicas[2] a adotar durante as fases de construção e operação com vista à mitigação, compensação e/ou valorização das perturbações ambientais causadas pela construção dos túneis.

Foi igualmente analisado, por um lado, em que grau as medidas propostas contribuem para mitigar os impactes negativos previstos e, por outro lado, indicadas quais as potencialidades que podem ser criadas ou que impactes podem ser valorizados com a implementação do cenário ambientalmente mais favorável. Assim, serão enumeradas medidas específicas para cada descritor ambiental em que tal se aplique e no Capitulo 6 serão também recomendadas as medidas de carácter geral e boas práticas, para as diferentes fases de projeto.

[2] 8 - Descrição das medidas e das técnicas previstas para: a) Evitar, reduzir ou compensar os impactes negativos no ambiente; b) Prevenção e valorização ou reciclagem dos resíduos gerados; c) Prevenir acidentes.

5.1 CLIMA

5.1.1 Impactes

Os impactes no clima podem decorrer das alterações efetuadas no terreno com o projeto na fase de construção, no entanto, as intervenções à superfície são de escala local e circunscrita pelo que os seus impactes a nível climático regional não se afiguram prováveis. No contexto da evolução da situação ambiental ao longo do tempo, destaque-se as potenciais alterações climáticas que colocam também desafios ao projeto (que foram integrados) e que importa serem analisados.

5.1.1.1 Fase de Construção

No clima os impactes podem decorrer das alterações do terreno, que seguidamente se analisam.

Alterações no terreno

Na fase de construção, ao nível do microclima, podem registar-se pequenas alterações, dada a dependência que alguns elementos climáticos apresentam face a aspetos ambientais, como a vegetação, o tipo de solo, a proximidade de massas de água ou a morfologia do terreno.

Segundo (Peixoto, 1981) "as modificações das características da superfície afetam a forma como a radiação solar é absorvida, devido à alteração do albedo, a radiação terrestre que é emitida, a rugosidade do terreno e a força de atrito do vento." Assim, considera-se as operações de limpeza do terreno que podem incluir limpeza de parte da vegetação existente na zona de Campolide, onde se concretiza a obra de entrada do TMSA, e nas intervenções junto à Estrada de Chelas, que potencialmente podem promover, ao nível do microclima, um aumento ou diminuição da temperatura do ar junto ao solo, dependendo da altura do ano (Verão/Inverno), bem como do micro padrão de ventos à escala local.

Porém, tanto na zona de Campolide, como na zona de Chelas, em que existem algumas áreas com vegetação mais densa, conforme se pode verificar nas figuras seguintes, não se prevê que estas sejam intervencionadas à superfície, limitando os impactes associados à remoção de vegetação na zona.

Figura 5.1-1 - Vegetação existente na Zona 1, em Campolide (à esquerda) e implantação das infraestruturas previstas para o local (à direita)
Adaptado de (artop, 2016) e (Consórcio Hidra/Engidro, 2016b)

Na zona de Chelas verifica-se também a existência de zonas de vegetação densa, no entanto a intervenção ocorre essencialmente na zona de terreno livre e área atualmente com barracas.

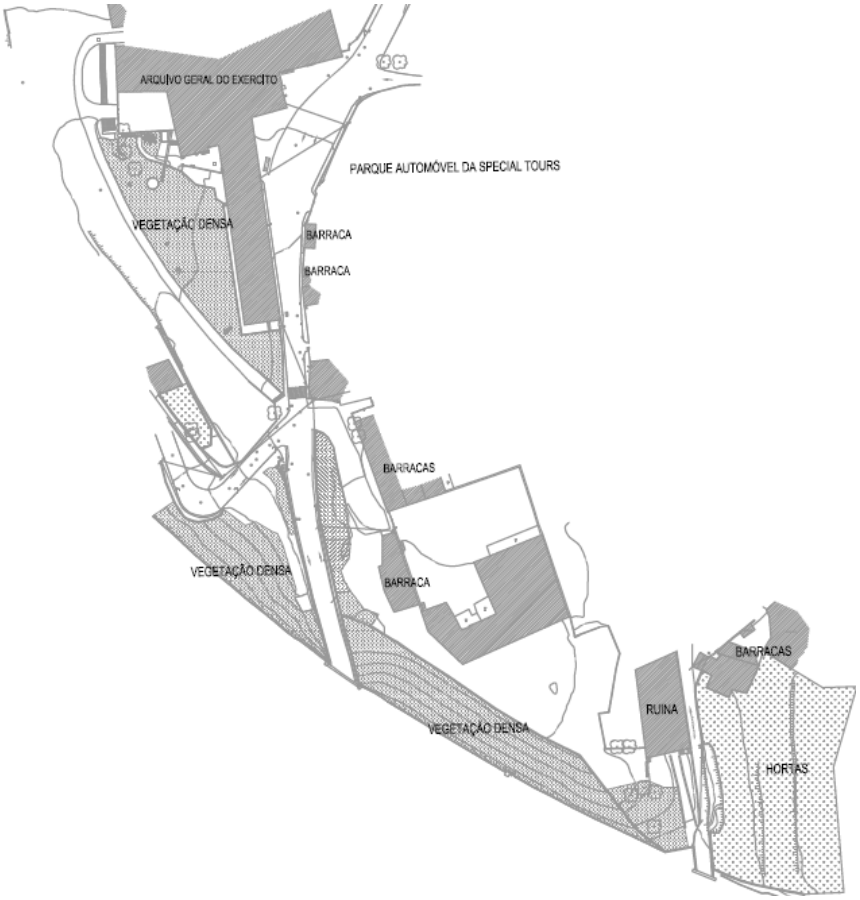


Figura 5.1-2 - Áreas de vegetação densa na zona de intervenção em Chelas

Adaptado de (artop, 2016)

Refira-se ainda que as áreas com intervenção direta à superfície têm uma dimensão limitada e reduzida. Assim, e dada a natureza deste tipo de projeto, não são expectáveis impactes significativos sobre este fator ambiental com repercussões na escala municipal e regional, podendo haver micro alterações na circulação das brisas de forma muito localizada e circunscrita, potencialmente muito limitadas ou sem significado. Não obstante, recomenda-se que, sempre que relevante, nos locais em que se procede à remoção da vegetação existente se proceda à reposição dos quantitativos existentes na fase final da construção (ME 5.1-1).

Instalação de infraestruturas de apoio

Por outro lado, a instalação dos estaleiros de apoio na fase de construção, poderá ter efeitos micro e locais sobre os ventos dominantes na área. Ainda assim, este não será um impacte significativo, tendo pouca influência nas áreas de intervenção, nomeadamente com a criação de alterações localizadas. Acresce que a construção e o transporte (bem como a produção dos materiais) consome energia, contribuindo a sua componente fóssil para a emissão de gases com efeito de estufa. No sentido de reduzir eventuais emissões de gases de efeito de estufa (GEE) deve ser garantir-se que os equipamentos estão de acordo com a legislação em vigor, promovendo a utilização de equipamentos energeticamente eficientes (ME 5.1-2).

5.1.1.2 Fase de Operação

Na fase de operação, as atividades relevantes serão os modos de gestão e monitorização da operação dos sistema de drenagem construído que permite o escoamento mais rápido em situações de elevada precipitação.

Clima, impactes à microescala, adaptação a alterações climáticas

Um efeito a considerar poderia ser uma ligeira descida da humidade relativa do ar ao nível microclimático (resultante da remoção da vegetação e execução de componentes construídas), e, consequentemente, da redução da evapotranspiração e aumento do efeito da ilha de calor. Contudo, tal não será significativo pois não existem áreas com vegetação significativa nos locais com intervenção à superfície e quando existe, no caso de ser relevante, procura-se manter os quantitativos de vegetação existente.

Decorrente da presença física do projeto, nomeadamente dos túneis subterrâneos, apenas com ligações pontuais à superfície através dos poços de ligação, não são expectáveis impactes sobre o clima do município ou região, dadas as características e natureza deste tipo de projeto.

Noutra perspetiva foram analisados os cenários de alterações climáticas e a necessidade de adaptação face a eventuais componentes referentes a evoluções e efeitos extremos. Especificamente, nos critérios de verificação e dimensionamento e modelação de desempenho do sistema, foi considerado nos cenários de evolução o agravamento na precipitação e o aumento do nível de maré.

Nesse sentido o projeto foi dimensionado e ajustado assegurando já níveis de proteção mais elevados, considerando especificamente um cenário conservativo que pretende ilustrar, conjuntamente, a ocorrência de alterações climáticas (que têm reflexos ao nível do incremento dos níveis de maré e do agravamento da intensidade de precipitação dos eventos extremos) e um acréscimo da ocupação e impermeabilização do solo. Considerou-se, assim, um incremento de 5% na intensidade média da precipitação e um agravamento de coeficiente C nas bacias “não consolidadas” do ponto de vista da ocupação, entre 5 e 10 %. Consideraram-se dois níveis de maré: 1.95 m e 2.65 m (valor correspondente a um cenário de alterações climáticas, resultante duma subida de 0.70 m do nível de maré, face à situação atual de referência).

No caso de alterações climáticas e tal como já considerado em fase de projeto, deve ser assegurado nas fases subsequentes o aprofundamento destas implicações, acompanhando estudos e evolução das alterações climáticas, adequando os modos de intervenção e gestão nessas situações (ME 5.1-3), quer na vertente da mitigação, quer da adaptação.

Por sua vez, a integração das alterações climáticas na execução do projeto e, consequentemente, na fase de operação, representa um impacte positivo por permitir dar resposta ao agravamento da precipitação, limitando as consequências associadas quer à situação atual, ao nível da intensidade e frequência de inundações, quer à ocorrência cada vez mais frequente destes fenómenos extremos. Deste modo, trata-se de um impacte, embora incerto, positivo e com significado.

5.1.2 Comparação das alternativas e avaliação

Em termos globais prevê-se que os potenciais impactes no clima, durante a fase de construção, sejam muito pouco significativos (alteração pontual e localizada do padrão de ventos ou humidade à escala local) ou inexistentes. A situação referida será comum a qualquer das alternativas apresentadas, pelo que a avaliação de impactes será similar.

Por outro lado, durante a fase de operação, prevê-se um impacte positivo e com significado no que diz respeito às alterações climáticas, com o projeto a responder desde já às exigências associadas ao agravamento dos fenómenos de precipitação, potenciado e conferindo à cidade de Lisboa melhores condições de drenagem.

As alternativas de projeto consideram alterações localizadas e variações no traçado, o que no caso do presente fator ambiental não se revela distintivo em termos de impactes.

5.1.3 Medidas

Como medidas especificas a aplicar para o presente fator ambiental salientam-se:

5.1.3.1 Fase de Construção

ME 5.1-1 Privilegiar a implantação de estaleiros e acessos em áreas já intervencionadas, minimizando a necessidade de remoção de vegetação, sobretudo em Campolide e Chelas. Sempre que relevante, no final da fase de construção, os quantitativos de vegetação existentes deverão ser repostos (medida específica em conjunto com os fatores biológicos e ecológicos).

ME 5.1-2 Para reduzir os consumos e emissões de gases de efeito de estufa (e partículas) deve ser cumprida a legislação em vigor, promovendo a seleção de equipamentos que permitam minimizar os consumos energéticos e redução das emissões durante a fase de construção.

5.1.3.2 Fase de Operação

ME 5.1-3 Acompanhar, tal como está a ocorrer, estudos e evolução das alterações climáticas e incluir nos modos de gestão, quer na vertente da mitigação, quer da adaptação.

5.2 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

5.2.1 Impactes

Os principais impactes na geologia e geomorfologia produzidos pela implantação do projeto, terão essencialmente lugar na fase de construção e decorrem, sobretudo, da construção dos túneis, os quais são passíveis de afetação do substrato geológico, intercetando várias formações geológicas ao longo do seu traçado.

5.2.1.1 Fase de Construção

Ao nível da geologia e geomorfologia, na fase de construção são esperados impactes, sobretudo, decorrentes da construção dos túneis, associados à operação da tuneladora (ou método de escavação sequencial) (ME 5.2-1). Importa ainda considerar as áreas de apoio às intervenções e respetivos acessos.

Áreas de apoio e acessos

Relativamente às áreas de apoio, para o TMSA, sugere-se a implantação do estaleiro principal numa das zonas de terreno livre existentes adjacente ao local de entrada da tuneladora (Figura 5.2-1) existindo um outro estaleiro junto às intervenções de Santa Apolónia, bem como estaleiros pontuais que acompanham as restantes intervenções à superfície. À exceção de

Campolide, prevê-se que os locais disponíveis para implantação dos estaleiros se encontrem já intervencionados e impermeabilizados, pelo que os impactes no meio geológico associados a esta ação são considerados nulos. O mesmo se passa em relação aos acessos de obra que, à exceção de Campolide onde se procede à reabilitação de um acesso de terra batida já existente, utilizará vias existentes.

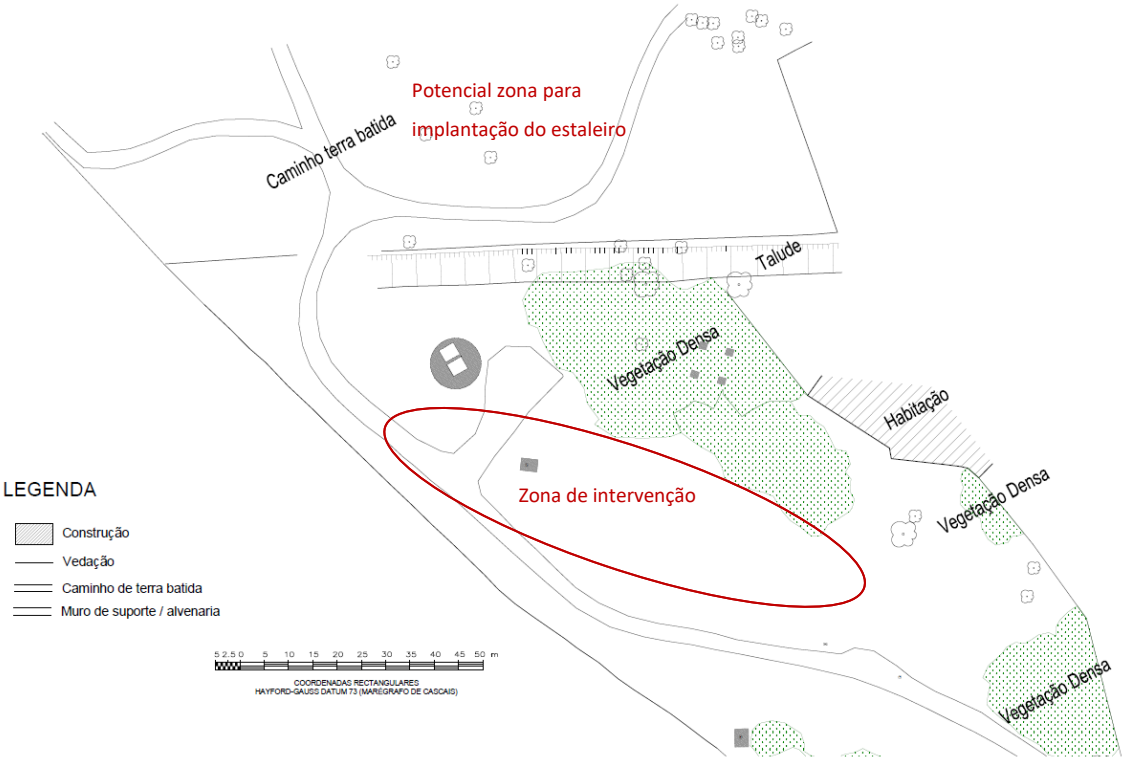


Figura 5.2-1 - Identificação esquemática da localização do estaleiro principal, na Zona 1, em Campolide

Adaptado de (artop, 2016)

Dada a potencial localização do estaleiro em Campolide, e por forma a evitar a contaminação do meio geológico por derrames acidentais, importa assegurar algumas medidas preventivas, como seja a aplicação de membrana geotêxtil que minimize o contacto direto entre os possíveis materiais derramados e o substrato geológico adjacente (ME 5.2-2). Os acessos ao estaleiro e local de intervenção são previsivelmente realizados por acessos existentes a reabilitar, nomeadamente pela utilização dos caminhos de terra batida com ligação às vias rodoviárias na envolvente (ME 5.2-3).

Para o túnel Chelas-Beato prevê-se a existência de dois estaleiros, a montante e jusante do troço realizado em profundidade. A montante, no caso de o estaleiro ser instalado em terreno não impermeabilizado, deverá aplicar-se igualmente o geotêxtil sob as zonas do estaleiro com potencial de contaminação para proteção do substrato geológico de eventuais derrames e assegurar-se a criação de acessos específicos para o estaleiro (ME 5.2-2). A jusante, no Beato, o local a intervir, para qualquer das alternativas, já se encontra intervencionado pelo que se prevê que os impactes no substrato geológico sejam inexistentes.

Afetação de património geológico e/ou geomorfológico com interesse conservacionista

Na cidade de Lisboa foram identificados 18 geomonumentos, tendo a sua localização sido apresentada no Subcapítulo 3.2. Dada a sua localização, o traçado do TMSA não interceta nenhuma destas ocorrências, pelo que a sua preservação não é colocada em causa. Por outro lado, no final do traçado inicialmente proposto para o túnel Chelas-Beato, verifica-se que,

embora em profundidade, o traçado proposto para a Alternativa TCB1 coincide com a localização do Geomonumento da Rua Capitão Leitão (G16).

Ainda que potencialmente não se verificasse afetação física do geomonumento em causa, o traçado da Alternativa TCB1 foi ajustado. Deste ajuste, como referido, resulta a Alternativa TCB4, a qual já considera um traçado ajustado de acordo com o previsto no Artigo 34º do Regulamento do PDM de Lisboa, não interferindo com a localização do geomonumento ou com a área de proteção definida para um perímetro mínimo de 10 m. Deste modo, salvaguarda-se as condições de estabilidade, tendo em vista a segurança e proteção de pessoas e bens, bem como as condições de acessibilidade ao local e de enquadramento paisagístico.

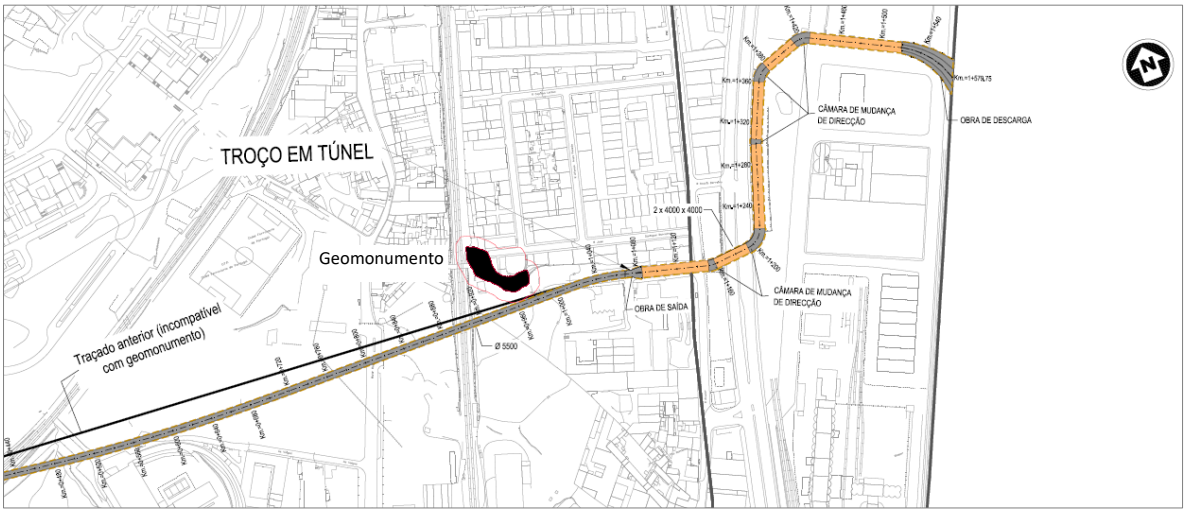


Figura 5.2-2- Localização do Geomonumento da Rua Capitão Leitão e implantação do traçado ajustado para o túnel Chelas-Beato (Alternativa TCB4)

Adaptado de (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

Construção dos túneis

A construção dos túneis com tuneladora (ou método de escavação sequencial) e troços em vala interceta diversas formações geológicas, de acordo com a caracterização efetuada para cada perfil no subcapítulo 3.2. A análise do tipo de afetação em concreto depende das suas características e modos de execução das intervenções em obra. Neste âmbito importa referir que está em curso um programa de desenvolvimento de sondagens pelo LNEC, que permite precisar a potencial afetação associada às intervenções em profundidade. De acordo com a informação atualmente existente considera-se que ao nível da geologia este impacte deverá ser reduzido, embora seja importante a realização das sondagens e de um estudo específico para determinar concretamente os impactes neste fator ambiental, pelo que atualmente não se dispõe de informação significativa (referenciado nas lacunas de informação).

Afetação da estabilidade do maciço rochoso

No âmbito do desenvolvimento do projeto é considerada a estabilidade das zonas intervencionados para a obra em questão, sendo que está a ser efetuado um programa de sondagens pelo LNEC que contribui para precisar este aspeto e que estará disponível na fase do concurso do projeto de execução.

5.2.1.2 Fase de Operação

Na fase de operação não são expetáveis novos impactes ao nível da afetação nos substratos geológicos, uma vez que esta a potencial afetação ocorreu na fase de construção.

5.2.2 Comparação das Alternativas

A diferenciação em termos de impactes na geologia, especificamente na afetação ou não de património geológico verifica-se para o TCB. Dependendo da alternativa selecionada, os impactes são diferenciados. Os impactes neste fator ambiental ocorrem de forma mais significativa para a Alternativa TCB1, cujo traçado interceta em profundidade a localização do Geomonumento da Rua Capitão Leitão. Na Figura 5.2-3 estão representados os traçados da Alternativa TCB1 a vermelho e o traçado ajustado da Alternativa TCB4, o qual já considera a localização do geomonumento. Assim, para o TCB, a alternativa que apresenta impactes mais significativos ao nível da geologia é a alternativa TCB1, sendo os impactes muito pouco significativos a inexistentes, nas restantes alternativas.

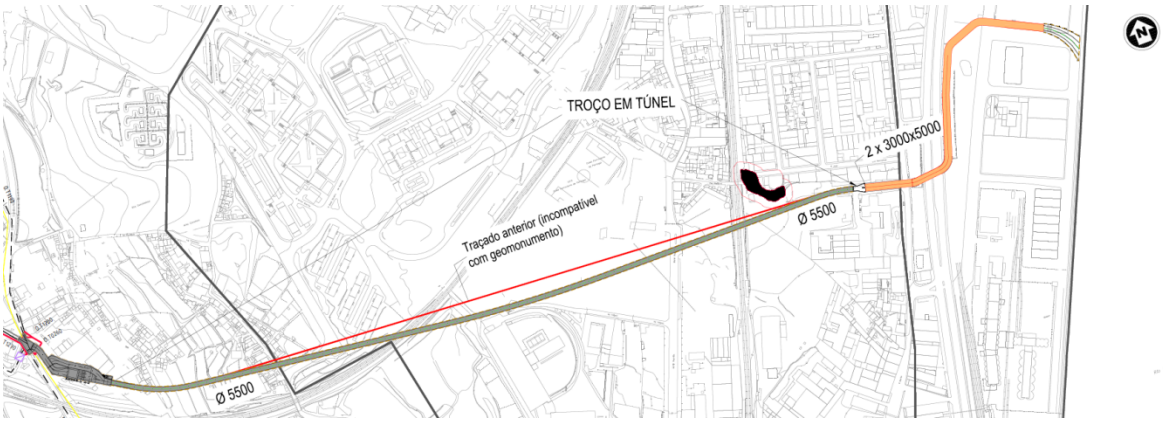


Figura 5.2-3 - Representação do traçado das Alternativas TCB1 (a vermelho) e TCB4 relativamente à localização do Geomonumento da Rua Capitão Leitão

Adaptado de (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

5.2.3 Medidas

Como medidas específicas a aplicar, salientam-se:

5.2.3.1 Projeto de execução

ME 5.2-1 Analisar modos de atenuar as perturbações das infraestruturas existentes no subsolo, em termos de alterações geológicas, afetação da estabilidade do maciço rochoso, vibrações e afetação do edificado e atividades, que devem ser detalhadas em fase de Projeto de Execução.

5.2.3.2 Fase de construção

ME 5.2-2 Aplicação de camada de geotêxtil sob as áreas dos estaleiros que possam estar associadas a potenciais riscos de contaminação, em zonas onde o estaleiro seja instalado em terreno não intervencionado ou impermeabilizado, como são o caso de Campolide e Chelas.

ME 5.2-3 Potenciar a utilização de acessos já existentes e zonas já intervencionadas para as zonas de estaleiros, em Campolide e Chelas.

5.3 HIDROGEOLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

5.3.1 Impactes

Ao nível da hidrogeologia e recursos hídricos subterrâneos os potenciais impactes poderão ocorrer na fase de construção e devem-se à potencial afetação de aspetos quantitativos e qualitativos associados aos recursos hídricos subterrâneos nas zonas vulneráveis identificadas, nomeadamente nas áreas da Estufa Fria e Alcaçarias de Alfama (nascentes termominerais).

5.3.1.1 Fase de Construção

Os impactes a ocorrer na fase de construção ao nível da hidrogeologia podem ser decorrentes de perturbação nas zonas vulneráveis identificadas, tendo inicio na fase de construção com a execução dos túneis, podendo prolongar-se para a fase de operação.

Afetação das zonas vulneráveis identificadas

Após os trabalhos de recolha de dados e caracterização geológica e hidrogeológica das zonas de traçado, foram identificadas duas áreas com alguma vulnerabilidade do ponto de vista hidrogeológico. Como referido, a primeira diz respeito à zona da Estufa Fria de Lisboa, no Parque Eduardo VII, e a segunda às antigas Alcaçarias de Alfama, na Rua do Terreiro do Trigo, ambas respeitantes ao traçado do TMSA.

A primeira zona corresponde à área da Estufa Fria no Parque Eduardo VII. Esta zona foi considerada potencialmente vulnerável devido à sua proximidade ao traçado proposto ($\pm$ 200 m). E porque, apesar do traçado do túnel se localizar a jusante da referida área e a uma profundidade de cerca de 70 m, a potencial alteração temporária dos padrões de fluxo subterrâneo durante o período de construção do túnel poderá levar a um rebaixamento temporário dos níveis piezométricos no poço existente no interior da Estufa Fria (localizado a cerca de 400 m do traçado do túnel, Figura 5.3-1). Refira-se no entanto que esta infraestrutura utiliza também outra origem complementar de água (EPAL).

Figura 5.3-1 – Localização da passagem do TMSA e distância ao poço existente no interior da Estufa Fria

No final do traçado do TMSA existe, como já foi referido, um sistema de falhas geológicas que estão provavelmente na origem do grupo das Alcaçarias de Alfama e que o traçado intercetará. Estas falhas estão associadas à possível ascensão rápida de águas subterrâneas com origem em formações hidrogeológicas profundas e que terão dado, no passado, origem ao grupo das Alcaçarias de Alfama. Embora as Alcaçarias de Alfama estejam atualmente desativadas e não se confirme à superfície a existência destas nascentes com características termominerais, estas constituem ainda hoje um potencial recurso geotérmico e hidrotermal com potencial reaproveitamento e que poderá, no futuro, ser intercetado em profundidade.

Assim, esta zona deve a sua sensibilidade ao facto de durante a escavação do túnel se poder aumentar a recarga subterrânea local a partir da infiltração de águas, podendo ocorrer de uma forma temporária e com probabilidade de ocorrência muito reduzida. Deste modo, existe um potencial reduzido de risco de mistura de águas antigas pristinas, com circulação ascendente, com águas de infiltração recente.

No que ao traçado do TCB diz respeito não foram reconhecidas ou identificadas áreas do ponto de vista hidrológico particularmente sensíveis geradoras de impactes.

A síntese dos impactes identificados apresenta-se no quadro seguinte.

Quadro 5.3-1 – Síntese dos impactes identificados na hidrogeologia e recursos hídricos subterrâneos

Características do impacte		**Estufa Fria**	**Alcaçarias de Alfama**
Natureza	Positivo		
	Negativo	X	X
Duração	Temporário	X	X
	Permanente		

Características do impacte		Estufa Fria	Alcaçarias de Alfama
Abrangência espacial	Local	X	X
	Regional		

Em relação à significância dos impactes a mesma será precisada com a monitorização que se sugere efetuar em fases seguintes de forma a aferir a afetação decorrente da construção e operação dos túneis. Nesta fase e com os dados que se dispõe, prevê-se que os impactes na fase de construção sejam diferenciados para as duas zonas identificadas. Por conseguinte, prevê-se um impacte significativo para a zona da Estufa Fria, decorrente da potencial alteração temporária dos padrões de fluxo subterrâneo durante o período de construção do túnel que poderá levar a um rebaixamento temporário dos níveis piezométricos no poço existente no interior da Estufa. Para as Alcaçarias de Alfama a afetação prevê-se de reduzido significado, pelo aumento da recarga subterrânea com potencial mistura com águas de circulação recente e de má qualidade química. Estes impactes são temporários e maioritariamente associados ao período de execução das intervenções no local. Não obstante, recomenda-se um conjunto de medidas que possibilitam a monitorização e minimização dos impactes identificados.

5.3.1.2 Fase de Operação

Na fase de operação não são expetáveis impactes relevantes ao nível do presente fator ambiental. Como referido, prevê-se que a afetação nas zonas identificadas como vulneráveis seja de caracter temporário e ocorra essencialmente na fase de construção. Pode, no entanto, ocorrer um impacte muito pouco significativo na zona da Estufa Fria por alteração do nível freático, atualmente a cerca de 2.95 cm sob o terreno e potencial alteração dos caudais do poço, pelo que importa monitorizar estes parâmetros (considerados nas medidas especificas).

5.3.2 Comparação das Alternativas

As alternativas apresentadas não consideram diferenças significativas no que respeita ao traçado nas zonas referidas como vulneráveis, pelo que a avaliação não difere nas alternativas de projeto.

5.3.3 Medidas

Como medidas especificas a aplicar, salientam-se:

5.3.3.1 Projeto de Execução

ME 5.3-1 Definição de rede de monitorização de águas subterrâneas na área envolvente à Estufa Fria e nas Alcaçarias de Alfama.

5.3.3.2 Fase de construção e fase de operação:

Como referido, no que ao traçado do TCB diz respeito não foram reconhecidas ou identificadas áreas do ponto de vista hidrogeológico particularmente sensíveis geradoras de impactes, pelo que as medidas específicas a aplicar nas fases de construção e operação (monitorização) são definidas essencialmente para o TMSA, salientando-se:

ME 5.3-2 Construção de rede de piezómetros que permita a monitorização quantitativa e qualitativa das águas subterrâneas próximas do TMSA, nomeadamente na área envolvente à Estufa Fria e Alcaçarias de Alfama (fase de construção e operação). Recomenda-se a instalação de sondas com registo de temperatura, condutividade elétrica e pressão de água, tanto durante a escavação do túnel nas zonas com potencial impacte já acima identificadas, como também durante o 1.º ano de operação. Se se vier a revelar que existe impacte do túnel nos níveis piezométricos deverá manter-se a monitorização durante a fase de operação.

ME 5.3-3 Monitorização da profundidade do nível freático (no poço) e do caudal (nascente) no interior da Estufa Fria, tanto durante a escavação do túnel, como também durante o 1.º ano de operação. Se se vier a revelar que existe impacte do túnel nos níveis piezométricos deverá manter-se a monitorização durante a fase de operação.

ME 5.3-4 Monitorização da qualidade da água subterrânea no poço e nascente no interior da Estufa Fria, tanto durante a escavação do túnel, como também durante o 1.º ano de operação. Se se vier a revelar que existe impacte do túnel nos níveis piezométricos deverá manter-se a monitorização durante a fase de operação.

ME 5.3-5 Assegurar a impermeabilização do túnel em fase de construção nas áreas envolventes às Alcaçarias de Alfama.

ME 5.3-6 Assegurar a impermeabilização dos túneis em fase de operação (TCB e TMSA).

5.4 SOLOS E OCUPAÇÃO DO SOLO

5.4.1 Impactes

A ocorrência de impactes ao nível do solo e ocupação do solo existe quando se verifica uma perda de capacidade de uso do mesmo, por ocupação de área e/ou por alteração das características físicas ou mecânicas dos solos ocorrentes. A intervenção localiza-se predominantemente em profundidade, atingindo até 70 m abaixo da superfície, pelo que os principais impactes ao nível do solo e ocupação do solo se verificam em zonas muito localizadas nas intervenções à superfície, nomeadamente na entrada e saída dos túneis, incluindo nos poços de ligação e troços a realizar em vala. Adicionalmente importa considerar os estaleiros e respetivos acessos nessas zonas.

5.4.1.1 Fase de Construção

Os principais impactes decorrentes da fase de construção estão associados à construção com reflexo à superfície no poço de ataque em cada túnel (Campolide e Chelas), na saída (Santa Apolónia e Beato), nos poços de ligação à superfície (Avenida da Liberdade/Rua Santa Marta, Almirante Reis) e de forma localizada na construção dos troços em vala. Deverá considerar-se igualmente a implantação de estaleiros e acessos aos locais de obra.

É durante a fase de construção que os impactes sobre o solo poderão ser mais significativos e negativos, uma vez que pontualmente o atual uso e ocupação do solo serão alterados, ainda que, maioritariamente, de forma temporária. Em locais pontuais, a atual ocupação passa a ser temporariamente interrompida ou condicionada, dando lugar à instalação de estaleiros de apoio às intervenções, bem como para as próprias intervenções, como seja a execução dos troços em vala e poços de ligação.

No que respeita ao TMSA, as intervenções à superfície e principais impactes no uso do solo decorrem 1) na zona de Campolide (Z1), com ocupação temporária para instalação do estaleiro principal, execução do poço para entrada da tuneladora e respetivos acessos para a obra; 2) na zona da Avenida da Liberdade e Rua de Santa Marta (Z2) para execução do poço de

ligação; 3) na Avenida Almirante Reis (Z3), para execução do poço de ligação e 4) em Santa Apolónia (Z4), com instalação de um pequeno estaleiro de apoio à obra e execução do troço final do túnel em vala.

Quanto ao TCB as principais intervenções à superfície suscetíveis de causar impactes no uso do solo dizem respeito 1) na zona de Chelas (Z5), à obra de desvio dos caneiros, troço inicial do túnel em vala e instalação do estaleiro de apoio e respetivos acessos; bem como 2) na zona do Beato (Z6) a execução do troço final do túnel em vala, também com instalação de estaleiro de apoio.

Os impactes sobre os solos e uso do solo, na fase de construção, são assim causados, maioritariamente, por dois tipos de ações:

- Alteração da ocupação do solo em zonas de acesso à obra, estaleiros, valas e outras intervenções pontuais à superfície;
- Compactação dos solos derivada da instalação de estaleiros de obra e respetivos acessos, bem como da circulação de veículos de apoio às intervenções à superfície.

Destas ações podem resultar os impactes discriminados abaixo.

Alteração da ocupação do solo

De forma pontual e temporária, na fase de construção, a instalação de estaleiros e respetivos acessos induz uma alteração na atual ocupação do solo nos diferentes locais a intervencionar, condicionando de forma temporária as atividades que atualmente se realizam no local. Este condicionamento tem especial expressão nas zonas no centro da cidade, nomeadamente, Avenida da Liberdade, Rua de Santa Marta, Almirante Reis e Santa Apolónia, onde serão condicionadas atividades e infraestruturas existentes. Neste sentido, salienta-se os impactes decorrentes do condicionamento da circulação em algumas infraestruturas rodoviárias, analisados em pormenor no subcapítulo 5.12.

Em Campolide (Z1) o local a intervencionar constitui maioritariamente uma zona livre, pelo que apesar de existir alteração na ocupação do solo, os impactes decorrentes são menos significativos. Salienta-se no entanto que pode ocorrer alguma afetação da ocupação do solo na zona da Quinta do Zé Pinto, decorrente das atividades a executar no local.

Por outro lado, no caso do TCB, as intervenções previstas para a zona de Chelas (Z5), nomeadamente a execução do troço inicial em vala e a obra de desvio dos Caneiros, em Chelas, que será executada na zona do cruzamento da Estrada de Chelas com a Calçada da Picheleira, com o edifício de recolha de grossos a ser implantado num terreno adjacente à Estrada de Chelas, no qual existem atualmente edifícios – armazéns – pelo que será necessário proceder a expropriações nalguns casos, enquanto que noutras situações prevê-se que seja apenas necessária a deslocação provisória dos edifícios (ME 5.4-2). A área de estaleiro e os edifícios a expropriar/deslocar encontram-se representados na figura seguinte.

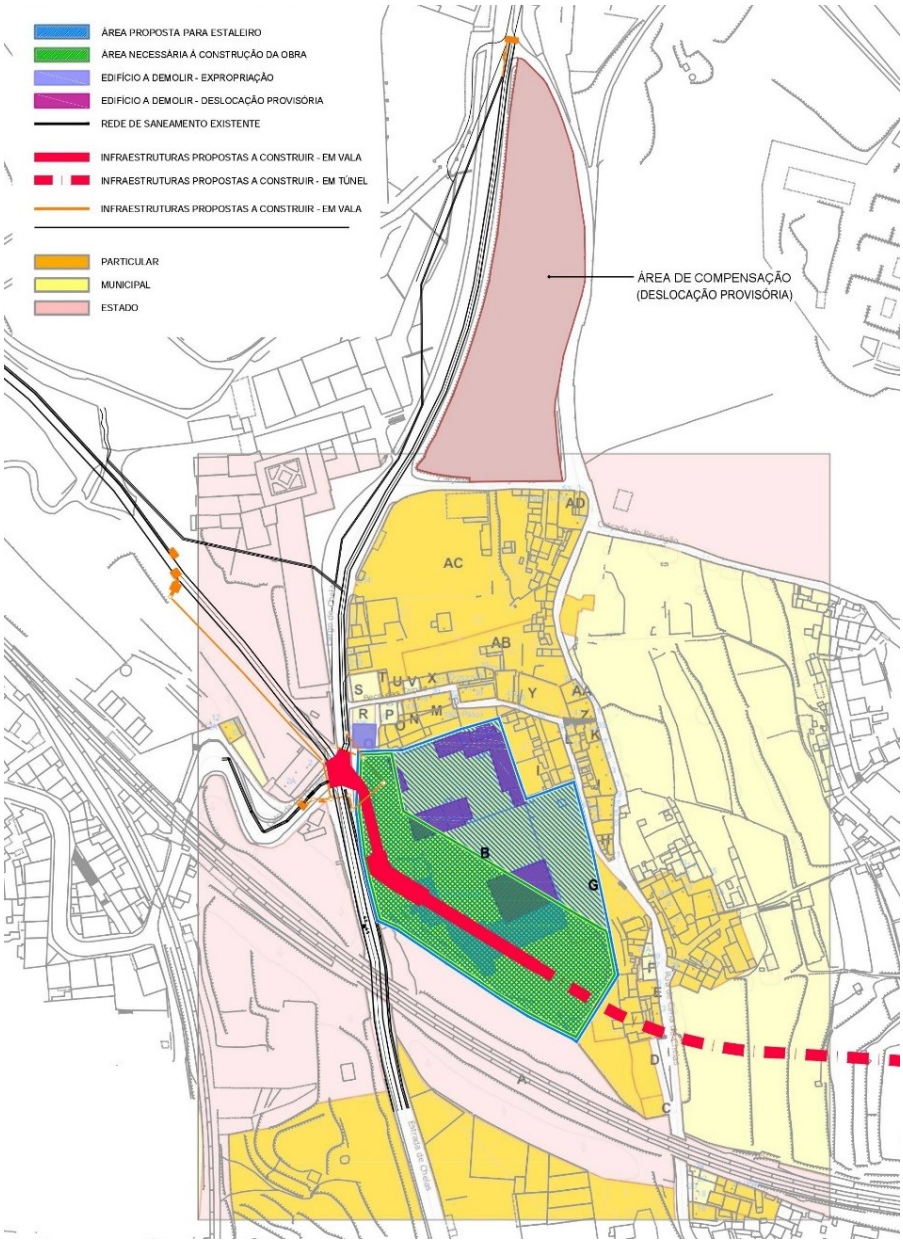


Figura 5.4-1 - Localização da área potencial de estaleiro para o desvio dos Caneiros e execução do troço em vala e edificado a expropriar

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2016b)

Figura 5.4-2 - Edifícios a expropriar/deslocar

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2016b)

Também na zona do Beato (Z6), consoante a alternativa selecionada, poderá ocorrer alteração no edificado existente, para construção dos troços em vala.

No caso da Alternativa TCB2 a saída do túnel dá-se na Calçada D. Gastão e implica a expropriação de propriedade privada, enquanto que para a Alternativa TCB3 a saída do túnel ocorre na zona do Convento do Grilo e os terrenos afetados são propriedade da CML, pelo que não se preveem expropriações nesta zona, ocorrendo contudo alteração da ocupação do uso do solo em qualquer das alternativas.

Durante a fase de construção, a alteração do uso do solo terá um impacte negativo, no entanto é um impacte temporário e as áreas a afetar são de reduzida extensão, pelo que se considera como certos, mas de reduzido significado os impactes resultantes em termos de alteração da ocupação do solo.

Compactação dos solos

Durante a fase de construção o funcionamento da maquinaria de apoio à obra, bem como a implantação de estaleiros e acessos serão responsáveis por uma eventual compactação dos solos. A compactação reduz o espaço poroso entre as partículas do solo, deteriorando a estrutura do mesmo e, consequentemente, dificultando a penetração e o desenvolvimento das raízes, a capacidade de armazenamento de água, o arejamento, a fertilidade, a atividade biológica e a estabilidade. Além disso, quando há chuvas torrenciais, as águas já não conseguem infiltrar-se facilmente no solo compactado. O impacte avalia-se como negativo, mas com pouco significado dada a reduzida extensão das áreas a afetar, cujo local ainda não esteja intervencionado ou impermeabilizado.

No que respeita aos acessos, como referido, apenas na Zona 1 e 5 será necessário criar novos acessos ou utilizar caminhos de terra batida existentes, sendo nas restantes zonas utilizadas vias rodoviárias existentes, pelo que a alteração ao nível da compactação do solo não será significativa. Refira-se que nestas zonas as áreas de implantação correspondem a locais maioritariamente ainda não intervencionados e não impermeabilizados, pelo que a compactação também será maior decorrente das intervenções a realizar.

O impacte induzido pelas ações descritas será negativo, certo, direto, mas com pouco significado, uma vez que as áreas de implantação são circunscritas e na generalidade a circulação de veículos e maquinaria afeta à obra se fará em locais já intervencionados.

Contaminação do solo por poluentes derramados

A contaminação dos solos pode ocorrer sobretudo por derrames acidentais, quer da maquinaria afeta à obra, quer das atividades que possam ser efetuadas nos estaleiros.

No que respeita à implantação do estaleiro principal, em Campolide (Z1), bem como do estaleiro a instalar em Chelas (Z5), sugere-se que seja estudado a necessidade de os mesmos serem instalados assentes numa base de geotêxtil, dando especial atenção às áreas de estaleiro associadas a potenciais derrames (ME 5.4-1), evitando a contaminação do solo associada a derrames acidentais, permitindo que aquando da sua desinstalação se evite a remoção do solo adjacente, que estaria possivelmente contaminado, caso não fosse colocada a referida cobertura. Os restantes estaleiros prevê-se que sejam instalados em solos já impermeabilizados e intervencionados, minimizando a probabilidade de ocorrência de derrames e contaminação do solo adjacente.

Da construção dos túneis resulta a remoção de terras que poderão ser transportadas e reutilizadas em aterros noutros locais, pelo que não se considera que constituam um resíduo passível de contaminar ou influenciar a características locais do solo.

Como referido, as zonas com intervenções à superfície, à exceção da zona de Campolide e Chelas, já se encontram maioritariamente intervencionadas e impermeabilizadas, sendo os impactes resultantes das ações expostas avaliados como sendo pouco significativos. A análise de risco de derrame ambiental é considerada e analisada no Subcapítulo 5.14, aquando da análise de riscos.

Armazenamento temporário dos resíduos em obra

Durante a fase de construção serão produzidos resíduos, maioritariamente de carácter inerte que devem ser devidamente geridos. O seu incorreto armazenamento temporário, bem como o incorreto manuseamento de poluentes poderão levar à contaminação dos solos e degradação da sua qualidade devido a derrames acidentais, o que pode ser um risco, devendo ser evitado. Porém, as áreas a intervencionar já se encontram maioritariamente impermeabilizadas e, na sua maioria os resíduos produzidos são inertes, pelo que os impactes resultantes das ações expostas são classificados como pouco significativos.

Quanto ao volume de terras a remover para construção dos túneis (e mesmos dos poços), será encaminhado pelos túneis e para utilização ou deposição noutros locais, não constituindo um resíduo com necessidade de armazenamento em obra.

5.4.1.2 Fase de Operação

Na fase de operação considerando as características do projeto, com a maioria das infraestruturas a funcionar em profundidade, não são expetáveis impactes negativos nos usos existentes, sendo que a operação do túnel ao contribuir para reduzir os riscos de inundação, tem um impacte positivo no uso do solo, no reduzir de eventuais danos e afetações decorrentes das inundações e pelo potenciar da ocupação e uso do solo previsto e existente.

Ocupação e Uso atuais do solo

A alteração de ocupação do solo em fase de construção é de caracter temporário e pontual, pelo que a sua ocupação original será recuperada após finalização das intervenções à superfície, retomando as atividades anteriormente existentes no local. Assim, à exceção de operações de manutenção que possam ocorrer nos poços de ligação, durante a fase de operação dos túneis de drenagem não se verificam impactes negativos ao nível do solo e ocupação do solo.

Por outro lado, importa referir a melhoria significativa da ocupação do solo nas zonas beneficiadas. Estas zonas dizem respeito às principais zonas anteriormente associadas a inundações recorrentes e que a intervenção que se propõe e operação dos túneis permite reduzir significativamente.

Destas salientam-se para o TMSA as zonas ao longo da Rua de Santa Marta/Rua de São José/Portas St.º Antão e de outras zonas críticas, tais como a Praça da Figueira, Rossio, zona da Baixa Pombalina e Baixa de Alcântara. Para o TCB salienta-se a zona Baixa de Chelas e Xabregas, dado que a operação do túnel e o desempenho hidráulico do sistema de drenagem considerando a construção do túnel permite aliviar toda a rede a jusante do cruzamento da Estrada de Chelas com a Av. Santo Condestável. Especificamente salienta-se uma redução significativa dos constrangimentos atualmente existentes na Estrada de Chelas, Rua Gualdim Pais e Largo Marquês de Nisa.

A melhoria estrutural que se irá verificar nas condições de drenagem traduz-se num impacte positivo na ocupação do solo em zonas anteriormente vulneráveis e que serão beneficiadas pela operação dos túneis. Este revela-se um impacte positivo muito significativo, permanente e certo.

5.4.2 Comparação das Alternativas

Considerando as alternativas de projeto para o caso do TCB, embora as alternativas analisadas (TCB1, TCB2, TCB3 e TCB4) considerem localizações distintas para o traçado do túnel e zona de descarga no Beato, as características dos locais com intervenções à superfície são semelhantes (áreas intervencionadas, com edifícios degradados e atividades industriais e portuárias).

No entanto, no caso da Alternativa TCB2 a saída do túnel dá-se na Calçada D. Gastão e implica a expropriação de propriedade privada, enquanto que para a Alternativa TCB3 a saída do túnel ocorre na zona do Convento do Grilo e os terrenos afetados são propriedade da CML, pelo que não se preveem expropriações nesta zona, mas pode criar condições para as alterações dos usos previstos e acordados, nomeadamente atividades para indústrias criativas e organização da *web summit*. De igual modo, para as Alternativas TCB1 e TCB4 não se prevê a necessidade de expropriação de terrenos.

Deste modo, a significância do impacte ao nível da dimensão social considera-se superior no caso da Alternativa TCB2 e TCB3, sendo este de elevado significado. Acresce que na Alternativa TCB1 a intervenção ocorre na zona portuária com movimentação de carga decorrente da atracagem de navios com maior afetação, pelos que os impactes no uso do solo serão potencialmente superiores à TCB4 que decorre numa zona portuária onde a movimentação é mais reduzida.

Nas Alternativas TMSA1 e TMSA2 do TMSA, os ajustes no traçado são localizados, não se refletindo em alterações significativas nos impactes descritos anteriormente. Assim, não se considera a ocorrência de diferenças significativas no que concerne ao solo e ocupação do solo entre as diferentes alternativas de projeto.

5.4.3 Medidas

No Capitulo 6 são apresentadas algumas medidas de minimização dos impactes negativos e boas práticas de carácter geral a considerar, como medidas específicas refere-se:

5.4.3.1 Fase de Construção

ME 5.4-1 Assegurar uma estratégia e soluções que minimizem a perturbação na ocupação do solo nomeadamente na determinação da localização dos estaleiros. Recomenda-se ainda que a base das áreas dos estaleiros associadas a potenciais derrames sejam impermeabilizadas com geotêxtil de forma a assegurar a minimização de afetação do solo, nos locais não impermeabilizados. Esta medida tem especial importância nas zonas de Campolide e Chelas.

ME 5.4-2 Limitar a afetação da ocupação do solo, em qualquer das zonas com intervenções à superfície, minimizando a necessidade de expropriação ou alteração do edificado existente.

5.5 HIDROLOGIA, DRENAGEM E QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

5.5.1 Impactes

Os principais impactes ao nível da hidrologia e qualidade das águas superficiais concentram-se na afetação das condições de drenagem existentes, com a sua perturbação temporária na fase de construção e melhoria significativa na fase de operação. Ainda na fase de operação importa considerar os impactes no meio recetor, ao nível da ocorrência de perturbações na velocidade à superfície, transporte de sedimentos e dispersão da pluma.

5.5.1.1 Fase de Construção

Dado o âmbito do projeto, no decorrer da fase de construção, poderão ocorrer perturbações ao nível do sistema de drenagem existente e embora de probabilidade muito baixa eventuais derrames acidentais associados à operação da maquinaria em obra.

Perturbações no sistema de drenagem existente

Tal como referido no Capitulo 4, as intervenções a realizar incluem intervenções na rede de drenagem existente, pelo que em fase de obra, podem ocorrer perturbações no sistema e infraestruturas de drenagem existentes atualmente. São, no entanto, perturbações temporárias e tão localizadas quanto possível, sendo ultrapassadas com a reposição da situação atual ou melhoria do sistema após finalização das intervenções previstas. Pelo que se considera que os seus impactes, embora sejam temporários, são negativos e com significado.

Derrames acidentais

Durante a fase de construção, verifica-se uma considerável utilização de veículos e maquinaria, salientando-se as atividades possivelmente desenvolvidas no estaleiro principal, em Campolide, e a operação da tuneladora em profundidade. Deverá garantir-se (ME 5.5-1) as boas condições de drenagem nas zonas intervencionadas, bem como a correta manutenção da maquinaria, com especial destaque para a tuneladora, e assegurar o acompanhamento dos procedimentos a executar em fase de obra, para que sejam executados de forma adequada e de acordo com o previsto (ME 5.5-2).

Associada ao funcionamento dos estaleiros refere-se a possibilidade de ocorrência de derrames acidentais, sobretudo de substâncias ligadas à manutenção e abastecimento das máquinas e veículos afetos à obra (gasóleo, óleos e outros hidrocarbonetos) ou mesmo a sua deposição não controlada, o que poderá induzir impactes na qualidade das águas subterrâneas. Interessa assim garantir a cobertura do solo para instalação dos estaleiros, nomeadamente sempre que os mesmos sejam instalados em locais não impermeabilizados, bem como zonas de retenção para zonas de armazenamento de materiais líquidos perigosos (ME 5.5-3).

Considera-se este impacte negativo e incerto, dependendo o seu significado da proporção que possa tomar o potencial derrame. Tendo em conta que o projeto contempla medidas de boas práticas de forma a evitar derrames acidentais e minimizá-los caso ocorram, importa assegurar as medidas para reduzir essa probabilidade. O risco de derrames ambientais e acidentes em fase de construção são abordados na gestão do risco (subcapítulo 5.14).

5.5.1.2 Fase de Operação

Na fase de operação a execução do projeto refletir-se-á numa melhoria estrutural nas condições de drenagem da cidade de Lisboa, minimizando a ocorrência de inundações na cidade. Adicionalmente, importa perceber se haverá alterações no meio recetor das descargas pluviais, nomeadamente o Estuário do rio Tejo.

Melhoria estrutural nas condições de drenagem

De forma a analisar o comportamento dos túneis procedeu-se à sua modelação hidráulica, recorrendo ao modelo dinâmico SWMM, para distintos cenários de intensidade de precipitação e nível médio das águas do mar.

Os cenários considerados dizem respeito a (Consórcio Hidra/Engidro, 2016a):

- Cenário 1 (situação atual) – Considerou-se, como condição de fronteira, as variações de nível decorrentes da maré: a amplitude das marés foi definida em conformidade com os dados do Porto de Lisboa, sendo que a máxima preia-mar de águas vivas (MPMAV) atinge uma cota referida ao nível médio das águas do mar de 2.27 m. Na prática, simularam-se marés de 1.00 m (maré comum), 1.95 m (maré de referência, dada a reduzida probabilidade de ocorrência simultânea de precipitações extremas e de MPMAV, que corresponde a 6/7 da MPMAV, ou seja, a 1.95 m).
- Cenário 2 (situação futura) – Este cenário conservativo pretende ilustrar, conjuntamente, a ocorrência de alterações climáticas (que têm reflexos ao nível do incremento dos níveis de maré e do agravamento da intensidade de precipitação dos eventos extremos) e um acréscimo da ocupação e impermeabilização do solo.

  Considerou-se, assim, um incremento de 5% na intensidade média da precipitação e um agravamento médio de coeficiente C nas bacias "não consolidadas" do ponto de vista da ocupação, entre 5 e 10 %. Consideraram-se dois níveis de maré: 1.95 m e 2.65 m (valor correspondente a um cenário de alterações climáticas, resultante duma subida de 0.70 m do nível de maré, face à situação atual de referência). Nestas circunstâncias, que se consideram extremas e que correspondem, seguramente, a um período de retorno superior a 100 anos, admite-se a entrada em pressão dos túneis.

Com base nos caudais estimados no desenvolvimento do projeto e nos cenários referidos, analisou-se o desempenho hidráulico dos túneis. Tendo em consideração o horizonte de projeto e a preocupação em considerar desde já um cenário de situação futura, é para esse cenário, considerando um período de retorno de 100 anos (simulação que considera condições mais extremas), que se apresentam em maior detalhe os resultados da modelação hidráulica efetuada.

Túnel Monsanto-Santa Apolónia

De acordo com o traçado e o perfil atualmente definidos, procedeu-se à simulação em modelo matemático (com recurso ao software SWMM), por um lado, para analisar o desempenho hidráulico do próprio túnel e, por outro, o desempenho hidráulico do sistema de drenagem considerando a construção do túnel, em particular nas zonas a jusante das câmaras de desvio de caudal de Santa Marta e da Av. Almirante Reis. O modelo foi solicitado para condições distintas de intensidade de precipitação, de variações de nível a jusante (decorrentes da influência da maré sobre o escoamento na zona baixa de Alcântara) e de ocupação e impermeabilização do solo. O agravamento da intensidade de precipitação e do nível médio da maré, resultante das alterações climáticas, foram também simulados (Consórcio Hidra/Engidro, 2016b).

Sumariamente, os resultados da simulação mostram que, para períodos de retorno entre 5 e 20 anos, o túnel permite escoar a totalidade dos caudais intercetados ($Q_{T=20}$ ~ 140 m^3/s) sem entrar em carga. Por sua vez, para períodos de retorno iguais ou superiores a 50 anos ($Q_{T=50}$ ~ 155 m^3/s), o túnel pode eventualmente entrar em carga no troço final (pequena carga em situações de preia-mar) mas, dada a profundidade a que se encontra implantado, não se verificam, naturalmente, situações de extravasamento pelas câmaras de desvio de caudal em Santa Marta e na Av. Almirante Reis (Consórcio Hidra/Engidro, 2016b).

No sentido de avaliar o desempenho do túnel para um cenário extremo, efetuaram-se simulações para um evento de precipitação com um período de retorno de 100 anos e com nível máximo de preia-mar. Apresenta-se na figura seguinte o resultado dessa simulação (Consórcio Hidra/Engidro, 2016a).

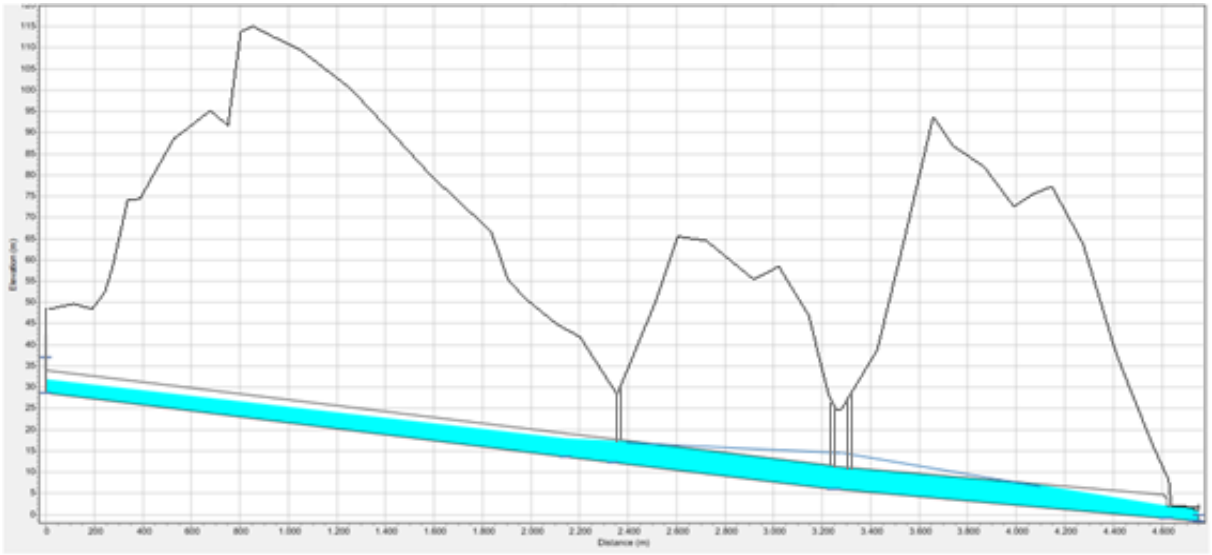


Figura 5.5-1 – Perfil do TMSA para T=100 anos, MPMAV=1.95 m

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2016a)

Tal como se pode constatar, o túnel entra em carga no troço situado a jusante do poço de Santa Marta. A entrada em carga é induzida, de certo modo, pela redução da capacidade de escoamento que resulta da diminuição do declive de 0.7% para 0.5%. Apesar da entrada em carga, não existe qualquer risco de extravasamento através da câmara da Av. Almirante Reis (Consórcio Hidra/Engidro, 2016a).

Admitiu-se outro cenário que visa analisar o agravamento induzido pelo efeito das alterações climáticas. Considerou-se um evento de precipitação com período de retorno de 100 anos e tendo-se admitido um agravamento médio das intensidades de precipitação de 5%, um aumento do nível médio das águas do mar de 0.70 m (relativamente ao valor considerado de 6/7 da máxima preia-mar de águas vivas, ou seja 2.65m) e um aumento das áreas impermeáveis nas zonas menos consolidadas entre 5 a 10%. Na figura seguinte apresenta-se os resultados obtidos da simulação (Consórcio Hidra/Engidro, 2016a).

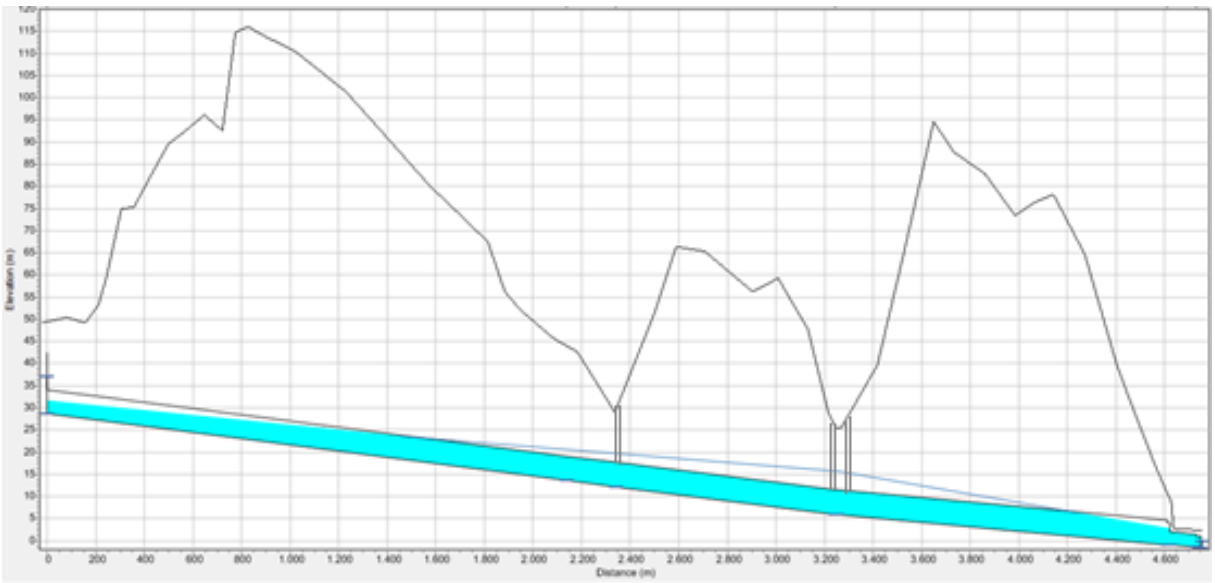


Figura 5.5-2 - Perfil do TMSA para T=100 anos (intensidade + 5%) , MPMAV=2.65 m e aumento das áreas permeáveis

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2016a)

Pode constatar-se que o túnel entra em carga. No entanto, a linha piezométrica encontra-se muito abaixo da superfície, nomeadamente dos poços da Av. Almirante Reis, não havendo riscos de ocorrência de extravasamentos. As pressões internas máximas que se verificam no túnel são da ordem de 5 m.c.a. e não representam problemas ao nível estrutural, uma vez que as pressões externas são significativamente superiores (Consórcio Hidra/Engidro, 2016a).

A avaliação do comportamento do sistema (túnel, em conjunto com o sistema de drenagem existente) para o cenário mais condicionante (com período de retorno de 100 anos e agravamento devido ao efeito das alterações climáticas) foi efetuada a fim de determinar a existência de problemas de extravasamento e inundação nas zonas mais críticas, ou seja, na Baixa de Lisboa e na zona baixa de Alcântara. Apresenta-se na figura seguinte o comportamento do sistema na Baixa Pombalina. É possível constatar que, apesar do túnel entrar em pressão, os coletores localizados a jusante das câmaras de desvio de caudal(Santa Marta e Av. Almirante Reis) permanecem folgados e não apresentam falta de capacidade de escoamento (Consórcio Hidra/Engidro, 2016a).

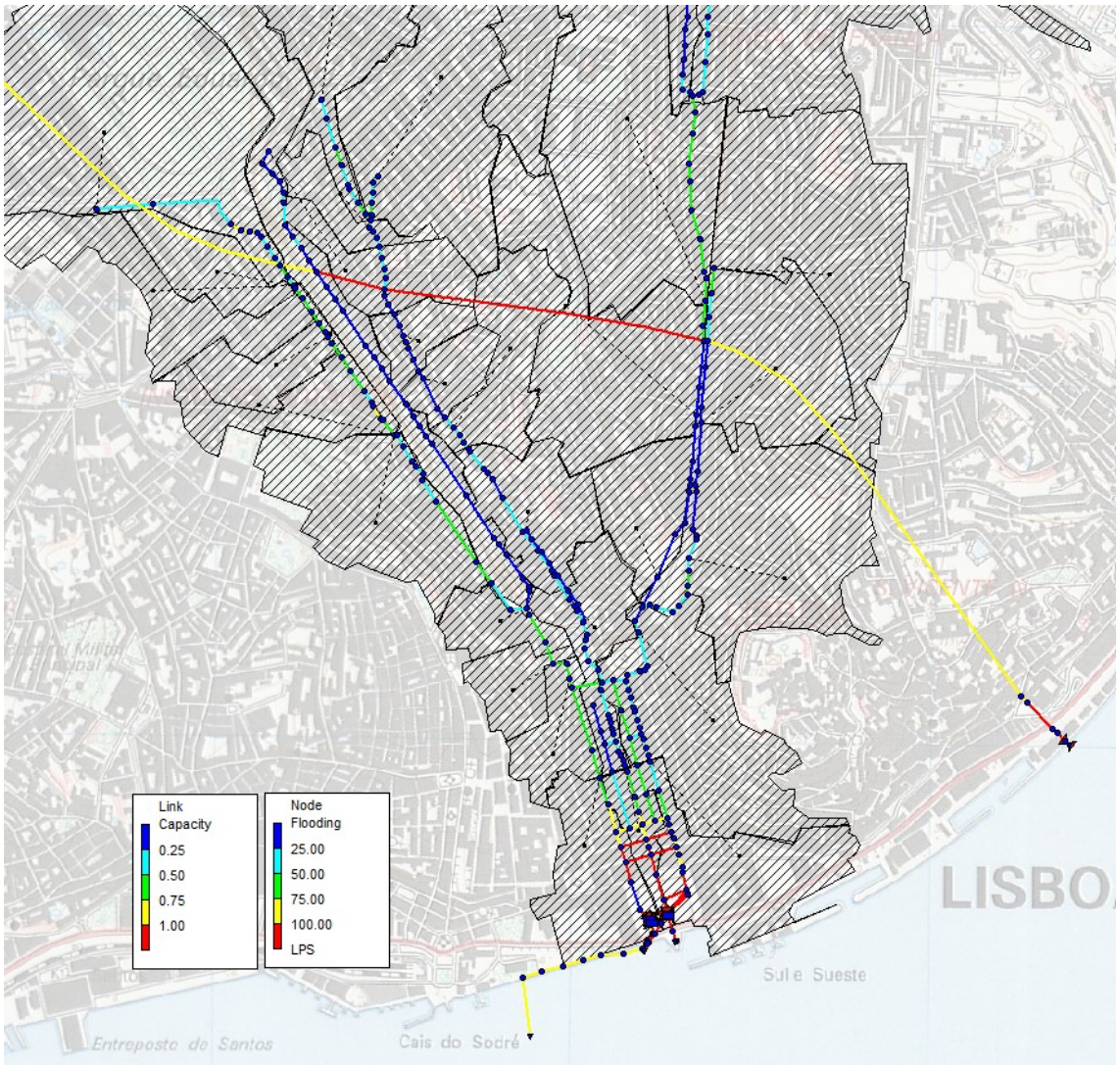


Figura 5.5-3 - Modelação dinâmica das bacias da Av. Liberdade e Almirante Reis com o TMSA para T=100 anos considerando agravamento devido às alterações climáticas (MPMAV=2.65m)

Fonte:(Consórcio Hidra/Engidro, 2016a)

A interceção dos caudais pelo túnel, independentemente da intensidade da precipitação e nível de maré considerados (incluindo agravamentos resultantes das alterações climáticas), irá aliviar o Caneiro e o sistema de drenagem a jusante do túnel, contribuindo para reduzir significativamente os extravasamentos/inundações que atualmente ocorrem ao longo da Rua Santa Marta/Rua São José/Portas St.º Antão e de outras zonas críticas, tais como a Praça da Figueira, Rossio e a zona da Baixa Pombalina. De salientar, que no caso de se considerar um período de retorno de 100 anos, são desviados do Caneiro de Alcântara para o túnel cerca de 130 m^3/s que de outra forma seguiriam para a Baixa de Alcântara, onde ocorrem frequentemente problemas de inundações devido à capacidade de descarga do Caneiro ser muito condicionada pelo nível de maré. Estima-se que, para um nível de maré de 1.95 m, a capacidade de descarga do Caneiro, sem que ocorram extravasamentos, em particular, em zonas com cotas muito reduzidas (inferiores a 3 m) como o Largo das Fontaínhas, não seja superior a 85 m^3/s (Consórcio Hidra/Engidro, 2016b).

Considera-se, portanto, que o dimensionamento do túnel permite, mesmo tendo em consideração os efeitos de agravamento devido às alterações climáticas, assegurar bons níveis de desempenho para uma precipitação com período de retorno de 100 anos (caudais gerados e intercetados pelo túnel, na obra de desvio do Caneiro e nas câmaras de Santa Marta e Santa Apolónia, da ordem dos 170 m^3/s) (Consórcio Hidra/Engidro, 2016b).

Túnel Chelas-Beato

De forma a minimizar o risco de ocorrência de inundações que se registam com muita frequência na zona baixa de Chelas e Xabregas propôs-se a construção do TCB para desviar os caudais provenientes de toda a zona norte da bacia O até ao cruzamento da Estrada de Chelas com a Av. Santo Condestável. Esta intervenção permite aliviar toda a rede a jusante a partir deste ponto.

Recorreu-se igualmente ao modelo dinâmico, onde foi analisado o efeito da construção do túnel para a melhoria das condições de escoamento e na mitigação do risco de ocorrência de inundações na zona da baixa de Chelas.

Foram simulados os dois cenários definidos e para a situação mais condicionante pode constatar-se que o túnel não entra em carga (Figura 5.5-5).

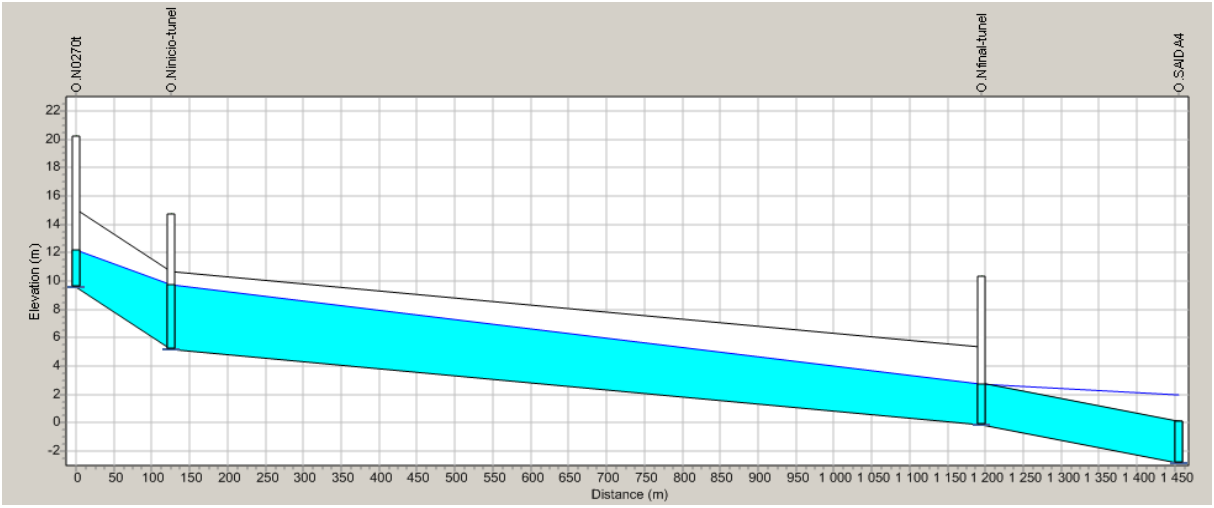


Figura 5.5-4 - Perfil do túnel Chelas-Beato para T=100 anos (intensidade + 5%), MPMAV = 1.95 m

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2016a)

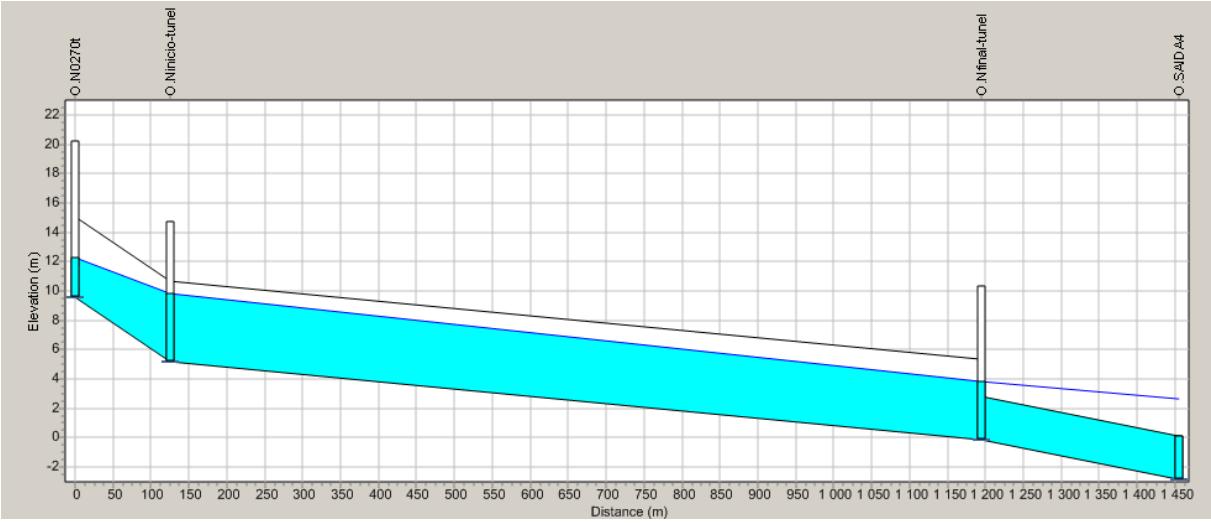


Figura 5.5-5 - Perfil do túnel Chelas-Beato para T=100 anos (intensidade + 5%), MPMAV=2.65 m e aumento das áreas permeáveis

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2016a)

Para a situação mais condicionante pode constatar-se que o túnel entra em carga. No entanto, a linha piezométrica encontra-se muito abaixo da superfície, sendo a pressão interna máxima que se verifica no interior do túnel da ordem dos 4 m.c.a., o que não representa um problema ao nível estrutural, uma vez que as pressões externas são significativamente superiores (Consórcio Hidra/Engidro, 2016a).

O túnel permite escoar um caudal máximo de 156 m^3/s, sendo que para o período de retorno de 100 anos, num cenário agravado, o caudal máximo afluente é cerca de 145 m^3/s, conclui-se que o túnel funciona com alguma folga, podendo suportar eventos de precipitação mais extremos que os simulados (Consórcio Hidra/Engidro, 2016b).

Assim, para uma precipitação com um período de retorno de 100 anos, o túnel tem capacidade para escoar a totalidade dos caudais afluentes, mesmo considerando um cenário futuro em que se dá um agravamento de 5% de precipitação devido a alterações climáticas e um aumento de impermeabilização do solo.

A melhoria estrutural que se irá verificar nas condições de drenagem traduz-se num impacte positivo, permanente, certo e de muito elevado significado.

Efeito de descarga das águas pluviais dos túneis no estuário do rio Tejo

Refira-se que os túneis dispõem de sistema de retenção de grossos e que dada a tipologia de zona urbana drenante (na sua maioria impermeabilizada) é reduzido o caudal sólido, acresce que na fase de descarga, ao alargar a secção, as velocidades de saída são reduzidas para valores que se podem aproximar das existentes em maré vazante no estuário do rio Tejo.

De forma a determinar as possíveis alterações no meio recetor, procedeu-se ao estudo do efeito de descarga das águas pluviais dos túneis Monsanto-Santa Apolónia e Chelas-Beato na hidrodinâmica local e na dinâmica sedimentar junto ao rio Tejo, utilizando o modelo MOHID, efetuado pela empresa da especialidade – Hidromod – modelação em engenharia, lda. O estudo foi depois alargado na zona do Beato para abranger a alternativa de descarga mais a montante na Doca do Poço do Bispo (TCB4). O estudo completo (Hidromod, 2017) apresenta-se no Anexo AII-2.

Foram testados dois cenários de caudal, um extremo correspondente a um período de retorno de 100 anos e um caudal frequente (que em média poderá ocorrer 5 vezes por ano). Os cenários de caudal foram testados para duas situações de maré: baixa-mar de maré viva e preia-mar de maré morta. Foram também testados para cada túnel duas geometrias de

descarga, de forma a analisar qual a melhor solução. A caracterização do efeito da pluma sobre a hidrodinâmica e a dinâmica sedimentar foi feita recorrendo ao modelo numérico MOHID, que permite simular diferentes processos marinhos em que se incluem os principais processos que condicionam a hidrodinâmica e a dinâmica sedimentar em estuários.

No que se refere às características das descargas pluviais, tanto para Santa Apolónia como para o Beato, considerou-se um valor máximo de caudal para um período de retorno de 100 anos da ordem de 150 m^3/s e para a cheia frequente da ordem de 30 m^3/s. A janela temporal em que existem valores de caudais significativos é de cerca de 4 h para o cenário de caudal de cheia frequente e de cerca de 5 h para o caudal de cheia com período de retorno de 100 anos. Para ambas as descargas assume-se uma concentração de sólidos suspensos totais (SST) da ordem de 100 mg/l.

Malhas de cálculo

As malhas de cálculo foram efetuadas considerando 3 escalas de resolução:

- Escala regional, por exemplo modelo da Península Ibérica e da região centro/sul de Portugal: 6 km e 1 km

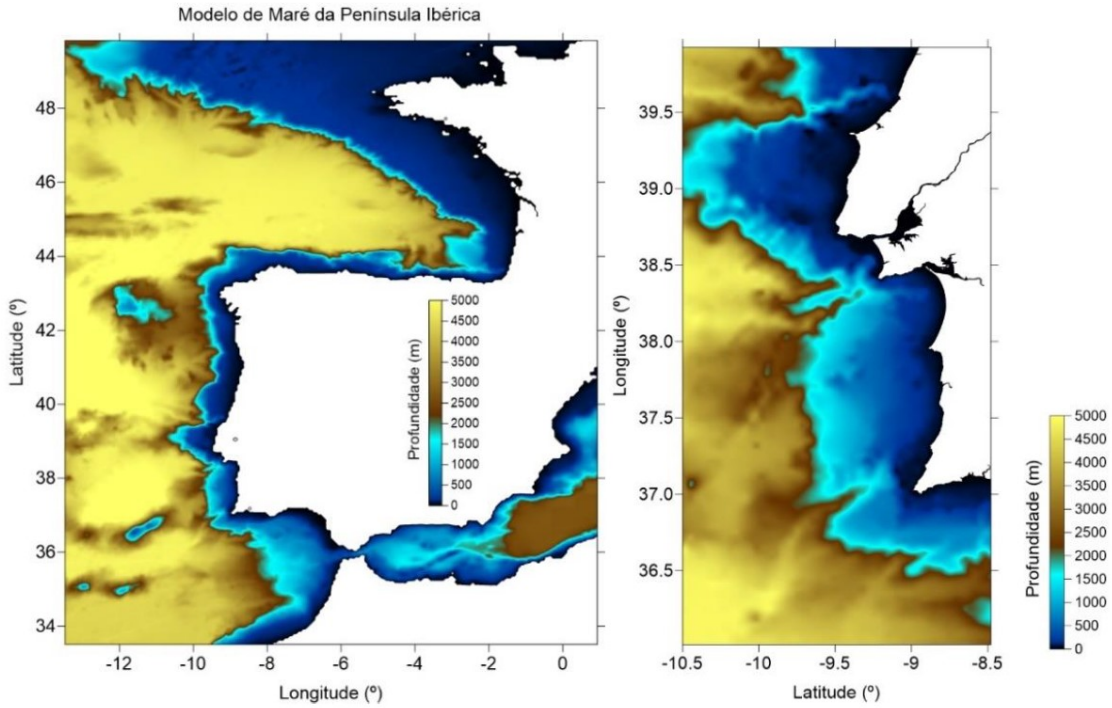


Figura 5.5-6 – Domínio modelação implementado para a geração da maré na Península Ibérica (6 km de resolução) e região centro/sul de Portugal para propagação da maré (1 km de resolução)

Fonte: (Hidromod, 2017)

- Escala do estuário do rio Tejo : 200 m

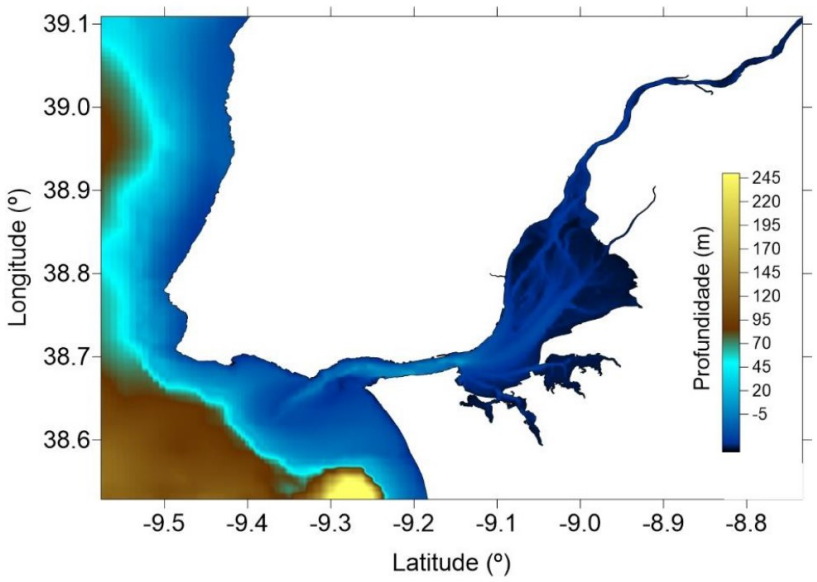


Figura 5.5-7 – Domínio do Estuário do Tejo (200 m de resolução)

Fonte: (Hidromod, 2017)

- Escala local, por exemplo campo próximo e campo afastado das plumas: 25 m (campo afastado) e 5 m (campo próximo)

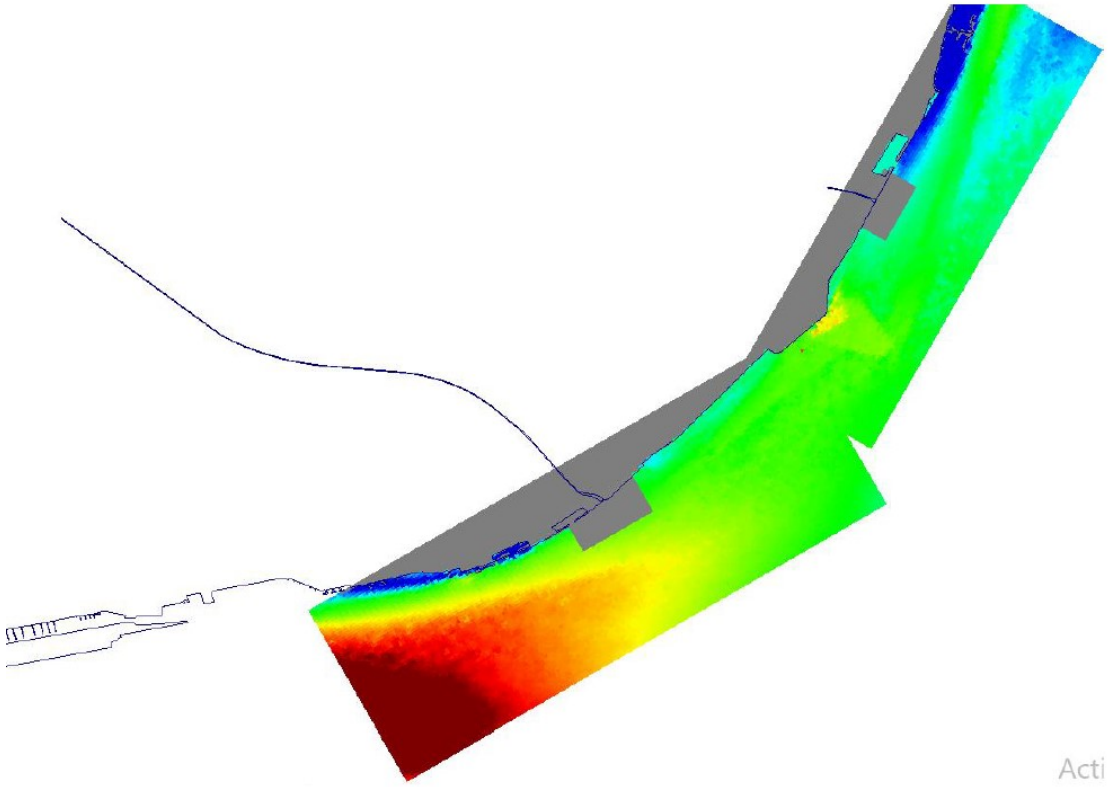


Figura 5.5-8 – Domínio local que inclui duas malhas de cálculo que permitem simular o campo afastado de cada pluma (25 m de resolução) e duas malhas de cálculo com uma resolução de 5 m que permitem simular o campo próximo

Fonte: (Hidromod, 2017)

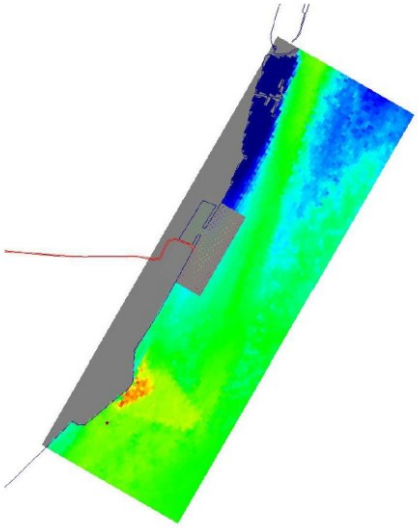


Figura 5.5-9 – Domínio local que inclui duas malhas de cálculo que permitem simular o campo afastado (25 m de resolução) e o campo próximo (resolução de 5 m). Esta última malha é focada na localização alternativa estudada correspondente à localização da Alternativa TCB4 do projeto, cerca de 200 m a norte, na zona do Beato

Fonte: (Hidromod, 2017)

Geometria das estruturas de descarga

No caso de Santa Apolónia a descarga é feita debaixo de um cais sustentado em estacas que se prolonga para jusante. Uma solução testada é a da descarga debaixo do cais sem nenhuma restrição ao escoamento. A segunda solução de engenharia consiste num muro com um desenvolvimento semelhante à secção de saída na frente do Cais. Este muro por um lado irá forçar a pluma a ter uma orientação paralela à costa na direção de jusante e por outro irá induzir mistura vertical e assim reduzir as correntes à superfície. Na Figura 5.5-10 e na Figura 5.5-11 apresenta-se a zona terminal do túnel de Santa Apolónia em planta e em corte, respetivamente. No corte está assinalado a azul o muro alinhado com a frente cais, onde a cor representa a profundidade no referencial hidrográfico e a linha contínua preta em frente da saída do túnel representa o muro projetado. É também possível visualizar este muro na vista em planta, representado pela estrutura de cor azul.

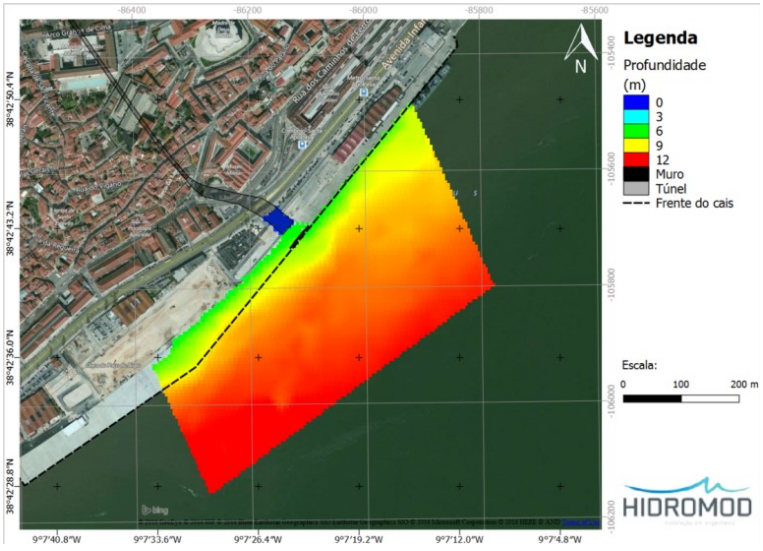


Figura 5.5-10 – Zona terminal do túnel de Santa Apolónia sobreposta à malha de cálculo do campo próximo

Fonte: (Hidromod, 2017)

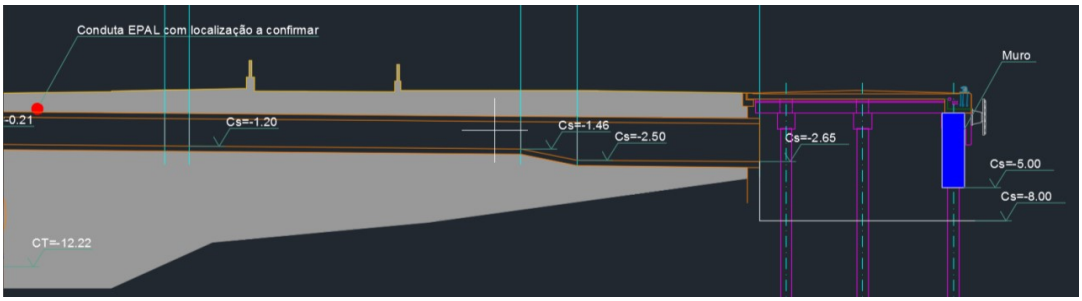


Figura 5.5-11 - Corte da zona terminal do túnel de Santa Apolónia com representação do muro

Fonte: (Hidromod, 2017)

No caso do Beato, as duas soluções a estudar diferem na cota de saída para o estuário: uma mais próxima da superfície livre e outra completamente submersa. A descarga que fica submersa funciona como um grande difusor com uma secção que no topo estará a 1.04 m e a sua soleira a 5.54 m, ambas as cotas abaixo do zero hidrográfico. O facto de a descarga se fazer em profundidade irá induzir uma intensa mistura forçada pelos gradientes de velocidade e pela força de impulsão.

Na Figura 5.5-12 e na Figura 5.5-13 apresenta-se um esquema da zona terminal do túnel do Beato para a Alternativa TCB1, em planta e em corte, respetivamente. No esquema em planta, a cor representa a profundidade no referencial hidrográfico. No corte representa-se o túnel na configuração de descarga em profundidade no meio recetor. O segundo cenário diz respeito a uma descarga em superfície que corresponde a alargar o túnel na vertical removendo a área triangular assinalada a azul na Figura 5.5-13.

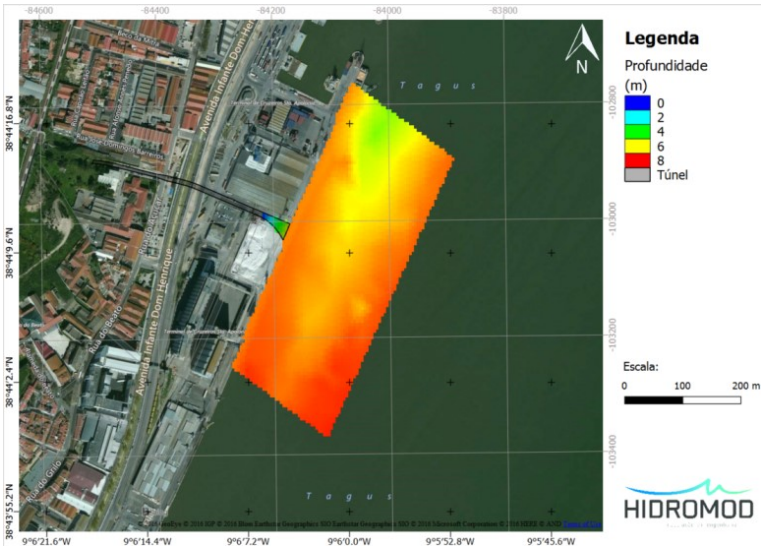


Figura 5.5-12 - Zona terminal do túnel do Beato sobreposta à malha de cálculo do campo próximo

Fonte: (Hidromod, 2017)

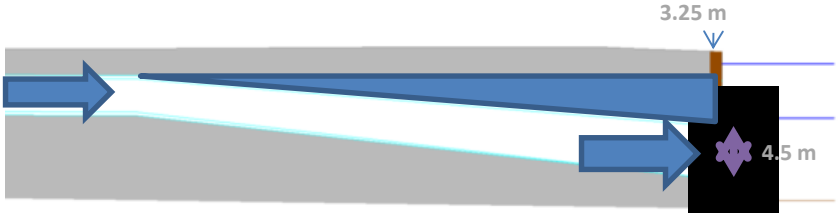


Figura 5.5-13 - Corte da zona terminal do túnel do Beato, com representação das duas soluções de descarga

Fonte: (Hidromod, 2017)

Foi ainda testada uma segunda alternativa para a zona terminal do túnel no Beato, correspondente à localização da Alternativa TCB4 (Doca do Poço do Bispo). Esta alternativa localiza-se cerca de 200 metros mais a norte relativamente à Alternativa TCB1 (Figura 5.5-14). Neste caso foi testada apenas a descarga em profundidade (Figura 5.5-15) porque as simulações feitas para a primeira opção mostram que a descarga à superfície tende a gerar velocidades muito intensas junto ao cais.

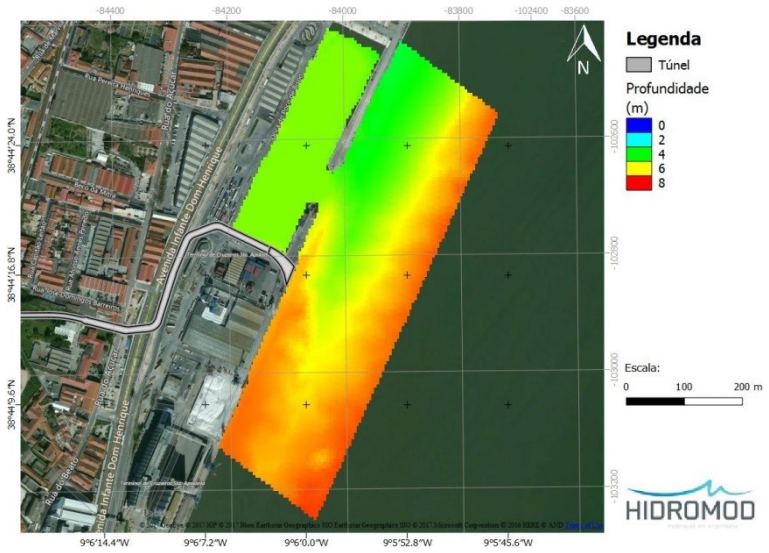


Figura 5.5-14 - Zona terminal do túnel do Beato, para a Alternativa TCb4, sobreposta à malha de cálculo do campo próximo. A cor representa a profundidade no referencial hidrográfico.

Fonte: (Hidromod, 2017)

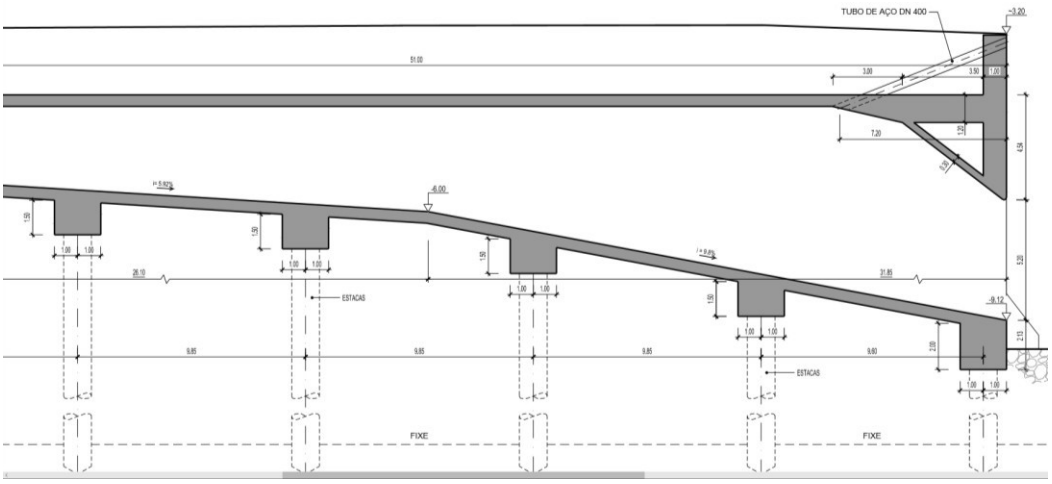


Figura 5.5-15 – Corte da zona terminal do túnel do Beato para a Alternativa TCB4

Fonte: (Hidromod, 2017)

Resultados

Dinâmica 3D da pluma

Existe uma diferença importante de densidade entre o caudal pluvial descarregado pelos túneis em situação de cheia (água doce com cerca de 0 psu) e o meio recetor que apresenta salinidades em situação de verão muito semelhantes às que se observam na zona costeira (36 psu). Esta diferença de densidade condiciona a evolução da pluma no meio recetor.

Santa Apolónia

No caso de Santa Apolónia, no cenário sem muro, o modelo apresenta para todos os cenários de caudal e maré uma pluma muito restringida à superfície (Figura 5.5-16). O muro tem o mérito de aumentar a mistura vertical na zona próxima do ponto de descarga o que permite diminuir a intensidade da velocidade à superfície uma vez que a espessura da pluma aumenta (Figura 5.5-17). Outro efeito do muro é forçar o eixo da pluma a ter uma orientação mais paralela ao cais (Figura 5.5-17). Desta forma existe uma redução da componente normal da velocidade ao longo da frente cais.

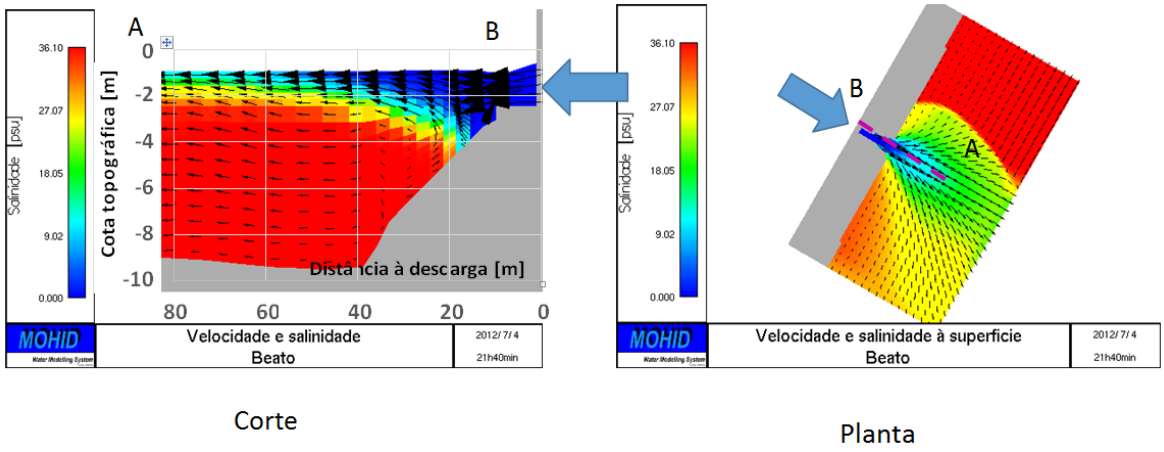


Figura 5.5-16 - Estrutura 3D (salinidade e velocidades) da pluma de Santa Apolónia para um cenário de caudal de cheia frequente para uma situação de maré-viva. Descarga sem muro. Os resultados são para um instante em que o caudal máximo é atingido: lado esquerdo – corte na direção normal ao cais, lado direito – campo superficial.

Fonte: (Hidromod, 2017)

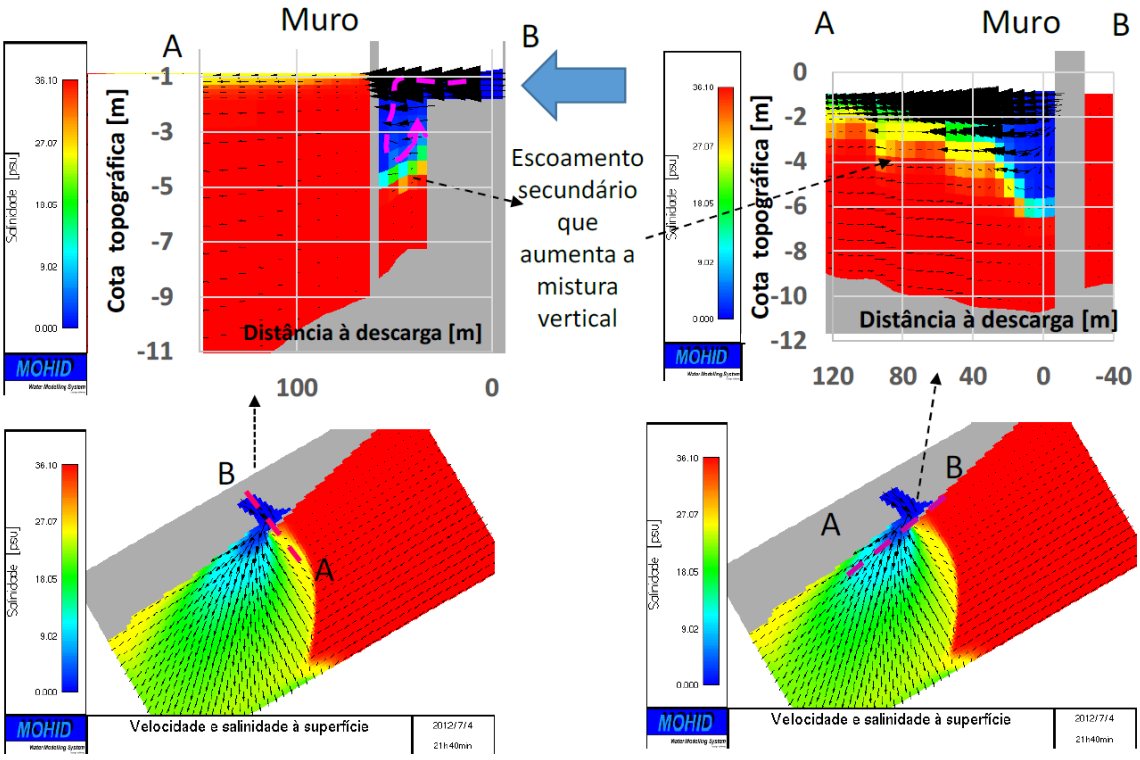


Figura 5.5-17 – Estrutura 3D (salinidade e velocidades) da pluma de Santa Apolónia para um cenário de caudal de cheia frequente para uma situação de maré-viva. Descarga com muro. Os resultados são para um instante em que o caudal máximo é atingido: lado esquerdo – corte na direção normal ao cais, lado direito – corte paralelo ao cais.

Fonte: (Hidromod, 2017)

Beato

O Beato apresenta resultados semelhantes aos obtidos para Santa Apolónia, para o caso em que a descarga é feita à superfície (Figura 5.5-18). A descarga em profundidade permite aumentar a dispersão da pluma reduzindo significativamente a velocidade junto à frente cais (Figura 5.5-19). No entanto, devido ao efeito da força de impulsão, continua a ser bem visível a pluma com origem na descarga pluvial.

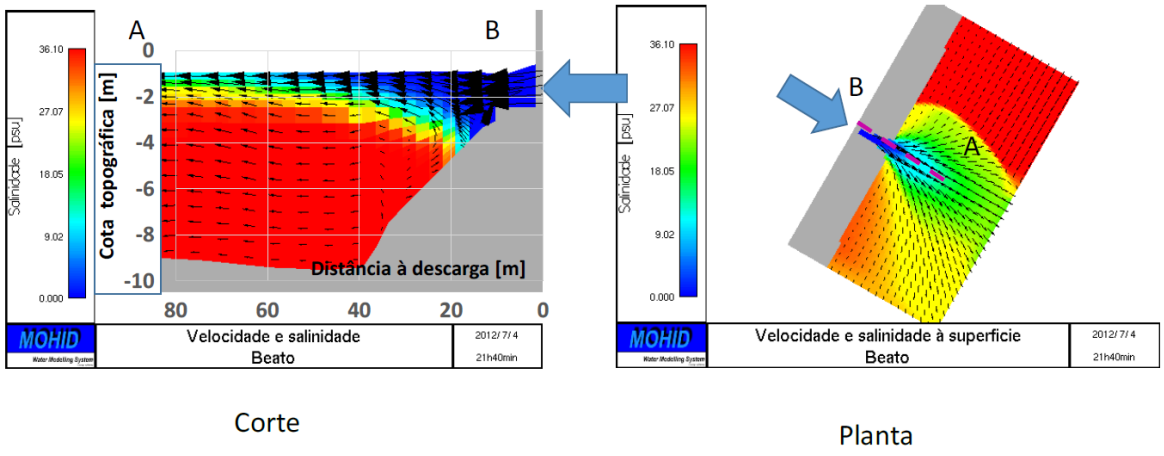


Figura 5.5-18 – Estrutura 3D (salinidade e velocidades) da pluma do Beato para um cenário de caudal de cheia frequente para uma situação de maré-viva. Descarga superficial. Os resultados são para um instante em que o caudal máximo é atingido: painel esquerdo – corte na direção normal ao cais, painel direito - campo superficial.

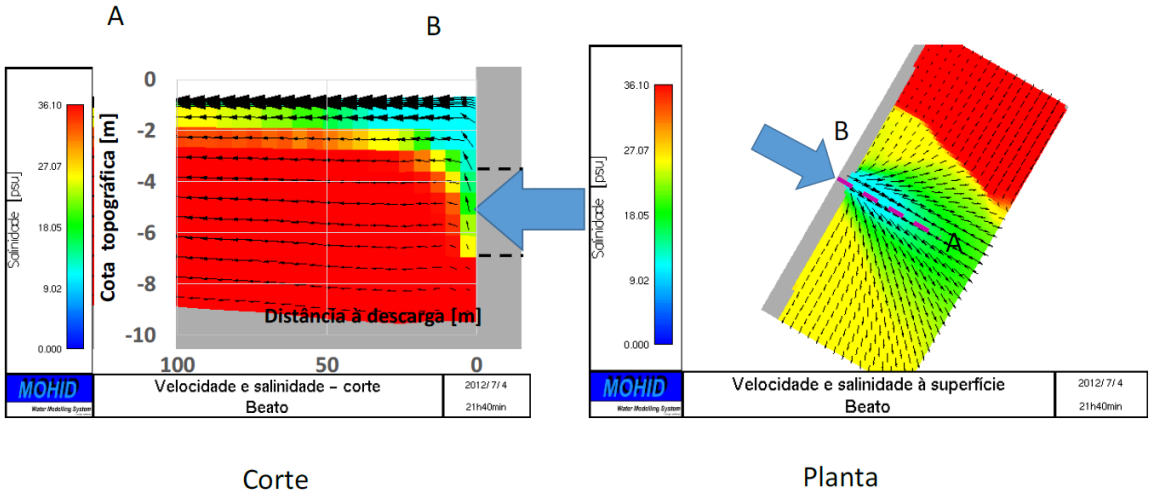


Figura 5.5-19 – Estrutura 3D (salinidade e velocidades) da pluma do Beato para um cenário de caudal de cheia frequente para uma situação de maré-viva. Descarga em profundidade. Os resultados são para um instante em que o caudal máximo é atingido: painel esquerdo – corte na direção normal ao cais, painel direito - campo superficial.

Fonte: (Hidromod, 2017)

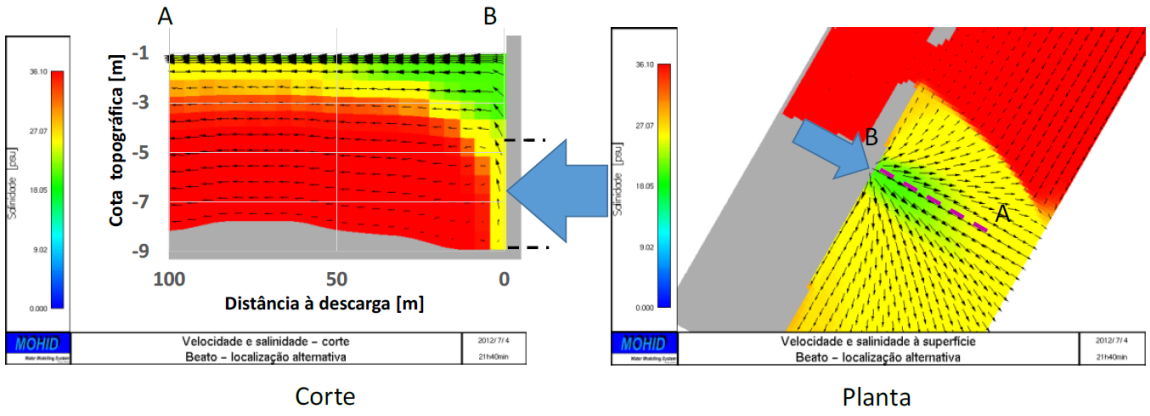


Figura 5.5-20 – Estrutura 3D (salinidade e velocidades) da pluma do Beato (localização alternativa – Alternativa TCB4) para um cenário de caudal de cheia frequente para uma situação de maré-viva. Descarga em profundidade. Os resultados são para um instante em que o caudal máximo é atingido: painel esquerdo – corte na direção normal ao cais, painel direito - campo superficial.

Fonte: (Hidromod, 2017)

Velocidade à superfície – campo próximo

Os resultados já apresentados mostram que as descargas de água pluvial em situações de cheia irão gerar intensificações significativas no campo de velocidades à superfície (aproximadamente no primeiro metro de coluna de água numa zona em que a coluna de água em média tem 10 m). De seguida é feita uma análise focada na intensificação das correntes na zona próxima das plumas que intercetam as áreas próximas do cais.

Santa Apolónia

No caso de Santa Apolónia para uma situação de caudal de cheia frequente (situação que ocorrerá em média 5 vezes ao ano), maré viva em baixa-mar, sem muro, o modelo apresenta velocidades perpendiculares à frente cais máximas da ordem de 1 a 1.5 m/s numa extensão de aproximadamente 100 m (Figura 5.5-20, à esquerda). Velocidades desta ordem de grandeza são

comuns na direção paralela ao cais, mas não na direção perpendicular. Por exemplo, numa situação de vazante de maré viva o meio recetor apresenta velocidades da ordem de 1 m/s (Figura 5.5-21, à direita)

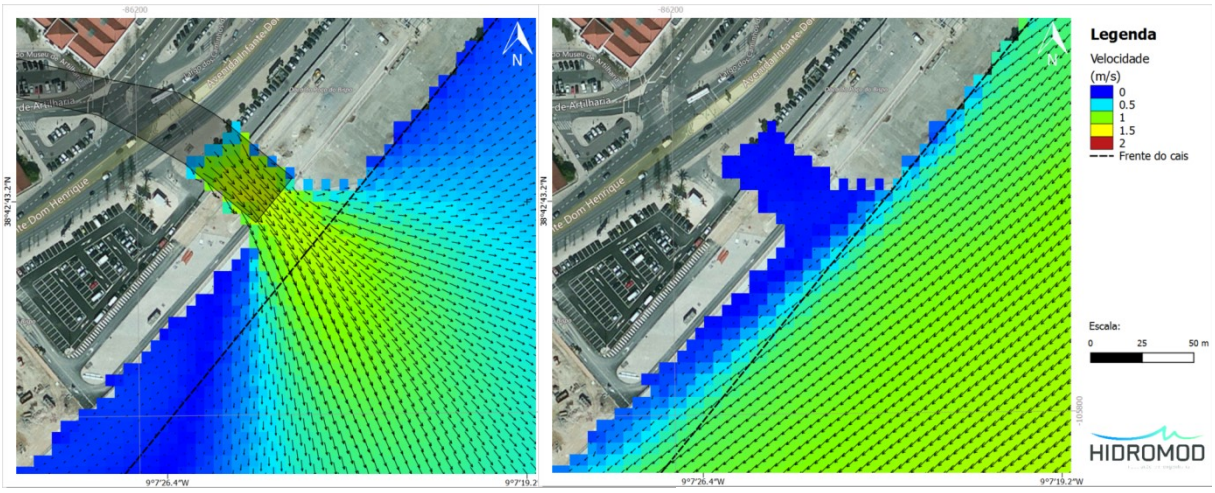


Figura 5.5-21 – Campo de velocidades superficial para Santa Apolónia (vetores a cada 5 m). À esquerda: sem muro para uma situação de caudal de cheia frequente, instante de caudal pluvial máximo, maré viva/baixa-mar; À direita: sem descarga (situação de referência), maré viva/meio da vazante.

Fonte: (Hidromod, 2017)

O muro ao defletir a pluma para sudoeste diminui, em aproximadamente 30%, a intensidade da componente perpendicular ao cais (Figura 5.5-22, à esquerda). Sem muro o eixo da pluma interceta a frente cais na perpendicular. O muro obriga a que o eixo da pluma tenha um ângulo de aproximadamente 45º relativamente à frente cais. A intensidade perpendicular diminui mas a extensão de caís que passa a ser afetada pela pluma aumenta para aproximadamente o dobro.

A situação de maré viva em baixa-mar é a mais desfavorável do ponto de vista do impacte das plumas sobre o campo de velocidades porque é a que apresenta um gradiente de níveis (descarga vs meio recetor) mais elevado e consequentemente velocidades na zona de descarga mais intensas.

Para uma situação de maré morta em preia-mar, com muro, as velocidades ao longo da frente cais têm a mesma direção que o cenário em maré viva mas a intensidade da corrente superficial é inferior, da ordem de 0.5 a 1 m/s (Figura 5.5-22, à direita).

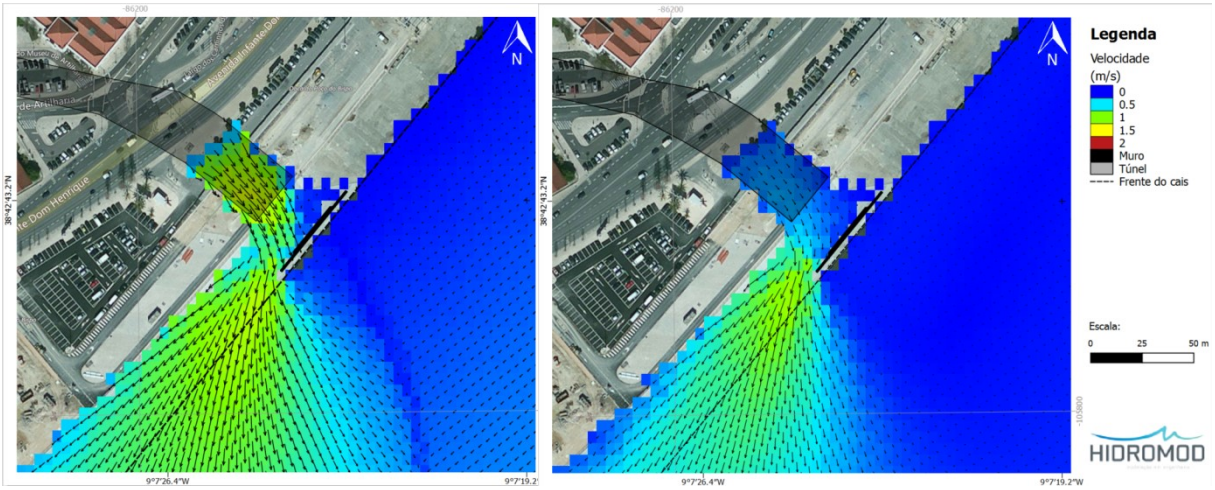


Figura 5.5-22- Campo de velocidades superficial para Santa Apolónia (vetores a cada 5 m), com muro para uma situação de caudal de cheia frequente, instante de caudal pluvial máximo. À esquerda: maré viva/baixa-mar; À direita: maré morta/preia-mar.

Fonte: (Hidromod, 2017)

A direção do campo de correntes à superfície para os cenários de um caudal de cheia com um período de retorno de 100 anos (Figura 5.5-22, Figura 5.5-23, Figura 5.5-24) é semelhante aos cenários de caudal de cheia frequente (Figura 5.5-21 e Figura 5.5-22). No entanto, as intensidades das correntes são aproximadamente o dobro na zona de interceção da pluma com a frente cais.

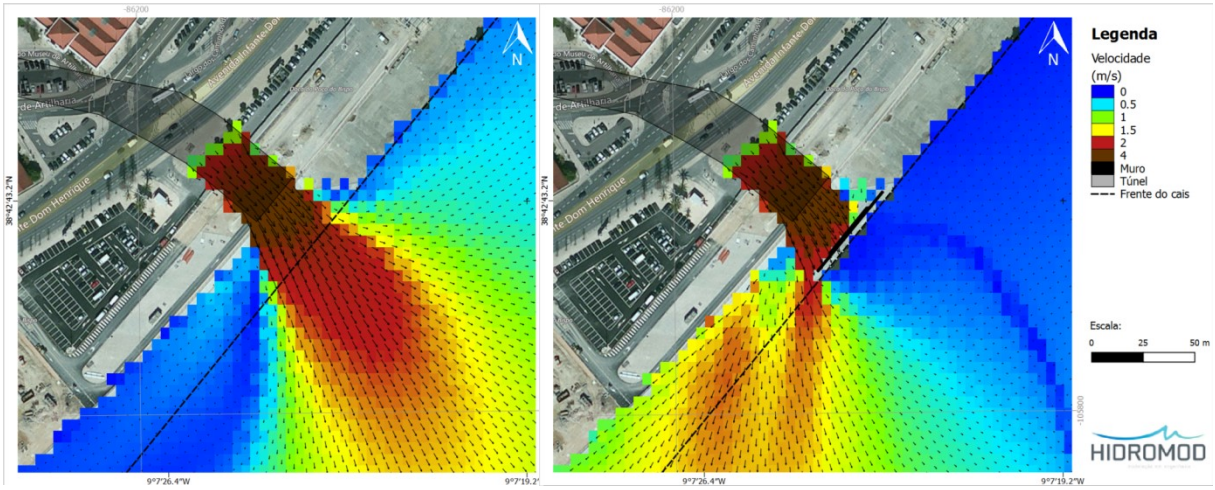


Figura 5.5-23 - Campo de velocidades superficial para Santa Apolónia (vetores a cada 5 m), sem muro (à esquerda) e com muro (à direita), para uma situação de caudal de cheia com um período de retorno de 100 anos, instante de caudal pluvial máximo, maré viva/baixa-mar.

Fonte: (Hidromod, 2017)

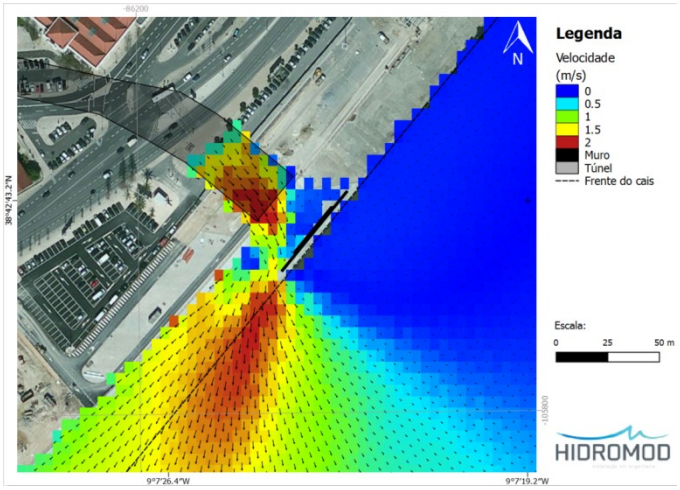


Figura 5.5-24 - Campo de velocidades superficial para Santa Apolónia (vetores a cada 5 m) com muro para uma situação de caudal de cheia com um período de retorno de 100 anos, instante de caudal pluvial máximo, maré morta/preia-mar.

Fonte: (Hidromod, 2017)

Beato

No cenário de caudal de cheia frequente com descarga à superfície em maré viva baixa-mar as velocidades perpendiculares à frente cais podem atingir valores máximos de 2 m/s à superfície ao longo de uma extensão de cerca de 40 m (Figura 5.5-25, à esquerda). A descarga em profundidade permite diminuir esta velocidade ao longo da frente cais para 1 m/s mas mantém-se a direção da velocidade perpendicular à frente cais e a área afetada pela pluma (Figura 5.5-25, à direita). Nas zonas de maiores velocidades não existem diferenças significativas para a descarga em profundidade em maré viva baixa-mar (Figura 5.5-25, à direita) e maré morta em preia-mar (Figura 5.5-26).

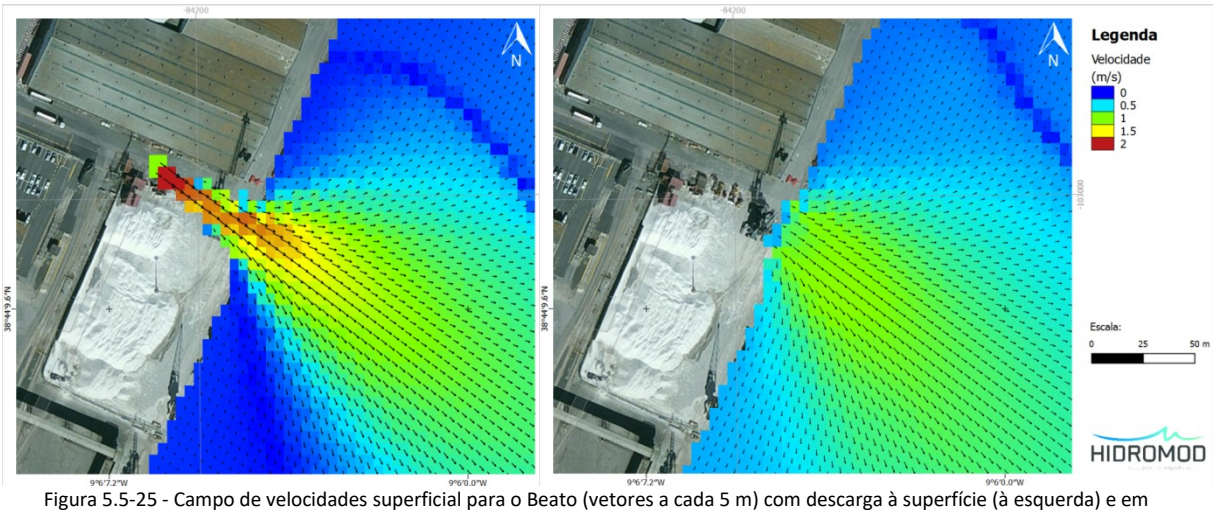


Figura 5.5-25 - Campo de velocidades superficial para o Beato (vetores a cada 5 m) com descarga à superfície (à esquerda) e em profundidade (à direita), para uma situação de caudal de cheia frequente, instante de caudal pluvial máximo, maré viva/baixa-mar.

Fonte: (Hidromod, 2017)

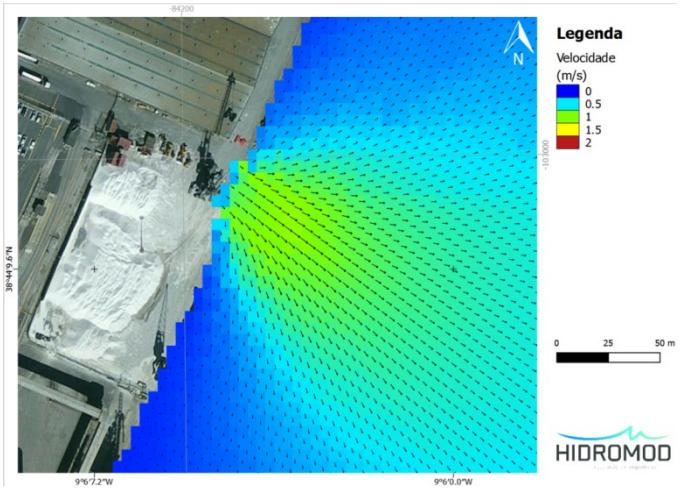


Figura 5.5-26 - Campo de velocidades superficial para o Beato (vetores a cada 5 m) descarga em profundidade para uma situação de caudal de cheia frequente, instante de caudal pluvial máximo, maré morta/preia-mar.

Fonte: (Hidromod, 2017)

Para a zona da Doca do Poço do Bispo, os resultados são semelhantes aos resultados obtidos para a localização correspondente à alternativa TCB1 (Terminal Multiusos do Poço do Bispo), tanto em termos de direção como intensidade (Figura 5.5-27).

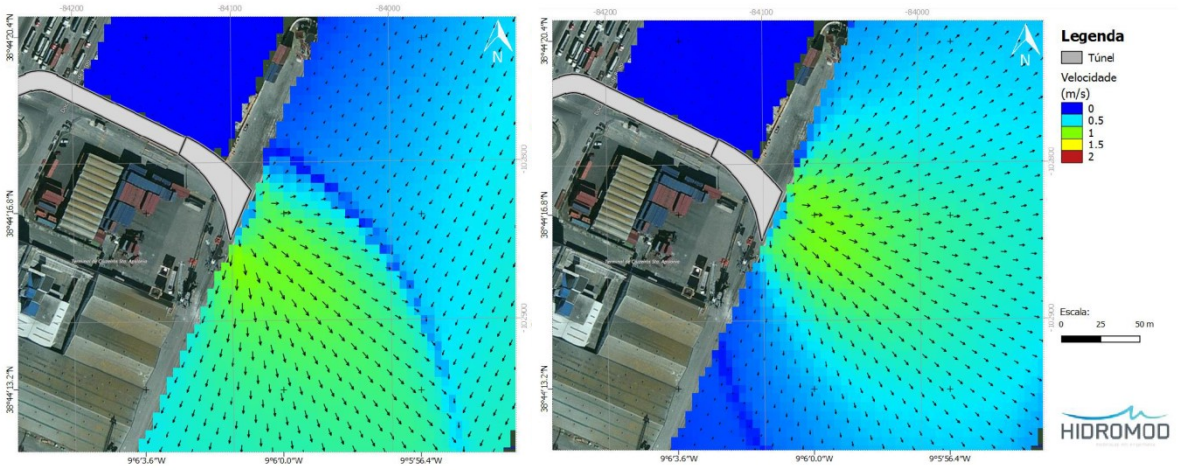


Figura 5.5-27 - Campo de velocidades superficial para o Beato (vetores a cada 5 m), Alternativa TCB4. Descarga em profundidade para uma situação de caudal de cheia frequente, instante de caudal pluvial máximo, maré viva/preia-mar (à esquerda) e maré morta/preia-mar (à direita)

Fonte: (Hidromod, 2017)

Para a Alternativa TCB1, no cenário de caudal de cheia com um período de retorno de 100 anos e descarga à superfície as velocidades perpendiculares à frente cais podem atingir velocidades máximas superiores a 2 m/s (Figura 5.5-28, à esquerda). No caso da descarga em profundidade existe uma redução da velocidade perpendicular junto à frente cais induzida pela pluma de água pluvial. Neste caso o modelo apresenta velocidades junto à frente cais 1 a 1.5 m/s para a situação de maré viva baixa-mar (Figura 5.5-28, à direita). No entanto, esta redução é menor para a situação e maré-morta preia-mar. O meio

recetor para a situação de maré viva apresenta velocidades mais intensas o que induz uma maior mistura da pluma e logo velocidades à superfície menores que a situação de maré morta (maré viva - Figura 5.5-28, à direita e maré morta - Figura 5.5-29).

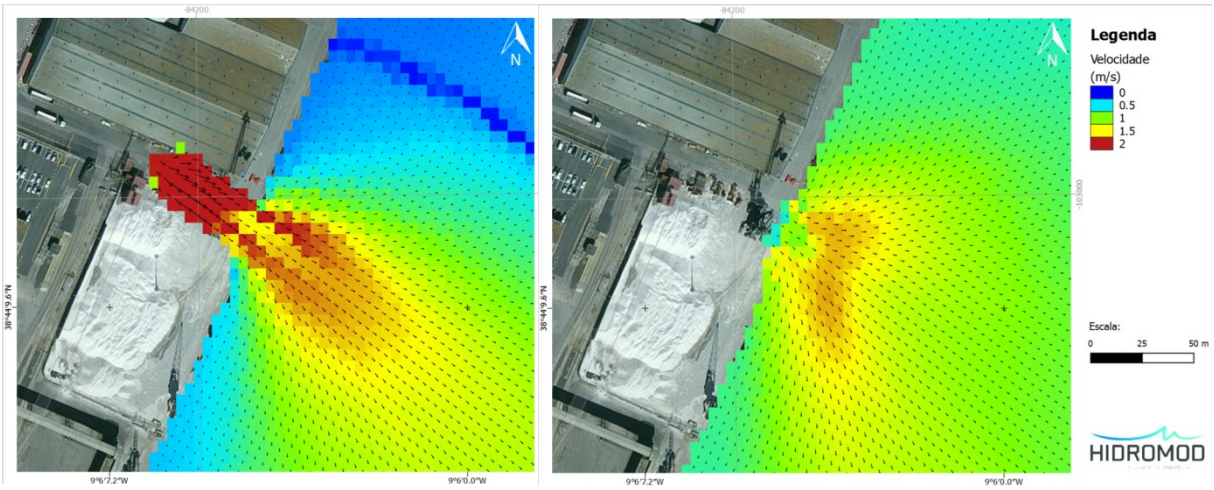


Figura 5.5-28 - Campo de velocidades superficial para o Beato (vetores a cada 5 m) com descarga à superfície (à esquerda) e descarga em profundidade (à direita), para uma situação de caudal de cheia com período de retorno de 100 anos, instante de caudal pluvial máximo, maré viva/baixa-mar.

Fonte: (Hidromod, 2017)

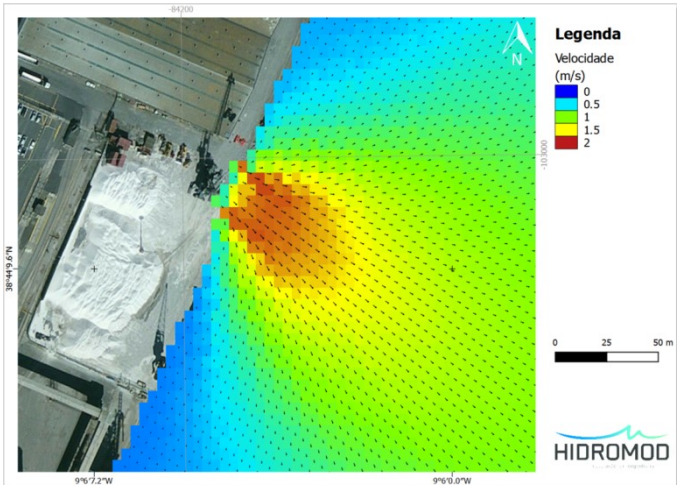


Figura 5.5-29 - Campo de velocidades superficial para o Beato (vetores a cada 5 m) descarga em profundidade para uma situação de caudal de cheia com período de retorno de 100 anos, instante de caudal pluvial máximo, maré morta/preia-mar.

Fonte: (Hidromod, 2017)

O mesmo padrão é observado nos resultados para a localização da Alternativa TCB4, no entanto não existem diferenças significativas entre maré viva e maré morta (Figura 5.5-30).

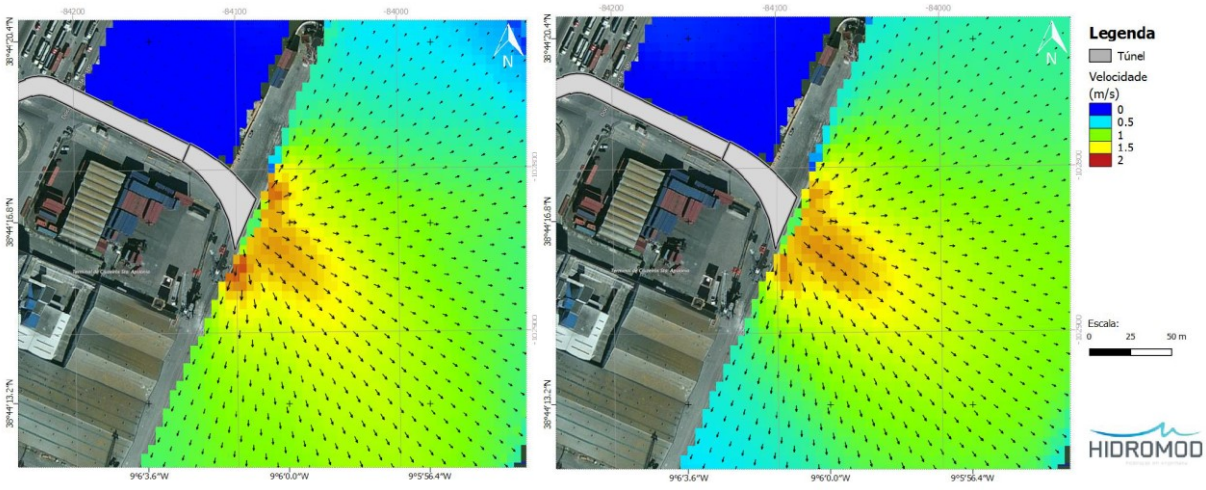


Figura 5.5-30 - Campo de velocidades superficial para o Beato (vetores a cada 5 m), Alternativa TCB4, descarga em profundidade para uma situação de caudal de cheia com período de retorno de 100 anos, instante de caudal pluvial máximo, maré viva/baixa-mar (à esquerda) e maré morta/preia-mar (à direita)

Fonte: (Hidromod, 2017)

Transporte de Sedimentos

Os túneis serão dimensionados de forma a evitar que haja descarga de sólidos de granulometria grosseira (e.g. areias, cascalho) associado às plumas. Estão previstas estruturas hidráulicas que têm por objetivo reter material grosseiro ao longo dos túneis.

Estima-se que a concentração de sólidos suspensos totais (SST) da descarga de água pluvial será da ordem de 100 mg/l. Medidas feitas no estuário em duas estações próximas das zonas de interesse mostram que no meio recetor a concentração de SST varia entre 20 e 150 mg/l (Franz et al., 2014). Pode-se concluir que a turbidez do efluente é da ordem de grandeza da observada no meio recetor logo pode-se considerar que não existe impacte significativo em termos de turbidez.

Devido ao efeito da força de impulsão sobre pluma esta tem um impacte reduzido sobre a tensão de corte do fundo e consequentemente sobre os processos de erosão/deposição. De forma a avaliar o impacte das plumas sobre o transporte de sedimentos no meio recetor foi simulado para cada cenário de cheia a evolução da batimetria relativamente ao cenário de referência.

Na zona mais afastada da frente cais (mais profundas e de maior velocidade) o fundo é de areia fina a média e os sedimentos junto ao cais tenderão a ser lodos de espessura e consistência muito variáveis. No entanto, como se trata de uma zona muito dinâmica e onde ocorrem de forma persistente trabalhos de dragagens, assumiu-se que em algumas zonas poderá haver areias finas ou uma mistura de areias finas e lodos.

As áreas de interesse (Santa Apolónia e Beato) são zonas portuárias mantidas com trabalhos de dragagem, pelo que importa avaliar o impactes que induzam nesta zona processos de assoreamento e consequentemente diminuição da coluna de água disponível.

Os resultados do modelo hidrodinâmico mostram que tanto em termos médios como na análise de extremos, em todos os cenários, ocorre um acréscimo da tensão de corte no fundo na zona de influência da pluma relativamente ao cenário de referência. Caso o fundo seja apenas lodos haverá erosão localizada que irá ressuspender sedimentos finos na coluna de água que tenderão a ser rapidamente dispersos por uma área extensa devido às fortes velocidades do meio recetor. A capacidade

de dispersão do meio recetor juntamente com baixas velocidades de queda (~ 10 m/dia) dos sedimentos finos implica que não haverá zonas de assoreamento localizado. Os processos de erosão induzidos pelas plumas de origem pluviais são benéficos para esta zona porque os fundos são mantidos à custa de dragagens persistentes. Caso o fundo seja de areia fina também existe erosão localizada na área das correntes mais intensas da pluma mas devido às velocidades de sedimentação mais intensas ocorrerá uma sedimentação também localizada.

A evolução batimétrica resulta de um balanço de massa dos fluxos de sedimentos. No cálculo do fluxo de transporte de sedimentos considerou-se a granulometria de uma areia fina, por ser a situação mais desfavorável.

Mesmo considerando o leito como sendo de areia fina, as alterações batimétricas previstas pelo modelo são muito reduzidas relativamente à situação de referência. No caso dos cenários de caudal de cheia frequente as alterações são inferiores a 1 cm tanto no Beato como em Santa Apolónia, podendo considerar-se que o fundo não é perturbado para situações frequentes de caudal de cheia.

Nos cenários de caudal de cheia com período de retorno de 100 anos, as alterações de fundo continuam a ser diminutas, da ordem dos centímetros e muito localizadas no espaço. Em termos de assoreamento, os cenários mais desfavoráveis são os de maré viva com muro (Santa Apolónia) e descarga em profundidade (Beato). Estes cenários ao permitirem uma maior mistura da pluma na vertical acabam por perturbar mais o fundo. Em Santa Apolónia as alterações batimétricas ficam restringidas entre o muro e a descarga ou seja não afetam a zona navegável (Figura 5.5-31). O modelo estima volumes de assoreamento da ordem de 200 m^3. No caso do Beato é formado um pequeno delta (~50 m^2) com alterações do fundo inferiores a 50 cm em que os volumes de assoreamento são inferiores a 100 m^3 (Figura 5.5-32). No caso da localização da Alternativa TCB4, as alterações máximas de fundo são inferiores a 1 cm tanto em termos de assoreamento como de erosão (Figura 5.5-33). Nos outros cenários de cheia com período de retorno de 100 anos (maré morta e descarga à superfície) as alterações de fundo são inferiores a 10 cm na zona navegável (descarga à superfície em maré-viva: Beato - Figura 5.5-34 e Santa Apolónia - Figura 5.5-35).

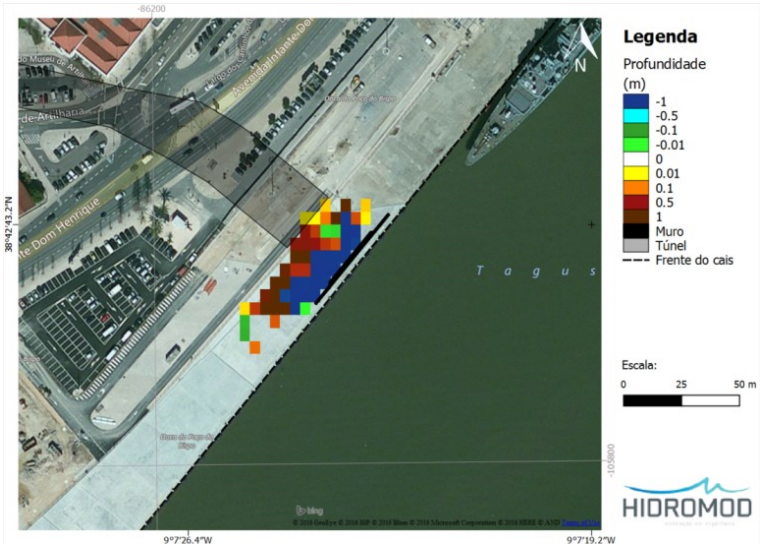


Figura 5.5-31 – Santa Apolónia, variação batimétrica relativa para um cenário de caudal de cheia com período de retorno de 100 anos, maré viva e descarga com muro.

Fonte: (Hidromod, 2017)

Figura 5.5-32 - Beato, variação batimétrica relativa para um cenário de caudal de cheia com período de retorno de 100 anos, maré viva e descarga em profundidade.

Fonte: (Hidromod, 2017)

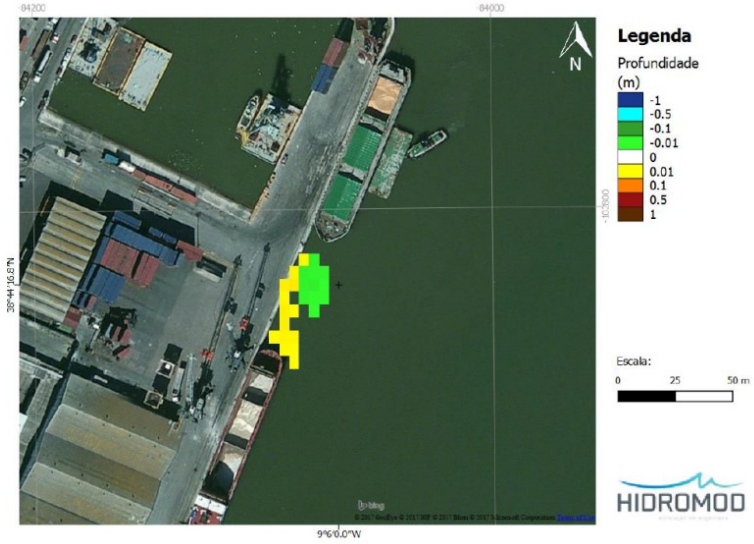


Figura 5.5-33 - Beato, variação batimétrica relativa para um cenário de caudal de cheia com período de retorno de 100 anos, maré viva e descarga em profundidade – Alternativa TCB4

Fonte: (Hidromod, 2017)

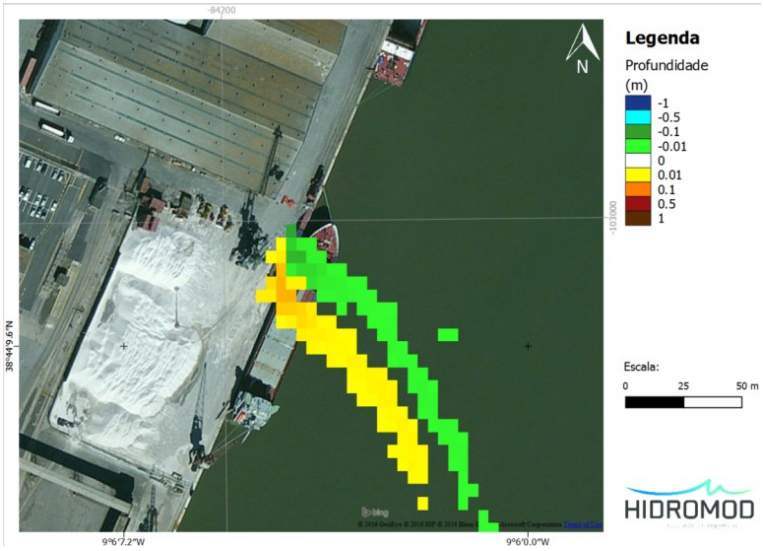


Figura 5.5-34 - Beato, variação batimétrica relativa para um cenário de caudal de cheia com período de retorno de 100 anos, maré viva e descarga à superfície.

Fonte: (Hidromod, 2017)

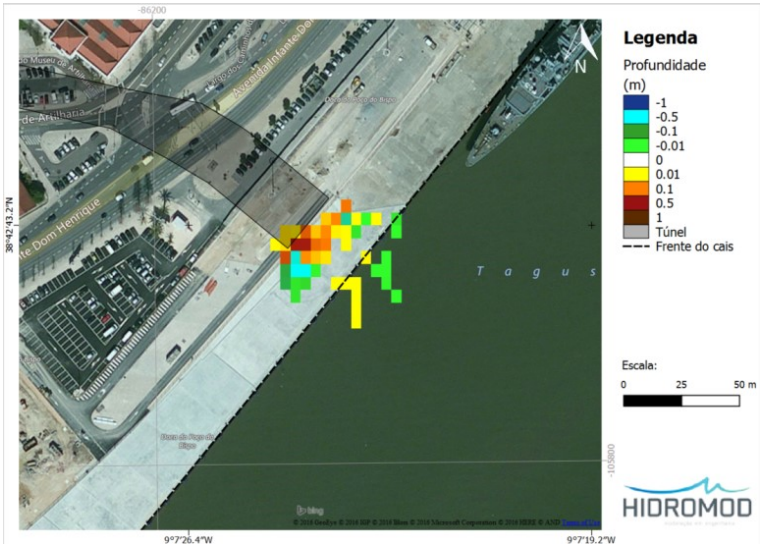


Figura 5.5-35 – Santa Apolónia, variação batimétrica relativa para um cenário de caudal de cheia com período de retorno de 100 anos, maré viva e descarga sem muro.

Fonte: (Hidromod, 2017)

Dispersão de poluentes

Com o objetivo de avaliar a capacidade do meio recetor em dispersar poluentes dissolvidos de origem pluvial foi simulada a descarga de uma propriedade conservativa genérica (evolui apenas devido a processos de transporte). Assumiu-se que o meio recetor inicialmente tem uma concentração nula desta propriedade genérica e a descarga de água pluvial uma concentração de 10^6. Uma diluição de 10 corresponde a um decaimento na concentração do poluente de uma ordem de grandeza apenas devido a processos de transporte (ou dispersão).

Apenas são apresentados os cenários de caudal frequente de cheia porque se considera que os eventos com período de retorno de 100 anos não são representativos do ponto de vista da qualidade da água.

Numa primeira análise dos resultados é caracterizada a área máxima que poderá potencialmente ser afetada do ponto de vista da qualidade da água. Esta análise é feita com base nos campos de diluição mínima simulados para cada cenário. A partir destes campos é possível estimar o decaimento mínimo que um poluente com origem na descarga irá ter, devido apenas à dispersão, ou seja, desprezando processos de fonte e poço (ex. mortalidade). A base desta análise serão os resultados dos modelos 3D focados no campo afastado (passo espacial de 25 m).

A análise feita na primeira fase tem um caracter instantâneo. Numa segunda fase é feita uma análise da persistência temporal do impacte sobre a qualidade da água. Neste caso será feita uma análise de persistência temporal dos valores de diluição. Nesta caso a base da análise serão os resultados dos modelos 3D focados no campo próximo (passo espacial de 5 m).

- Dimensão da pluma

Em termos de qualidade da água considera-se a contaminação fecal como o poluente com maior impacte sobre o meio recetor. Segundo Selvakumar e Borst (2006) as descargas de água pluviais de origem urbana apresentam concentrações de coliformes fecais que variam entre $6x10^3$ e $2x10^4$ CFU/100 mL.

Não existindo em Portugal legislação específica que estipule níveis de contaminação aceitáveis em zonas estuarinas com atividade portuária, assumiu-se como base *guidelines* da APA que consideram a água com boa qualidade se 85% das amostras de coliformes fecais recolhidas ao longo do ano apresentar concentrações inferiores a 2 000 CFU/100 mL^3. Com base nos valores apresentados optou-se por considerar, na análise da dimensão da pluma, um limite máximo de diluição de 10. Assume-se que a partir desta diluição o impacte da pluma é irrelevante. Refira-se que, pelos motivos referidos, este limite corresponde a um limite conservativo.

Outro aspeto que importa realçar é que o impacte da pluma está restringido à superfície. Até cerca de 20 m de distância da descarga ocorrem processos de mistura vertical intensos. Dentro desta zona, toda a coluna de água ou uma percentagem significativa da mesma poderá sofrer o impacte da descarga pluvial. No entanto, a partir do limite dos 20 m, em todos os cenários, a pluma estabiliza à superfície por ação das forças de impulsão e mantém-se com uma espessura de aproximadamente 1 a 2 m em toda a zona de interesse (diluição menor ou igual a 10).

<u>Santa Apolónia</u>

Em Santa Apolónia no cenário de descarga com muro as plumas associadas a cheias frequentes poderão influenciar a qualidade da água de forma instantânea até cerca de 1.5 km para jusante e 700 m para montante e na perpendicular à margem (Figura 5.5-36). Induzindo a descarga à superfície uma dispersão na vertical menos eficiente no campo próximo, consequentemente apresenta valores de diluição menores na zona próxima da descarga (Figura 5.5-37). No entanto, a dispersão horizontal é tão intensa que à escala do campo afastado tende a gerar uma pluma de diluição mínima da mesma dimensão das já apresentadas, mas mais simétrica da direção jusante-montante e com gradiente mais acentuados na zona limítrofe.

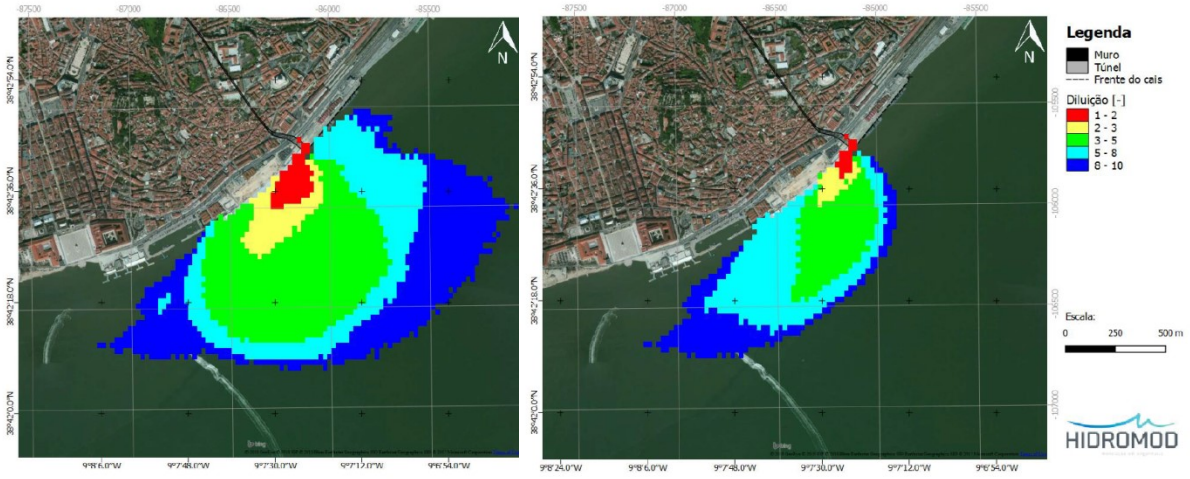


Figura 5.5-36 – Diluição mínima à superfície para a pluma de Santa Apolónia para uma cheia frequente com muro em maré viva em baixa-mar (à esquerda) e em maré morta em preia-mar (à direita).

Fonte: (Hidromod, 2017)

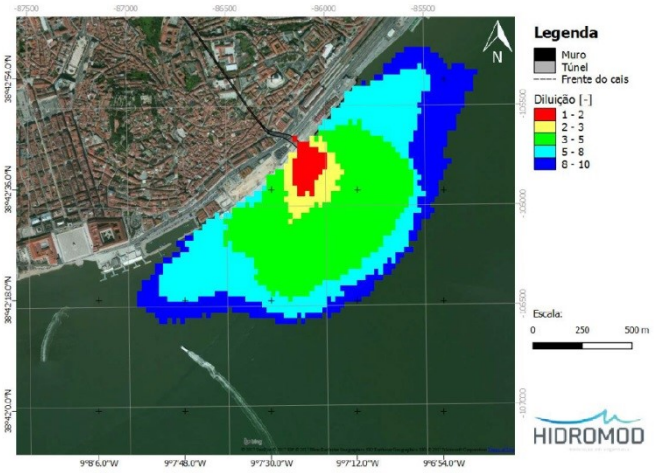


Figura 5.5-37 – Diluição mínima à superfície para a pluma de Santa Apolónia para uma cheia frequente sem muro em maré viva em baixa-mar

Fonte: (Hidromod, 2017)

Beato

Os resultados dos campos de diluição mínima para o Beato mostram de forma clara a diferença entre emitir a descarga em profundidade e à superfície. A descarga em profundidade permite uma maior diluição no campo próximo e consequentemente concentrações mais baixas (diluições mais altas). A pluma para o cenário de descarga em profundidade em baixa-mar de maré viva apresenta uma dimensão maior mas com valores de diluição maiores próximo do ponto de descarga e gradientes mais esbatidos na zona limítrofe que a descarga à superfície (Figura 5.5-38). No cenário de descarga em profundidade a pluma estende-se cerca de 1.5 km para montante/jusante e 700 m na direção perpendicular à margem. Os menores valores de diluição ocorrem na direção de jusante. A pluma descarregada à superfície apresenta dimensões semelhantes mas estendendo-se apenas cerca de 700 m para montante.

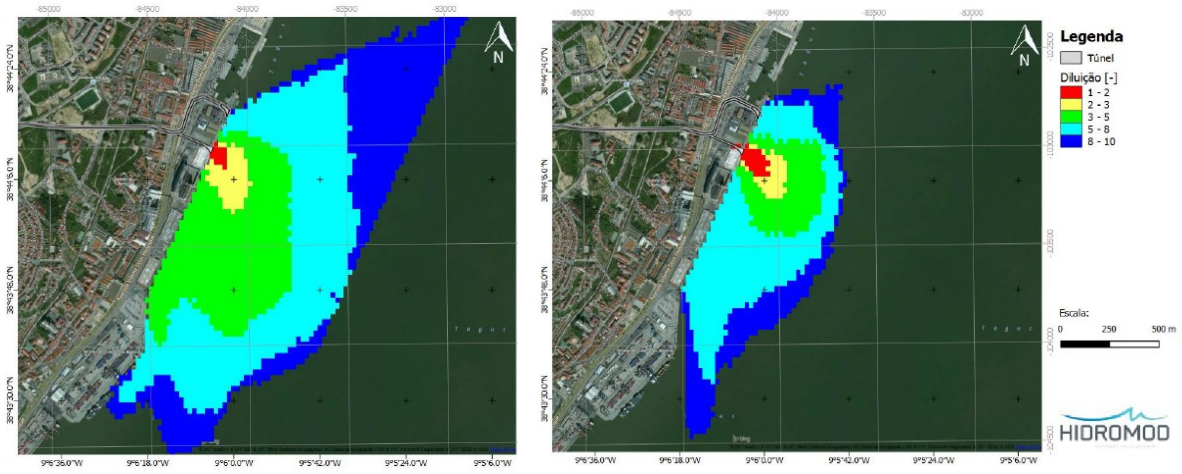


Figura 5.5-38 – Diluição mínima à superfície para a pluma do Beato (localização referente à Alternativa TCB1) para uma cheia frequente, descarga em profundidade (à esquerda) e à superfície (à direita), em maré viva e baixa-mar

Fonte: (Hidromod, 2017)

Existe também uma grande diferença entre a descarga em profundidade em baixa-mar maré viva e em preia-mar maré morta. Neste último caso, a pluma apresenta uma dimensão e valores de diluição na zona próxima bastante inferiores (Figura 5.5-39). Estas diferenças devem-se ao facto de que quando ocorre a descarga em preia-mar de maré morta a coluna de água do meio recetor é aproximadamente 2.5 m maior do que na situação de baixa-mar de maré viva. Consequentemente, a pluma descarregada tem no seu processo de ascensão mais 2.5 m de coluna de água para se misturar com o meio recetor, o que faz com que o limite de diluição de 10 seja mais rapidamente atingido. Neste caso a pluma tem uma dimensão semelhante na direção perpendicular à margem e estendendo-se apenas 500 m para jusante e montante.

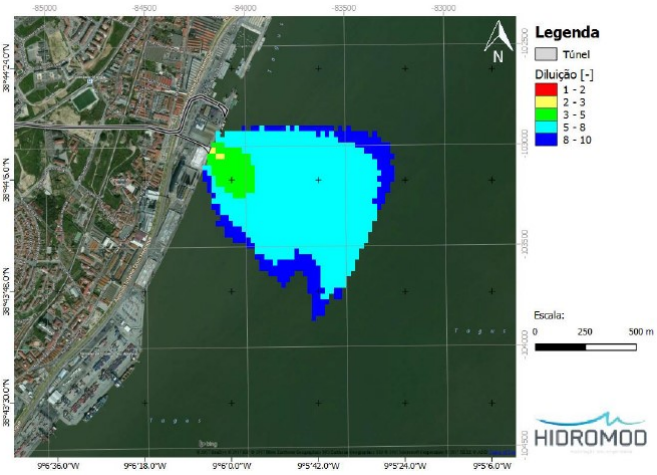


Figura 5.5-39 – Diluição mínima à superfície para a pluma do Beato (localização referente à Alternativa TCB1) para uma cheia frequente, descarga em profundidade em maré morta em preia-mar

Fonte: (Hidromod, 2017)

Na localização alternativa (Alternativa TCB4) para o túnel do Beato a descarga em profundidade é feita a uma cota mais baixa que na primeira localização. Junto à Doca do Poço do Bispo a pluma tem para todos os cenários cerca de 1.5 m a mais de coluna de água para se misturar no processo de ascensão. Consequentemente, a pluma apresenta uma dimensão inferior e valores de diluição superiores relativamente à primeira localização, tanto para o cenário de baixa-mar de maré viva, como de preia-mar de maré morta (Figura 5.5-40).

Dos resultados obtidos pode concluir-se que em termos de qualidade da água a descarga em profundidade é mais benéfica que a descarga à superfície. A descarga em profundidade na localização alternativa apresenta uma maior dispersão porque é feita a uma cota inferior. No caso da descarga em profundidade a intensidade com que a pluma é dispersa no meio recetor vaira muito com a coluna de água ou seja varia ao longo do ciclo de maré. O impacte tende a ser mínimo em preia-mar e máximo em baixa-mar.

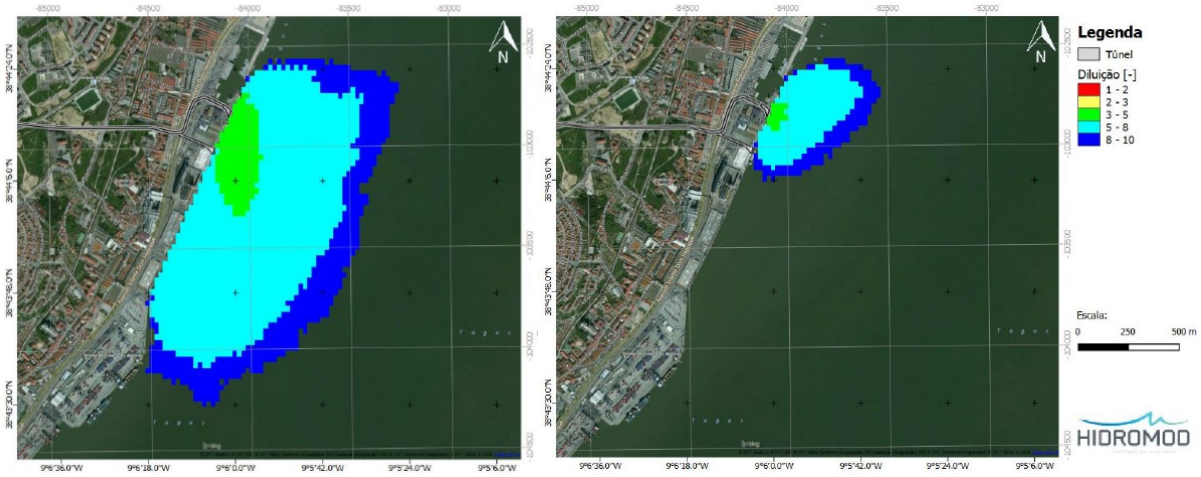


Figura 5.5-40 – Diluição mínima à superfície para a pluma do Beato (localização referente à Alternativa TCB4) para uma cheia frequente, descarga em profundidade em maré viva em baixa-mar (à esquerda) e maré morta em preia-mar (à direita)

Fonte: (Hidromod, 2017)

- Persistência temporal da pluma

Os resultados mostram que o sistema tem uma grande capacidade de dispersão para ambas as zonas de interesse. A forma de ilustrar com que persistência o meio recetor é capaz de dispersar as plumas associadas a eventos de cheia frequente, consistiu em calcular o tempo em que a diluição de cada célula é inferior a 10 (valor limite assumido na análise espacial anteriormente apresentada).

Os resultados mostram uma "pluma de tempo em horas" durante o qual a diluição é inferior a 10. Os eventos de cheia têm uma escala temporal de poucas horas, aproximadamente de 5 a 7 horas. Os resultados mostram que a persistência das plumas no meio recetor tende a ser sempre inferior a 7 h logo no campo próximo. O impacte das plumas tende rapidamente a ser dissipado pelo meio recetor.

Santa Apolónia

No cenário de maré viva (Figura 5.5-41, à esquerda) com descarga com muro o modelo mostra que a cerca de 300 m a jusante da descarga a diluição é inferior 10 apenas durante cerca de 3 horas. A montante e à mesma distância é inferior a 2 horas. No caso da maré morta (Figura 5.5-41, à direita) a jusante a diluição é inferior a 10 durante cerca de 3 horas a uma distância de aproximadamente 450 m. A montante os resultados mostram a diluição é sempre superior a 10.

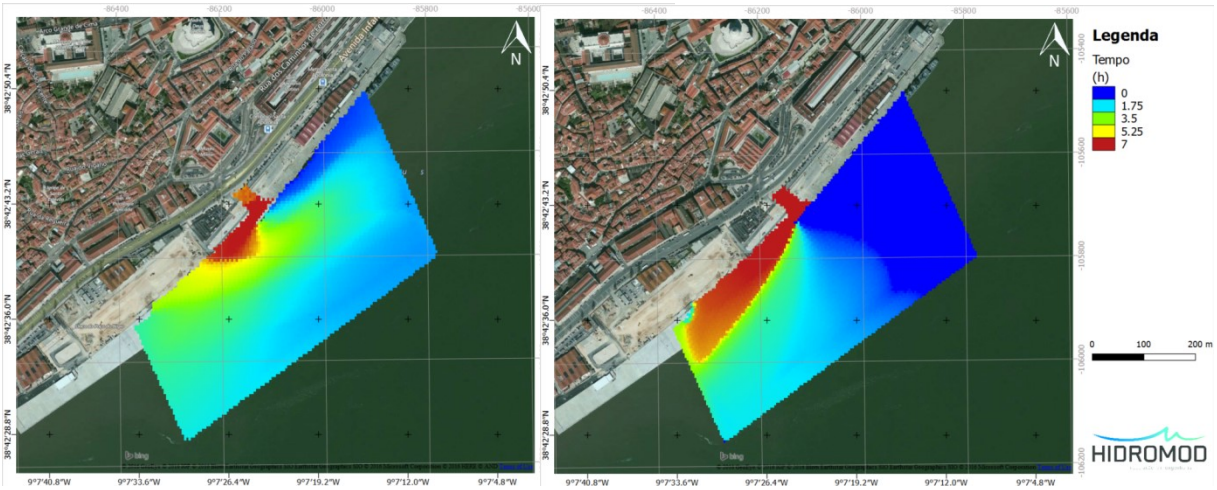


Figura 5.5-41 – Tempo durante o qual a diluição à superfície é inferior 10 para Santa Apolónia para uma descarga com muro em maré viva em baixa-mar (à esquerda) e em maré morta em preia-mar (à direita) .

Fonte: (Hidromod, 2017)

A descarga sem muro para o cenário de baixa-mar em maré viva (Figura 5.5-42) apresenta valores máximos inferiores ao cenário com muro. No cenário sem muro os períodos de diluição superior a 10 tendem a ser mais persistente a montante da descarga.

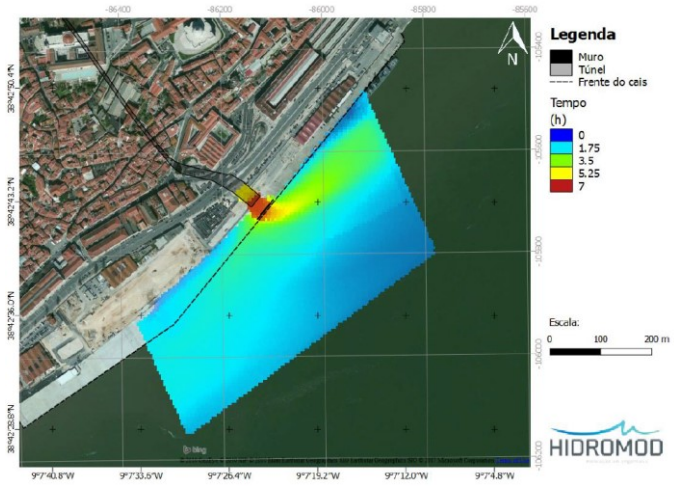


Figura 5.5-42 - Tempo durante o qual a diluição à superfície é inferior a 10 para Santa Apolónia para uma cheia frequente sem muro em maré viva em baixa-mar.

Fonte: (Hidromod, 2017)

Beato

O cenário de descarga em profundidade no Beato permite uma dispersão mais eficiente da pluma do que o cenário de descarga à superfície. Esta dispersão eficiente faz com que no campo próximo o transporte advectivo da pluma para montante ou jusante seja muito menos acentuado do que se verifica com as descargas à superfície. Na realidade tanto para maré viva e maré morta existe uma grande simetria na dispersão da pluma. Em termos de persistência temporal a área onde, por exemplo, ocorrem diluições inferiores a 10 durante mais de 5 horas é muito maior na descarga à superfície (Figura 5.5-43, à esquerda) que na descarga em profundidade (Figura 5.5-43, à direita). É possível identificar na descarga à superfície uma

pluma onde existe uma persistência temporal para ocorrerem concentrações maiores. Na descarga em profundidade a pluma tende a ter menor persistência.

Nas descargas em profundidade existe uma grande diferença em termos de persistência temporal entre os cenários em baixa-mar de maré viva e preia-mar de maré morta tanto para a primeira localização testada (Figura 5.5-43, à direita e Figura 5.5-44), como para a segunda (Figura 5.5-45).

Esta maior persistência temporal deve-se ao facto de a pluma para o cenário de baixa-mar de maré viva ter caracter mais oscilatório. A consequência é uma pluma de diluição mínima que tanto se estende para montante como para jusante, enquanto no cenário de preia-mar de maré morta a pluma de diluição mínima está mais concentrada no espaço e tende a desenvolver-se mais na direção *off-shore*. O facto de a pluma neste cenário estar mais concentrada no espaço faz com que a persistência com que a diluição é inferior a 10 também seja maior na zona adjacente à descarga (Figura 5.5-44). Este maior foco faz com que no cenário de preia-mar em aproximadamente metade do domínio do modelo (de campo próximo) a diluição inferior a 10 não ultrapasse 1 h, enquanto que no cenário de baixa-mar a área onde a diluição é inferior a 10 durante menos de 1 h é diminuta.

A maior capacidade de dispersão da localização alternativa já identificada na análise espacial dos campos de diluição também se confirma na análise temporal dos campos de diluição. Em ambos os cenários testados a localização alternativa apresenta tempos em que a diluição é superior a 10 (baixa-mar/maré-viva, preia-mar/maré morta) inferiores aos da localização 200 m a sul.

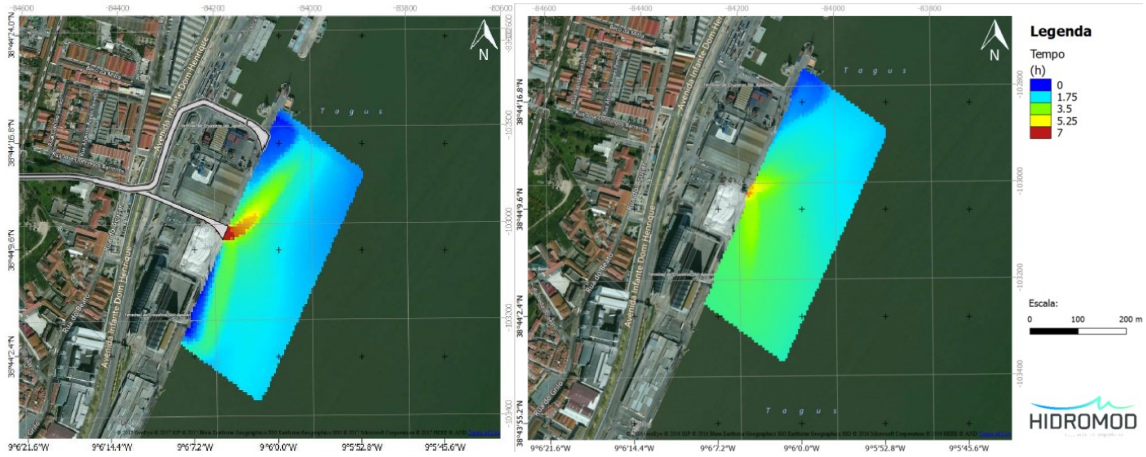


Figura 5.5-43 – Tempo durante o qual a diluição à superfície é inferior 10 para o Beato para uma cheia frequente com descarga à superfície (à esquerda) e em profundidade (à direita) em maré viva em baixa-mar

Fonte: (Hidromod, 2017)

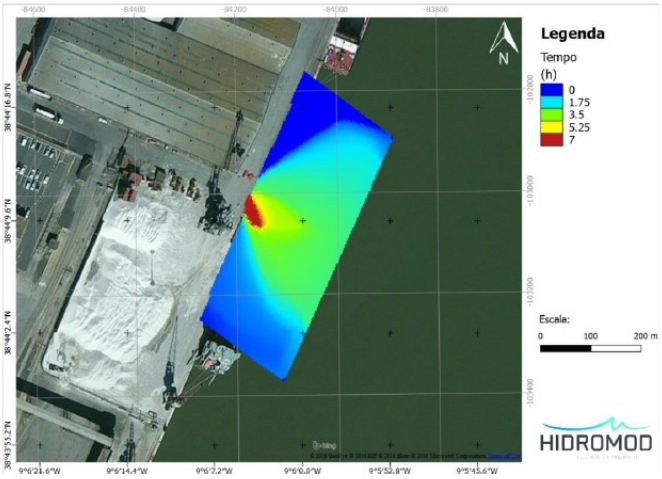


Figura 5.5-44 – Tempo durante o qual a diluição à superfície é inferior 10 para o Beato para uma cheia frequente com descarga em profundidade em maré morta em preia-mar

Fonte: (Hidromod, 2017)

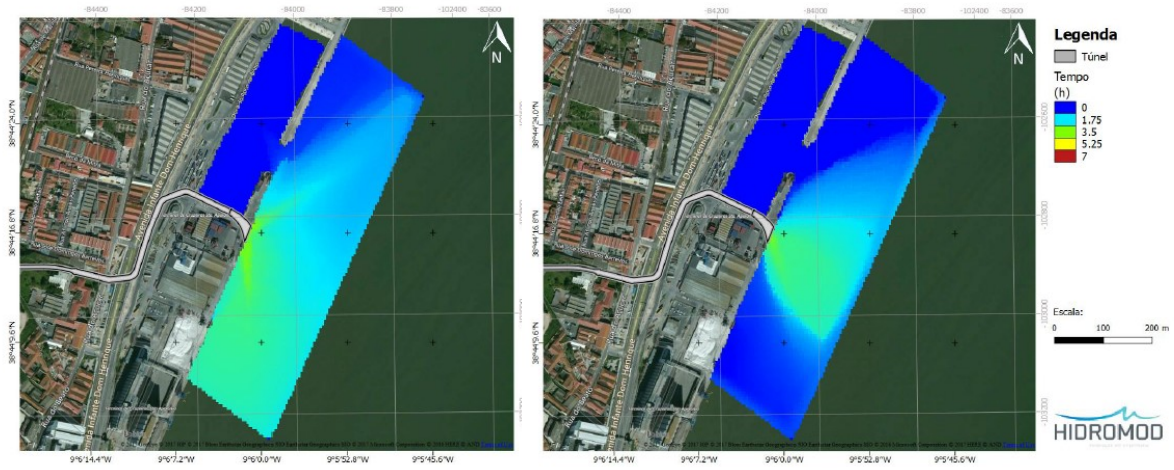


Figura 5.5-45 – Tempo durante o qual a diluição à superfície é inferior 10 para a localização da Alternativa TCB4, no Beato, para uma cheia frequente com descarga em profundidade em maré viva em baixa-mar (à esquerda) e maré morta em preia-mar (à direita)

Fonte: (Hidromod, 2017)

As conclusões do trabalho realizado podem-se resumir nos seguintes pontos:

- Na descarga dos jatos de água doce na água do Estuário, com salinidade elevada, a força de impulsão restringe as plumas à superfície, sendo a sua dispersão essencialmente na horizontal;
- Os principais impactes ocorrem no campo de correntes à superfície (na zona próxima das descargas);
- O muro previsto para Santa Apolónia e a descarga em profundidade prevista para o Beato permitem diminuir significativamente a intensidade das correntes à superfície, perpendiculares à frente cais, e aumentar a dispersão da pluma;
- O impacte sobre o transporte de sedimentos é diminuto uma vez que:
    - O efeito cumulativo dos eventos é muito reduzido;
    - A turbidez do efluente é da ordem de grandeza da do meio recetor (SST ~ 100 mg/l) e não está presente material sólido grosseiro;

- Devido ao efeito da impulsão, as plumas geradas terão um efeito reduzido sobre a tensão de corte do fundo e consequentemente sobre os processos de erosão/deposição;

- O impacte sobre a qualidade da água é diminuto uma vez que:
  - O efeito cumulativo dos eventos é muito reduzido;
  - O meio recetor é naturalmente muito dispersivo (velocidades intensas);
  - A persistência temporal das plumas é pequena. Num evento de cheia frequente (5 vezes ao ano) o tempo máximo em que a diluição no campo próximo é inferior a 10 é de 1-7h para ambas as plumas. No caso do Beato uma vez que se prevê que a descarga se faça em profundidade em maré viva o tempo máximo numa célula em que a diluição é inferior a 10 é no máximo 4 horas.

Tendo como base os parâmetros estudados e as conclusões referidas relativamente às perturbações no meio recetor, apesar de ocorrerem impactes negativos, dada a frequência com que se estima que possam ocorrer (5 vezes ao ano, para um evento de cheia frequente), bem como o seu caracter localizado, os impactes classificam-se como negativos, certos, temporários e pouco significativos.

Impacte do sistema de drenagem pluvial sobre a qualidade da água no estuário do Tejo

Na sequência das obras já realizadas e ainda em curso para interceção dos esgotos domésticos e seu encaminhamento para as ETAR da cidade, a rede de drenagem deLisboa descarrega os seus efluentes no estuário do Tejo em regra apenas em situações de precipitação, que dão origem a valores de caudais que excedem os valores de dimensionamento dos descarregadores situados na orla ribeirinha. Estas infraestruturas estão dimensionadas para conduzir para tratamento os esgotos domésticos de tempo seco as águas pluviais geradas por eventos pluviosos de baixa intensidade (em regra, até duas vezes o caudal de ponta de projeto de tempo seco) (Consórcio Hidra/Engidro, 2016b).

Nas situações de pluviosidade intensa terão lugar descargas para o estuário de águas residuais pluviais, com águas residuais domésticas diluídas. Acresce que o caudal de esgoto pluvial descarregado é bastante reduzido, quando comparado com o caudal do rio Tejo e com o volume de maré do estuário. O impacte destas descargas no estado do estuário é, em regra, reduzido. A construção e operação dos dois túneis não altera significativamente esta situação dado o reduzido número de descargas previsto e o grau de diluição dos volumes descarregados (Consórcio Hidra/Engidro, 2016b). Deste modo e com base também nas conclusões do estudo referidas no ponto anterior, o impacte das descargas sobre o estuário do Tejo ao nível da afetação da qualidade da água considera-se pouco significativo.

No entanto, há que referir que em tempo de chuva, em particular após períodos prolongados de tempo seco, as concentrações em matéria orgânica e de sólidos do efluente unitário podem ser significativos, mesmo quando têm lugar precipitações intensas e de longa duração. Esta situação já foi comprovada experimentalmente, por exemplo, na bacia de Alcântara, e tem justificado preocupação no sentido de garantir a reserva destes caudais, em volumes a construir para o efeito, por forma a desfazer os picos dos hidrogramas e permitir que volumes superiores sejam tratados em ETAR (Consórcio Hidra/Engidro, 2016b).

Contributo para o ciclo da água

Adicionalmente à melhoria estrutural das condições de drenagem na cidade de Lisboa, prevê-se que os túneis tenham funções multiusos, no sentido de proporcionar condições para o transporte de efluentes tratados (e de outros serviços) para usos compatíveis (rega de espaços verdes e limpeza urbana), em vários locais da cidade.

Assim, a operação dos túneis, em especifico do TMSA, com as premissas e dimensionamento considerados, permite a criação de condições para reciclar a água tratada na ETAR de Alcântara, potenciando assim a utilização de água reciclada para:

- rega de espaços verdes (Parque Eduardo VII, Avenida da Liberdade; entre outros);
- lavagem de pavimentos;
- vir a criar uma parte da rede autónoma de incêndios.

Estas propostas permitem contribuir também para fechar o ciclo da água, sendo de referir que a solução considerada, permite a conjugação com reservatórios localizados, acrescentando assim um fator de resiliência ao sistema.

A criação de condições para a reutilização da água tratada da ETAR de Alcântara através do TMSA confere ao projeto um grande potencial para a sua fase de operação (adicional à clara melhoria nas condições de drenagem da cidade) que se traduz num impacte positivo e significativo.

5.5.2 Comparação das Alternativas

Em qualquer das soluções verifica-se um melhoria estrutural que se irá verificar nas condições de drenagem e se traduz num impacte positivo, permanente, certo e de muito elevado significado.

No que respeita ao efeito de descarga das águas pluviais dos túneis no estuário do rio Tejo salienta-se para o caso do TCB as diferenças entre as duas localizações estudadas para a zona de descarga. A segunda alternativa testada (Doca do Poço do Bispo - Alternativa TCB4) para a localização terminal do Beato revelou, relativamente à primeira localização (Terminal Multiusos do Poço do Bispo - Alternativa TCB1), um impacte:

- Semelhante sobre as velocidades superficiais;
- Menor sobre os sedimentos de fundo e qualidade da água.

Face à minimização dos impactes ao nível dos sedimentos e qualidade da água, a Alternativa TCB4, que considera uma zona de descarga localizada na Doca do Poço do Bispo, apresenta um impacte menos significativo, relativamente à localização inicialmente proposta, na zona Terminal Multiusos do Poço do Bispo.

5.5.3 Medidas

5.5.3.1 Fase de Construção

ME 5.5-1 Garantir as boas condições de drenagem nas zonas intervencionadas durante a obra.

ME 5.5-2 Assegurar o acompanhamento dos procedimentos a executar em fase de obra, para que sejam executados de forma adequada e de acordo com o previsto, assegurando a compatibilização com as medidas de minimização e boas práticas propostas, incluindo a correta manutenção da maquinaria, com especial destaque para a tuneladora (ou outro equipamento de escavação a utilizar).

ME 5.5-3 Garantir a cobertura do solo para instalação de áreas especificas dos estaleiros que possam estar associadas a potenciais derrames (camada de geotêxtil) e bacias de retenção, nomeadamente sempre que os mesmos sejam instalados em locais não impermeabilizados e exista a necessidade de presença de materiais perigosos. Esta medida é comum com os fatores referentes à geologia e solo, devendo ser considerada, sobretudo, nas zonas de Campolide e Chelas, onde haverá armazenamento temporário.

5.5.3.2 Fase de Operação

ME 5.5-4 Garantir as boas condições de drenagem das infraestruturas construídas, nomeadamente manutenção das mesmas, bem como limpeza dos poços de grossos.

5.6 QUALIDADE DO AR

5.6.1 Impactes

Os principais impactes ao nível da qualidade do ar estão associados à fase de construção e referem-se às intervenções à superfície para construção dos poços de ligação, poço de entrada da tuneladora e troços em vala, decorrentes dos equipamentos e transportes, bem como de movimentação de terras (sendo que no geral as mesmas serão transportadas pelo túnel).

5.6.1.1 Fase de Construção

A qualidade do ar é caracterizada através da utilização de diversos indicadores, expressos pela concentração de um dado poluente num determinado intervalo de tempo. Alguns dos indicadores mais utilizados são os poluentes Dióxido de Enxofre (SO_2), Óxidos de Azoto (NOx), Monóxido de Carbono (CO) e Partículas Totais em Suspensão (PTS).

Durante a fase de construção dos túneis, a afetação da qualidade do ar surge associada a atividades que originam o aumento das partículas em suspensão resultantes do levantamento de poeiras (ME 5.6-1, ME 5.6-2, ME 5.6-3) devido essencialmente a:

- Movimentação e transporte de terras;
- Deposição dos materiais de construção e materiais residuais das obras;
- Circulação de veículos e de maquinaria necessária à obra em acessos não pavimentados;

Adicionalmente, deverão ainda considerar-se os gases de exaustão dos motores dos veículos e maquinaria envolvidos na obra. Os poluentes atmosféricos emitidos durante esta fase são essencialmente Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Enxofre (SO_2), Óxidos de Azoto (NO_x), Compostos Orgânicos Voláteis (aldeídos, hidrocarbonetos, etc.) e fumos negros.

Os impactes vão depender da época do ano e do período de duração da obra, assumindo um carácter temporário e reversível, próprio desta fase. Os gases de exaustão emitidos pelos motores e as poeiras que resultem de obras realizadas durante a época mais seca do ano poderão alterar de forma localizada e pontual a qualidade do ar. Podem assim ocorrer situações em que as poeiras em suspensão provoquem um incómodo para as populações e se depositem com maior facilidade nas zonas envolventes aos locais com intervenções à superfície.

Atividades de construção no geral

Na fase de construção, os impactes na qualidade do ar dever-se-ão essencialmente aos trabalhos de construção civil associados à execução das obras de entrada dos túneis, poços de ligação e troços em vala. Considera-se que estas são as atividades que, num todo, podem vir a originar alguma perturbação ao nível da qualidade do ar, embora de forma localizada, pela emissão de poeiras e partículas em suspensão.

A resultante deste impacte é negativa e a afetação depende da distância ao local de intervenção, durante a fase de obra, com duração total da empreitada estimada entre 36 a 40 meses.

A intervenção na zona da Avenida de Liberdade e Santa Marta que se insere numa zona com valores limites de concentração de poluentes na região de Lisboa - onde o eixo da Av. da Liberdade/Baixa apresentava os piores resultados e está definida como uma zona de emissões reduzidas (CML, 2017) que se encontra já na fase 3, vai exigir desde logo um controlo nas intervenções e transportes a serem utilizados para assegurar baixas emissões na zona.

Particular atenção deve ser dada aos recetores sensíveis (habitações, restauração e áreas de serviços) na envolvente imediata de cada local com intervenções à superfície. Para tal, analisou-se a distância a que se encontram os elementos mais suscetíveis à afetação da qualidade do ar, nomeadamente pelo aumento de poeiras e partículas em suspensão. Dada a fase em que se encontra o projeto, não é possível precisar a tipologia de equipamentos e intervenções específicas a realizar, pelo que se considerou que a afetação pelo aumento de poeiras e partículas em suspensão decorre nos recetores sensíveis na envolvente próxima às intervenções que ocorrem à superfície.

Túnel Monsanto-Santa Apolónia

(1) Campolide

Em Campolide (Figura 5.6-1) as principais habitações e áreas de serviços na envolvente localizam-se a uma distância razoável da zona de intervenção. À exceção de um conjunto de edifícios a cerca de 20 m, potencialmente mais suscitáveis à afetação da qualidade do ar, as restantes habitações e área de serviços (escritórios) localizam-se a distâncias entre 190 e 315 metros das infraestruturas que compõem a obra de entrada em Campolide. Assim, a probabilidade de as zonas de escritórios a norte virem a ser afetadas é mais reduzida, face à afetação que se poderá fazer sentir nas habitações mais próximas. Esta afetação dependerá também da direção (sendo a mais comum de norte, logo em sentido contrário) e intensidade do vento, passível de transportar poeiras na direção dos recetores sensíveis identificados.

Figura 5.6-1 - Localização das habitações e área de serviços mais próxima em relação à zona de intervenção em Campolide

Adaptado de (Google Earth, 2016) e (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

(2) Avenida Liberdade / Santa Marta

Na Avenida da Liberdade e Rua de Santa Marta, como seria de esperar, dada a sua localização no centro da cidade, os elementos que poderão ser suscetíveis à afetação da qualidade do ar estão localizados junto às intervenções à superfície, sendo o impacte mais significativo, comparativamente à zona de Campolide. Importa no entanto salientar que esta é uma zona onde a qualidade do ar apresenta desde já níveis acima dos valores limite definidos pela legislação em vigor, verificando-se inclusive mais excedências destes limites do que é permitido na legislação para o caso concreto dos óxidos de azoto. Neste local a perturbação é temporária, prevendo-se que tenha no limite uma duração de cerca de 9 a 12 meses.

A Figura 5.6-2 mostra a localização das intervenções previstas para Santa Marta e Avenida da Liberdade das quais, além da passagem do túnel em profundidade (sem impactes na qualidade do ar) se salienta as duas câmaras de desvio de caudal no cruzamento da Avenida da Liberdade com a Rua Alexandre Herculano e a câmara de desvio de caudal de Santa Marta com ligação à câmara com queda em vórtice localizada no cruzamento da Rua de Santa Marta com a Rua Barata Salgueiro e que faz a ligação ao TMSA. A ligação entre estas infraestruturas é realizada à superfície através de microtúneis e de uma secção retangular 2x2m no caso da ligação entre a câmara de desvio de caudal de Santa Marta com a câmara com queda em vórtice.

No cruzamento da Rua de Santa Marta com a Rua Barata Salgueiro salienta-se os espaços de restauração "Restaurante Chú-chú", "Restaurante Santa Marta", "Pastelaria Castrense", o hotel "Santa Marta Hotel", bem como os restantes edifícios de habitação e serviços na envolvente imediata com destaque para os serviços de restauração com esplanadas exteriores, identificados na Figura 5.6-3, com um impacte mais significativo induzido pela afetação da qualidade do ar no local.

Por outro lado, ocorrem intervenções também na Rua Alexandre Herculano, entre a Avenida da Liberdade e o cruzamento com a Rua de Santa Marta, cuja afetação incide nos edifícios localizados na Rua Alexandre Herculano que são maioritariamente edifícios de serviços (escritórios), habitação e alguns espaços de restauração.

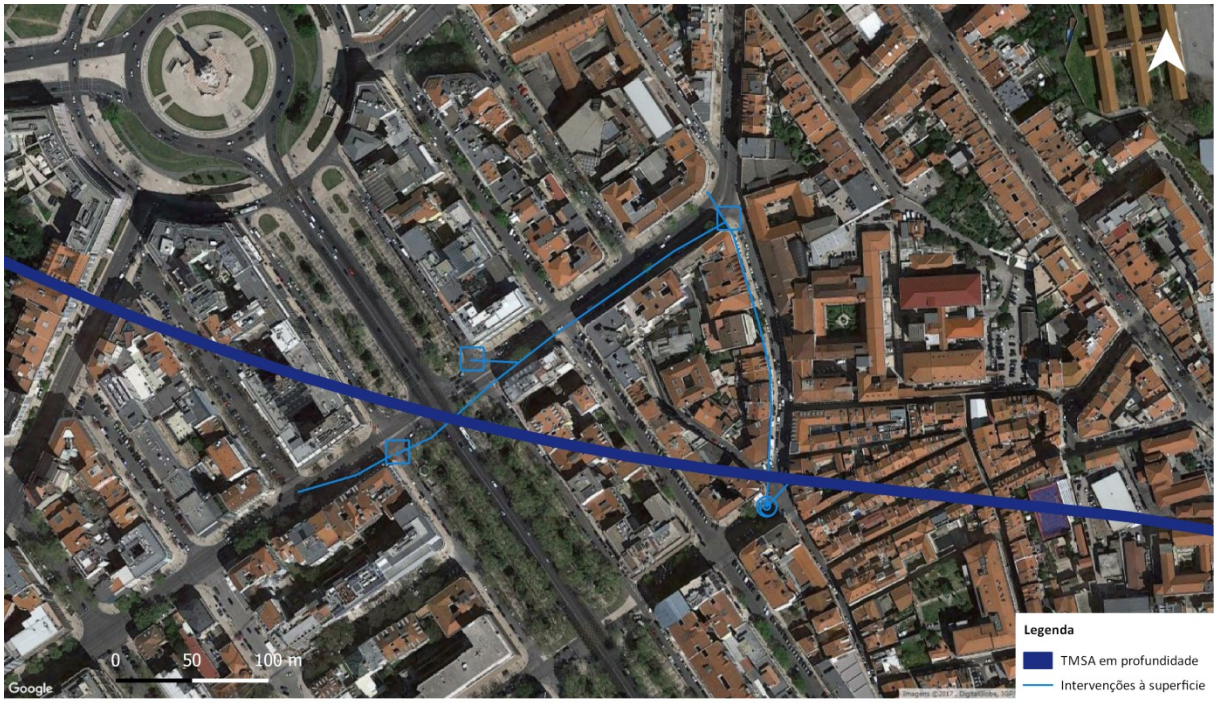


Figura 5.6-2 – Intervenções a realizar na Avenida da Liberdade e Rua de Santa Marta

Adaptado de (Google Earth, 2016) e (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

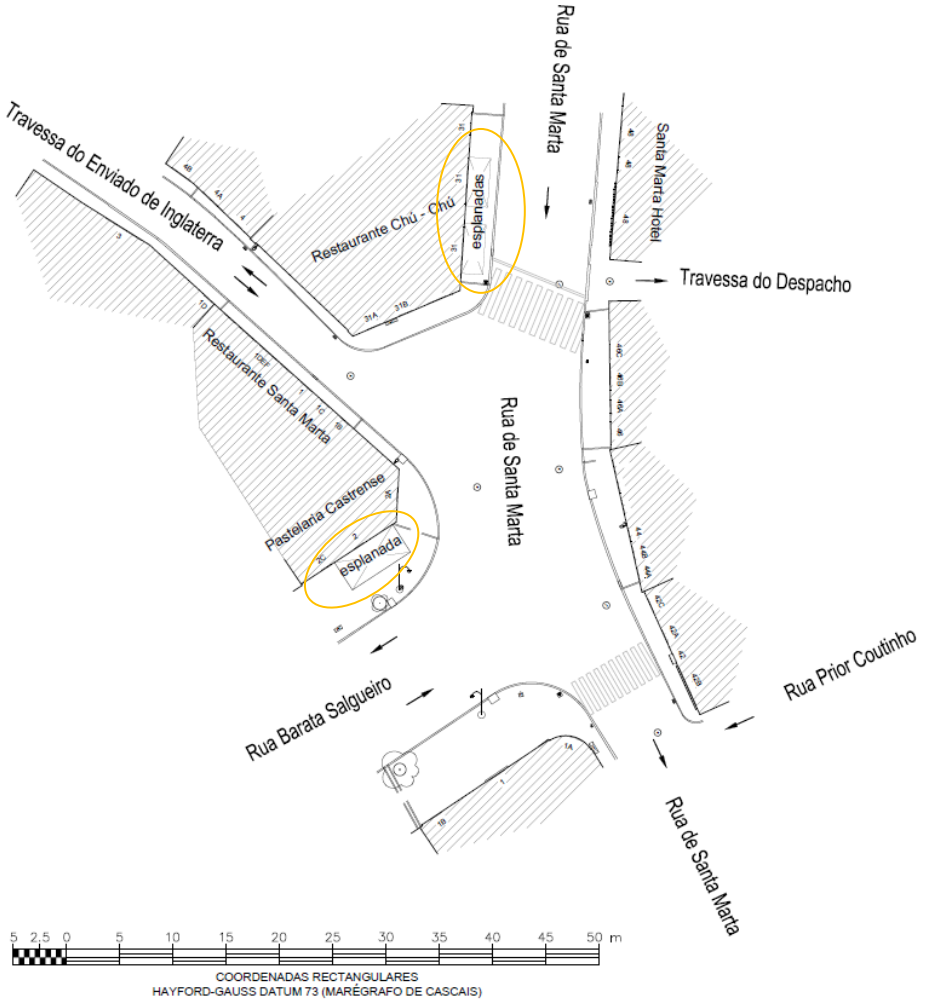


Figura 5.6-3 – Espaços de restauração com explanada exterior afetados na envolvente imediata na Rua de Santa Marta

Adaptado de (artop, 2016)

(3) Avenida Almirante Reis

Também na Avenida Almirante Reis os recetores sensíveis se situam junto às intervenções à superfície, sendo os impactes igualmente certos, negativos e de caracter temporário (cerca de 9 a 12 meses). A Figura 5.6-4 mostra as intervenções previstas para a Avenida Almirante Reis, nomeadamente o troço de túnel em profundidade (sem impactes na qualidade do ar), bem como a construção de uma câmara de desvio de caudal com ligação a uma câmara com queda em vórtice através da qual se estabelece a ligação ao TMSA. De acordo com a localização das intervenções previstas à superfície são afetados espaços de comércio local, espaços de restauração e edifícios de serviços e habitação.

Figura 5.6-4 – Localização das intervenções na zona da Avenida Almirante Reis

Adaptado de (Google Earth, 2016) e (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

As intervenções na Avenida Almirante Reis vão ocorrer junto à interceção desta avenida com Rua Antero de Quental e junto à Travessa do Maldonado, pelo se perspetiva que os serviços mais afetados correspondam aos locais imediatamente adjacentes (Figura 5.6-5), nomeadamente atividades de comércio local, cafés, minimercados e edifícios de habitação.

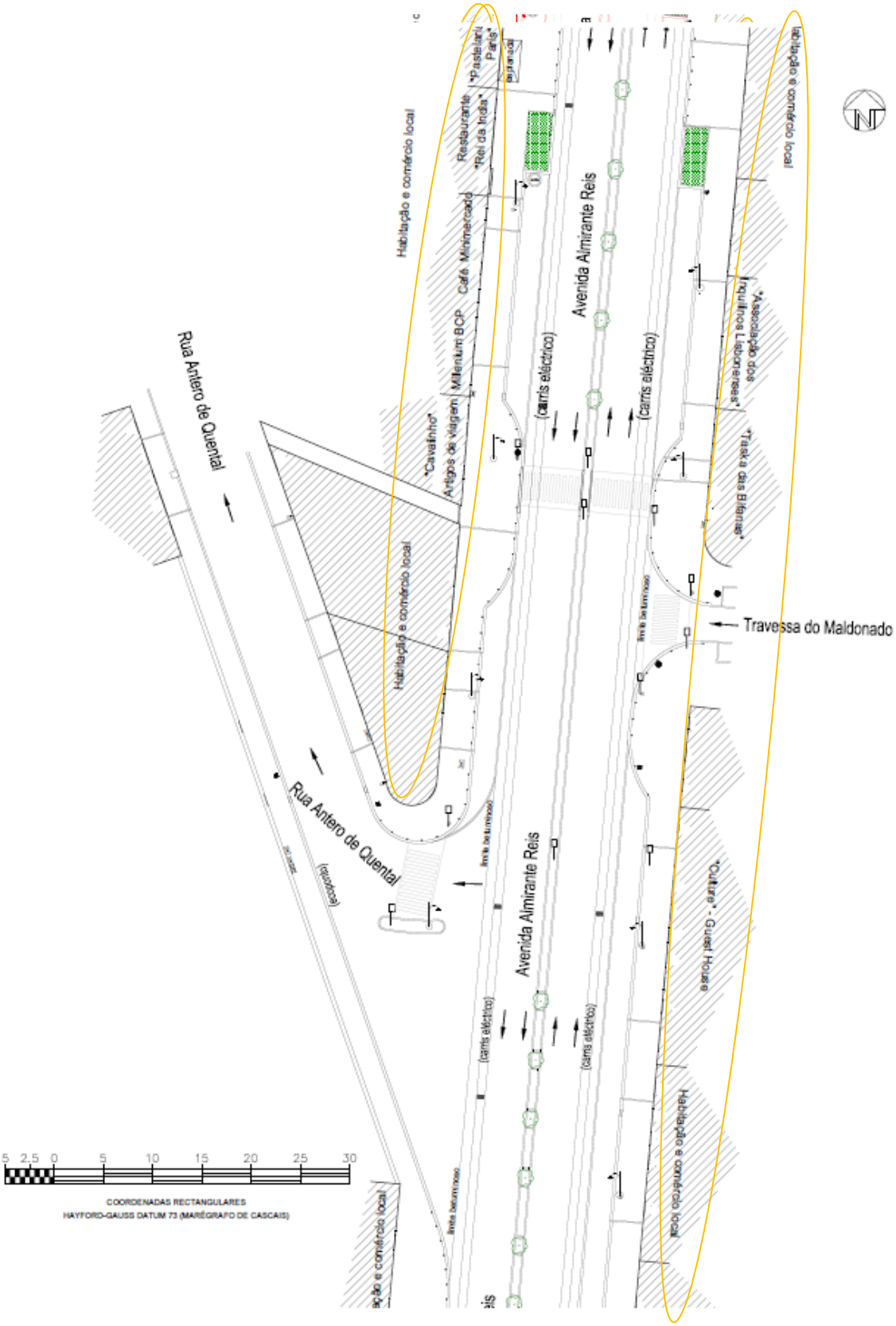


Figura 5.6-5 - Locais afetados na envolvente imediata das intervenções na Avenida Almirante Reis

Adaptado de (artop, 2016)

(4) Santa Apolónia

Em Santa Apolónia importa considerar que as obras para construção do troço final do túnel serão efetuadas em vala, pelo que à superfície são também mais significativos os seus impactes.

Deste modo, ao nível da qualidade do ar, considerou-se a afetação dos elementos da frente de rua na envolvente próxima das intervenções previstas para o trecho final que correspondem à obra de saída onde o túnel vem à superfície e à zona de descarga no estuário do Tejo (Figura 5.6-6).

Os locais mais afetados pelas intervenções referidas prevê-se que sejam a Igreja Ortodoxa Russa, as instalações da Esquadra da PSP, da creche APPI, do Museu Militar e espaços de restauração e habitação na envolvente imediata. No que respeita à restauração, refira-se o "Restaurante Novo Conceito", com espaço de esplanada exterior (Figura 5.6-7).

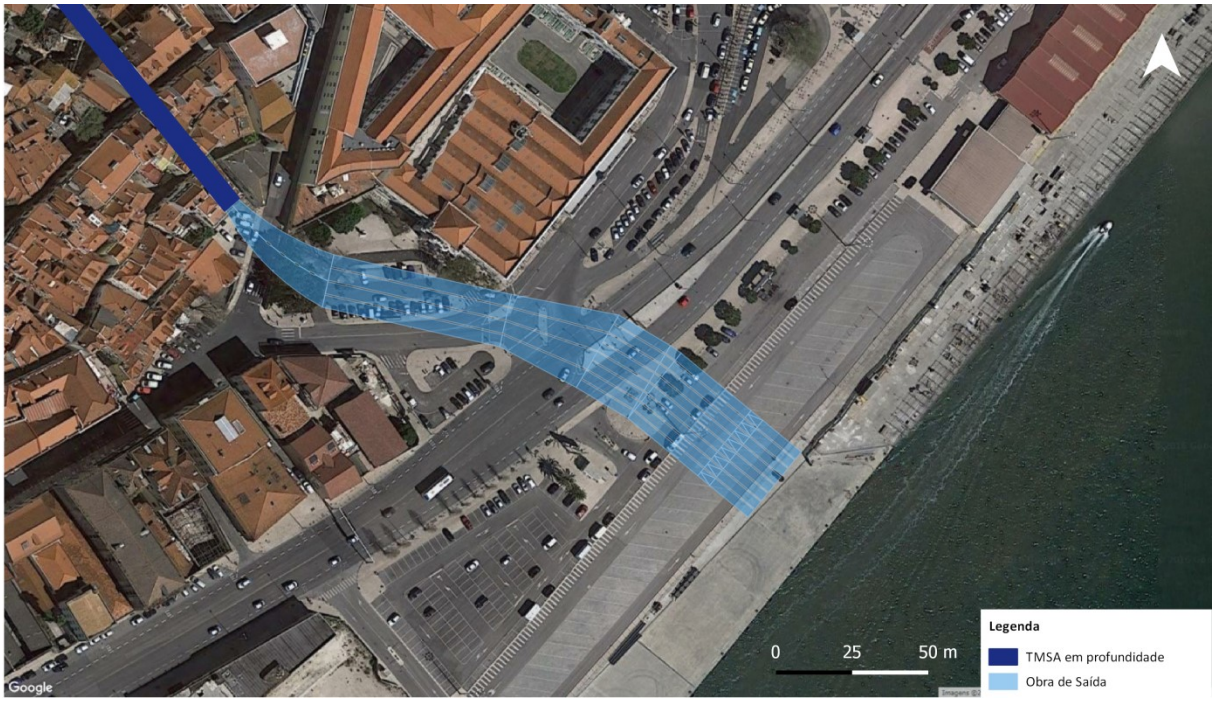


Figura 5.6-6 – Intervenções a efetuar em Santa Apolónia

Adaptado de (Google Earth, 2016) e (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

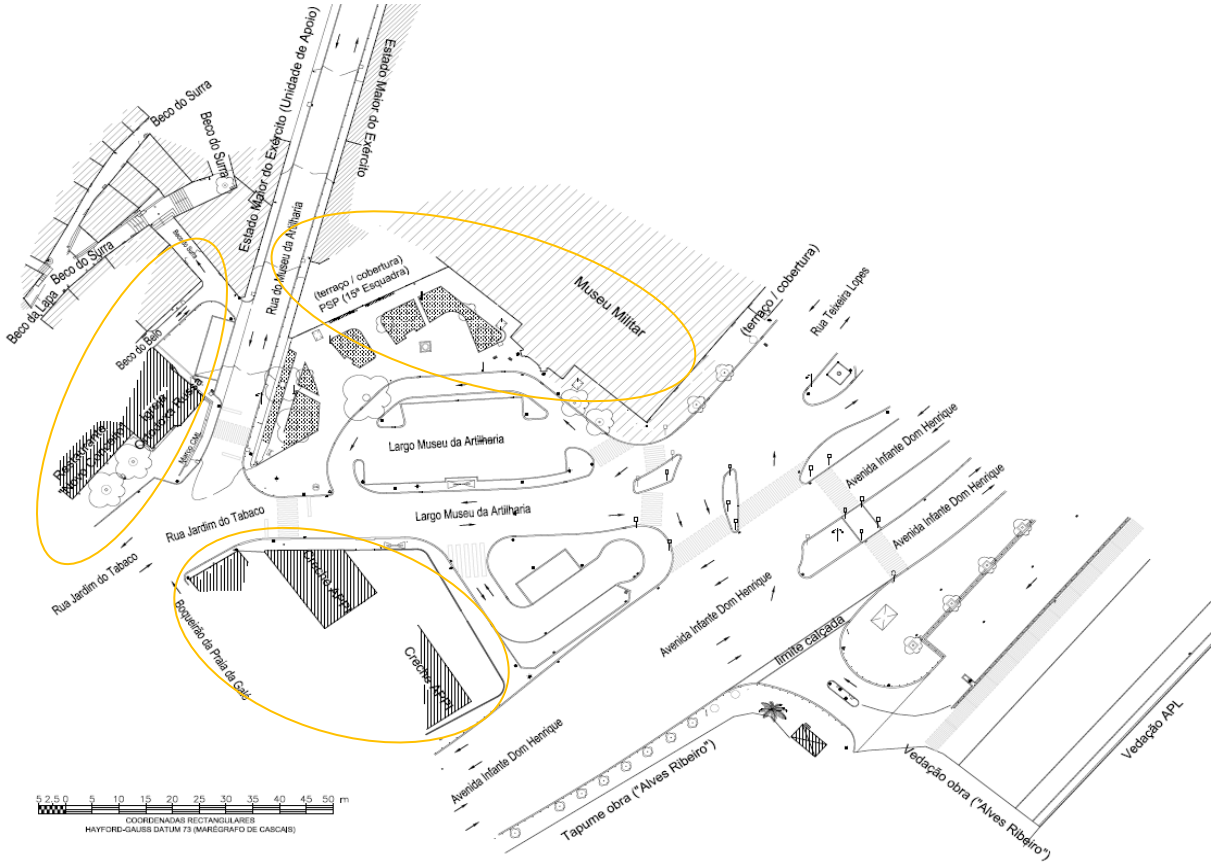


Figura 5.6-7 - Locais afetados na envolvente do troço em vala a realizar em Santa Apolónia

Adaptado de (artop, 2016)

Túnel Chelas-Beato

No que respeita ao túnel Chelas-Beato as intervenções passíveis de afetação da qualidade do ar dizem respeito à obra de entrada, a montante e ao troço a realizar em vala, a jusante do traçado proposto.

(5) Chelas

A jusante, na zona de Chelas (Figura 5.6-8), as intervenções ocupam uma área de implantação com zonas habitacionais na envolvente, que se identificam na figura seguinte. Neste local as intervenções ocorrem à superfície, pelo que importa garantir a aplicação das medidas de minimização previstas para a fase de construção. Garantindo deste modo a minimização dos impactes que se prevê que não sejam muito significativos pois, apesar de existirem recetores sensíveis na envolvente (entre 25 a 70 metros), não se verifica a existência de atividades no exterior, como restauração e serviços, que seriam potencialmente mais afetadas.

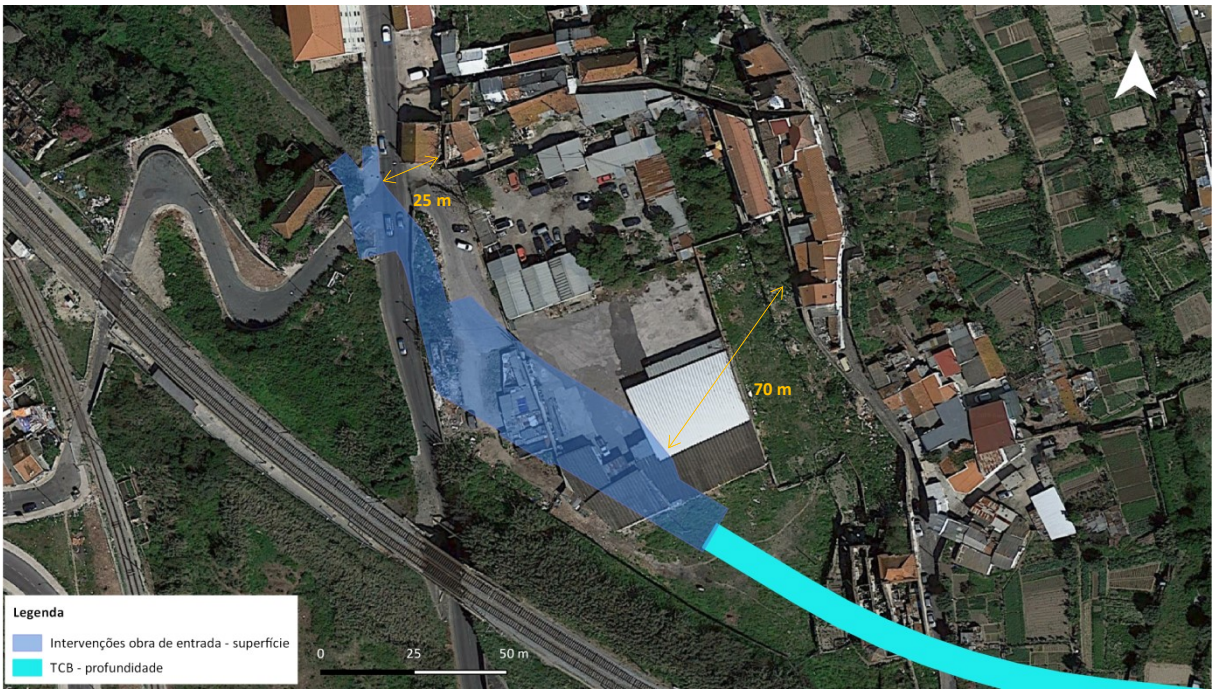


Figura 5.6-8 - Localização das habitações mais próximas em relação à localização das intervenções em Chelas

Adaptado de (Google Earth, 2016) e (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

Adicionalmente, ocorrerá afetação da qualidade do ar junto aos locais com intervenções para construção de câmaras de desvio de caudal referidas no Capitulo 4, nomeadamente a montante da entrada no túnel e que correspondem à Câmara de Desvio de Caudal da Broma, Câmara de Desvio de Caudal do Quartel e Câmara de Desvio da Picheleira.

(6) Beato

No Beato a intervenção considera também um troço construído em vala, pelo que os impactes devem ser analisados face aos elementos possivelmente afetados na envolvente. A localização do troço final executado em vala difere com a alternativa selecionada, sendo assim analisados os impactes em cada localização.

Zona 6A – Alternativa TCB1

Para a Alternativa TCB1, de acordo com as intervenções previstas à superfície no local onde tem início o troço em vala, como atividades mais sensíveis relativamente ao presente fator ambiental importa salientar o CENFIM e a Sociedade Geral de Projetos Imobiliários e Serviços Sgps, SA, localizados na envolvente imediata das intervenções, assim como edifícios de habitação na envolvente mais alargada. Na generalidade, para jusante, o desenvolvimento do troço em vala terá na sua envolvente unidades industriais e atividades portuárias, pelo que os impactes ao nível da qualidade do ar, apesar de negativos, são de caracter temporário, localizado e de reduzido significado.

Figura 5.6-9 – Localização das intervenções previstas para o traçado da Alternativa TCB1, no Beato

Adaptado de (Google Earth, 2016) e (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

Zona 6B – Alternativa TCB2

Para a Alternativa TCB2, o troço em vala tem inicio na Calçada Dom Gastão (Figura 5.6-10), sendo este o local onde se verifica a existência de recetores sensíveis que potencialmente serão afetados pela emissão de poeiras. De acordo com as atividades existentes na envolvente, importa salientar a existência de algumas habitações, oficinas e cooperativa de ensino, como sendo as atividades potencialmente mais afetadas.

Sendo a sua localização pontual e adjacente apenas ao inicio do troço, considera-se os impactes certo e negativos, mas pouco significativos e temporários.

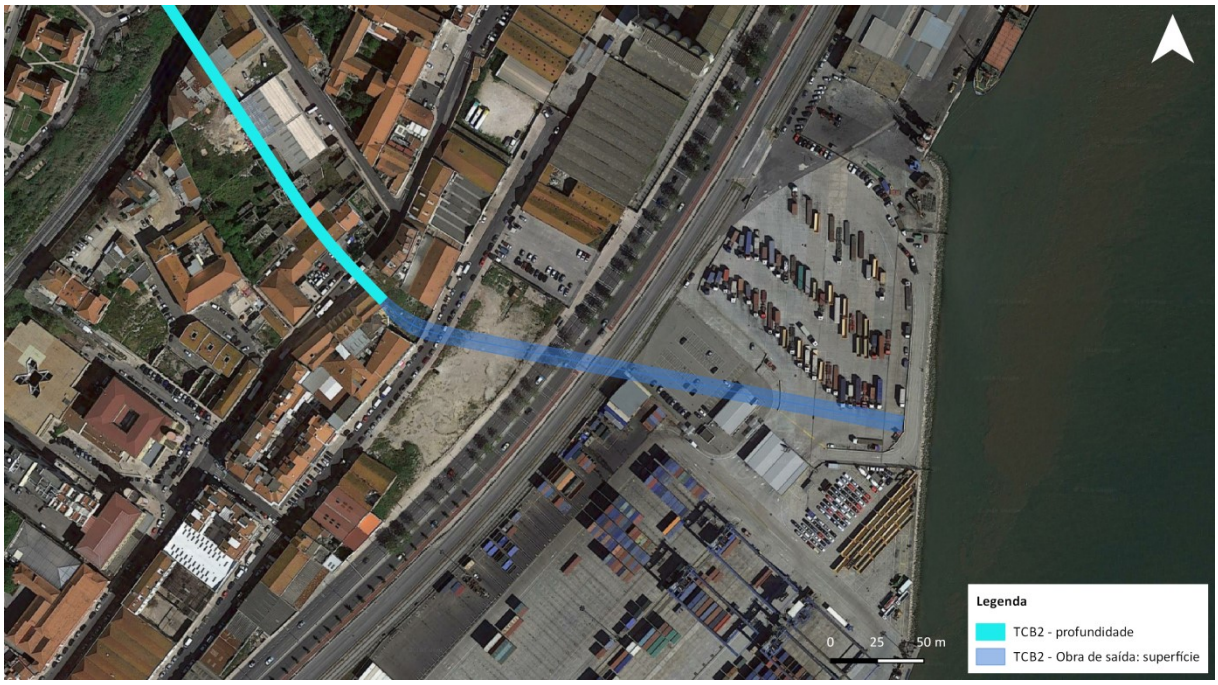


Figura 5.6-10 – Localização das intervenções previstas para o traçado da Alternativa TCB2, no Beato

Adaptado de (Google Earth, 2016) e (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

Zona 6C – Alternativa TCB3

Na Alternativa TCB3 o troço em vala tem inicio após a Rua do Grilo (Figura 5.6-11). De acordo as atividades existentes na envolvente, salienta-se a Igreja e antigo Convento do Grilo, bem como um pouco mais afastados alguns edifícios residenciais e, na generalidade, edifícios com utilização industrial ou atualmente sem utilização, pelo que os impactes ao nível da qualidade do ar não são significativos.

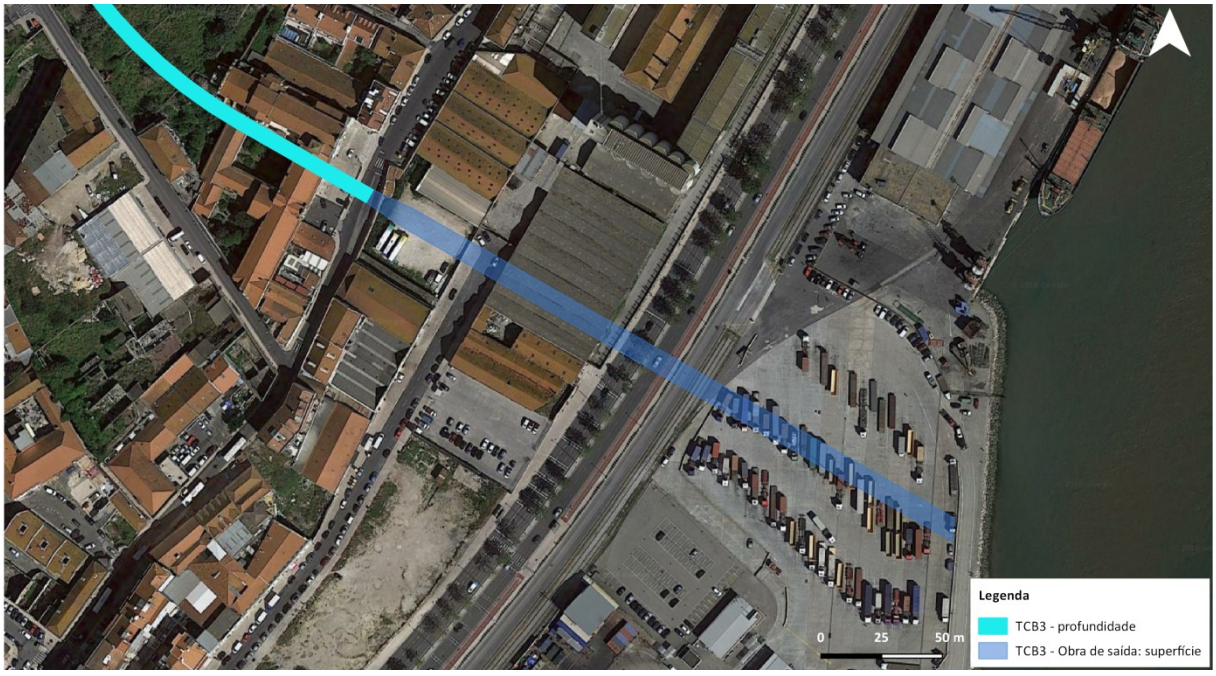


Figura 5.6-11 – Localização das intervenções previstas para o traçado da Alternativa TCB3, no Beato

Adaptado de (Google Earth, 2016) e (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

Zona 6D – Alternativa TCB4

Para a Alternativa TCB4, o inicio do troço realizado em vala é coincidente com o traçado da Alternativa TCB1 pelo que os recetores sensíveis na envolvente imediata são os mesmos, assim como os impactes identificados.

No seguimento do troço para jusante o traçado desvia para norte (Figura 5.6-12). No entanto, as características são igualmente semelhantes ao que se verifica para o traçado final da Alternativa TCB1, tendo na sua envolvente unidades industriais e atividades portuárias, pelo que os impactes ao nível da qualidade do ar, apesar de negativos, são de caracter temporário, localizado e de reduzido significado.

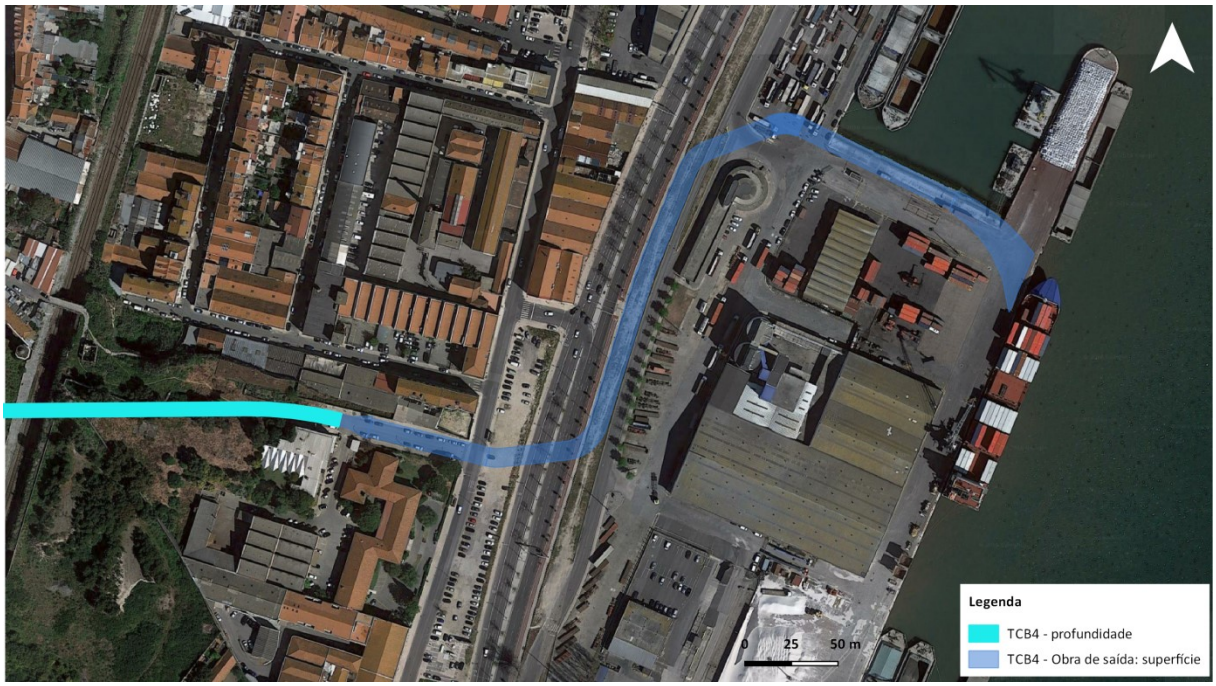


Figura 5.6-12 – Localização das intervenções previstas para o traçado da Alternativa TCB4, no Beato
Adaptado de (Google Earth, 2016) e (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

Na generalidade, os impactes associados às obras de construção a realizar à superfície refletem-se nas intervenções inseridas em contexto de tecido urbano mais denso, nomeadamente, na Avenida da Liberdade, Rua de Santa Marta, Avenida Almirante Reis e Santa Apolónia, com a afetação de alguns edifícios de serviços, restauração e habitação.

No que respeita à construção do traçado dos túneis com tuneladora (ou método de escavação sequencial) é uma intervenção que ocorre em profundidade, pelo que não se verifica afetação da qualidade do ar. Este aspeto leva a que o impacte negativo associado à afetação da qualidade do ar seja muito menos significativo quando comparado, por exemplo, com a possibilidade de construir toda a extensão de túnel à superfície.

Assim, ainda que se verifique afetação de alguns serviços (aspeto a analisar no subcapítulo 5.12) o incomodo causado pelas poeiras provenientes das obras, ao nível da qualidade do ar, traduz-se num impacte negativo, certo, temporário mas pouco significativo dado o seu caracter localizado. Refira-se também que este impacte será atenuado com o início das chuvas, sendo as poeiras eliminadas, não constituindo um impacte duradouro.

Movimentação e transporte de terras e materiais de construção

Na fase de construção, os impactes na qualidade do ar dever-se-ão também aos trabalhos de movimentação e depósito de terras e definição de acessos provisórios para servir os locais de intervenções em zonas não intervencionadas que, num todo, podem vir a originar um aumento localizado da emissão de poeiras e partículas em suspensão.

O transporte de materiais e terras de e para a obra poderá estar associado ao aumento de poeiras, quer pelo transporte de materiais que originem emissão de poeiras, quer pela circulação dos próprios veículos. Acresce que, com a adoção das devidas medidas de minimização (ME 5.6-5 e ME 5.6-6), os impactes associados ao transporte de materiais, além de temporários, sendo negativos, poderão ser minimizados.

Durante o período seco os impactes poderão ser minimizados com a aplicação de simples medidas, como seja por exemplo o correto acondicionamento das cargas a transportar e cuidados no seu manuseamento em obra (ME 5.6-5), e no caso de situações de ventos significativos, a aspersão regular e controlada das zonas afetas às obras (ME 5.6-6).

A resultante deste impacte é negativa, no entanto traduz-se num grau de incomodidade com pouco significado, uma vez que os locais onde ocorre o maior volume de transporte de materiais e terras provenientes da construção dos túneis se localizam em terrenos livres e cujos edifícios de habitações ou serviços mais próximos se encontram a pelo menos 70 metros do local.

Circulação de veículos e funcionamento da maquinaria

Também deverá ocorrer nesta fase um aumento das emissões de gases de combustão, resultantes da circulação de veículos e funcionamento da maquinaria própria deste tipo de intervenção.

De um modo geral, os impactes na qualidade do ar associados à emissão de poluentes atmosféricos são de caracter temporário, pouco significativos, limitando-se a uma alteração durante o período de execução da obra (36 a 40 meses para a empreitada total) e estão circunscritos aos locais com intervenções à superfície e vias utilizadas, podendo em momentos localizados haver um acréscimo substancial de poluentes na atmosfera quando comparados com tráfego existente atualmente.

É de referenciar que o efeito depende do número de veículos no tráfego da obra versus tráfego usual. No que respeita ao tráfego previsto para transporte das terras extraídas dos túneis, considerando o volume de materiais a transportar, local de saída das terras e duração das intervenções apresentados de forma indicativa (depende do método de escavação e faseamento das intervenções) no Capítulo 4, analisou-se o impacte face ao tráfego atual nas vias a utilizar para o transporte.

Para a saída de terras em Campolide, estima-se um período de 20 a 24 meses para execução do traçado em túnel (construção do túnel avança cerca de 200 m por mês) verifica-se um fluxo de camiões para transporte de materiais correspondente a cerca de 4 camiões por hora. Assim, face ao atual tráfego médio horário na Rua de Campolide e no Eixo Norte-Sul, verificar-se-ia um aumento de 0.2% no tráfego médio horário nestas vias. Se considerar-mos apenas o tráfego de veículos pesados que circulam nestas vias, o aumento corresponde a 9.8 e 6.3% face ao atual número de camiões que circulam na Rua de Campolide e no Eixo Norte-Sul, respetivamente.

Em Santa Apolónia considerando um período de 9 a 12 meses para execução do traçado em vala verifica-se um fluxo de camiões para transporte de materiais de cerca de 1 camião por hora. Assim, face ao atual tráfego médio horário na Avenida Infante D. Henrique, verificar-se-ia um aumento de 0.1% no tráfego médio horário nesta via. Se considerar-mos apenas o tráfego de veículos pesados que circulam nesta via, o aumento corresponde a 0.9% face ao atual número de camiões que circulam numa hora na Avenida Infante D. Henrique.

Para o túnel Chelas-Beato, na zona de Chelas prevê-se que as terras provenientes da construção da obra de entrada e troço em profundidade originem um fluxo de camiões para transporte de materiais correspondente a 4 camiões por hora, durante os 6 a 8 meses de execução da obra de entrada a montante e troço de túnel em profundidade. Assim, face ao atual tráfego médio horário na Estrada de Chelas verificar-se-ia um aumento de 0.5% no tráfego médio horário nesta via. Se considerar-mos apenas o tráfego de veículos pesados que circulam nesta via, o aumento corresponde a 9.8% face ao atual número de camiões que circulam numa hora na Estrada de Chelas.

Para a saída de terras no Beato prevê-se um fluxo de camiões para transporte de materiais provenientes do troço de jusante executado em vala correspondente a aproximadamente 2 camiões por hora, durante os 9 a 12 meses previstos para a execução deste troço. Assim, face ao atual tráfego médio horário na Avenida Infante D. Henrique verificar-se-ia um aumento de 0.1% no tráfego médio horário nesta via. Se considerar-mos apenas o tráfego de veículos pesados que circulam nesta via, o aumento corresponde a 1.8% face ao atual número de camiões que circulam numa hora na Avenida Infante D. Henrique.

Se, no limite, se considerar que o transporte de terras proveniente das intervenções no Beato e em Santa Apolónia ocorrem em simultâneo, o tráfego na Avenida Infante D. Henrique teria um aumento de 0.2% face ao atual tráfego médio horário registado. Se considerar-mos apenas o tráfego de veículos pesados que circulam nesta via, o aumento corresponde a 21.8% face ao atual número de camiões que circulam numa hora na Avenida Infante D. Henrique.

Assim, este impacte sendo negativo, direto, certo, temporário, considera-se pouco significativo pelo facto de ser localizado no tempo e no espaço, sendo perfeitamente integrado no atual tráfego existente nas vias consideradas.

5.6.1.2 Fase de Operação

Dada a tipologia de projeto em análise, não se prevê impactes na sua fase de operação.

5.6.2 Comparação das Alternativas

À semelhança do que se verificou para alguns aspetos ambientais, embora as alternativas sejam distintas no troço final do túnel Chelas-Beato, de uma forma geral, não se perspetivam diferenças significativas nos impactes associados às alternativas de projeto consideradas para os túneis em análise e nas intervenções previstas.

5.6.3 Medidas

Como medidas especificas a serem consideradas para reduzir os impactes sugerem-se:

5.6.3.1 Fase de Construção

ME 5.6-1 Garantir cumprimento da legislação em vigor, de forma a minimizar a afetação da qualidade do ar.

ME 5.6-2 Na fase de projeto de execução e, posteriormente, na fase de construção, adotar, sempre que relevante, medidas de intervenção para reduzir as emissões e afetação da qualidade do ar, integradas no programa de gestão ambiental.

ME 5.6-3 Na zona da Avenida da Liberdade e Rua de Santa Marta que se insere na Zona de Emissões Reduzidas (ZER) fase 3, só podendo circular veículos que satisfaçam as normas Euro 3 (depois do ano 2000), deverá ter-se especial cuidado com as intervenções, equipamentos e desde logo meios de transporte. Idêntico cuidado deve ocorrer na zona da Almirante Reis, Santa Apolónia, Chelas e Beato que se encontram na ZER fase 2 (veículos posteriores a 1996).

ME 5.6-4 Adotar medidas de proteção coletivas e individuais dos trabalhadores mais expostos à poluição do ar durante as atividades de construção (tais como a utilização de máscaras de proteção durante as operações que emitam níveis poluentes mais elevados). Especial importância deverá ser assegurada relativamente aos locais não pavimentados, como a zona de Campolide e Chelas.

ME 5.6-5 Conferir especial atenção às operações de transporte, carga, descarga e deposição de materiais de construção e de materiais residuais das obras, especialmente se forem pulverulentos ou do tipo particulado, nomeadamente o condicionamento controlado durante a carga, a adoção de menores alturas de queda durante a descarga, bem como a cobertura e a humidificação durante a deposição nas zonas afetas aos locais de intervenção.

ME 5.6-6 Eventualmente nas zonas não impermeabilizadas e sempre que necessário analisar a possibilidade de aspersão regular e controlada das áreas afetas às zonas com intervenções à superfície para reduzir as poeiras emitidas em períodos secos.

ME 5.6-7 Assegurar a correta manutenção e funcionamento dos motores de combustão dos veículos pesados, tuneladora e outros equipamentos afetos à obra, de forma a reduzir tanto quanto possível as emissões atmosféricas, bem como a potencial afetação dos recetores sensíveis mais próximos.

5.7 RUÍDO

5.7.1 Impactes

Ao nível do ruído, à semelhança do que acontece para a qualidade do ar, os principais impactes estão associados à fase de construção e referem-se às intervenções à superfície para construção dos poços de ligação, poços de entrada da tuneladora e troços em vala.

5.7.1.1 Fase de Construção

Dado as intervenções e recetores sensíveis na envolvente das zonas com intervenção à superfície serem os mesmos, para análise dos impactes ao nível do ruído considerou-se a mesma metodologia adotada para o fator ambiental referente à qualidade do ar. Durante a fase de construção dos túneis, o aumento dos níveis de ruído surge sobretudo associado a:

- Atividades de construção no geral;
- Circulação e operação de veículos e maquinaria em obra e vias adjacentes.

A avaliação de impactes considera as operações realizadas durante a construção e respetivos níveis sonoros típicos, e tem em atenção as características de ocupação na área envolvente ao projeto, desde logo a presença de linhas de caminho-de-ferro na envolvente (em Campolide e Chelas) e vias rodoviárias com elevado fluxo de tráfego (destaque-se Eixo Norte Sul, Avenida da Liberdade, Avenida Almirante Reis e Avenida Infante D. Henrique).

De referir ainda que os trabalhos de construção civil, nomeadamente as atividades construtivas descritas de seguida, estão classificados como *"atividades ruidosas temporárias"* (Art.º 3.º do Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de janeiro), e que para estas a regulamentação em vigor (Art.º 14.º do Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de janeiro) estabelece limites para o período entardecer e noturno, proibindo que o ruído originário da obra seja superior a 60 dB(A), e impedindo o seu exercício (se não tiver licença especial de ruído) nas proximidades de edifícios de habitação, aos sábados, domingos e feriados e nos dias úteis

entre as 20 e as 8 horas, de escolas, durante o respetivo horário de funcionamento e de hospitais ou estabelecimentos similares, salvo mediante autorização especial, em casos devidamente justificados (Art.º 15.º do referido Decreto-Lei).

Refira-se no entanto que, segundo o ponto 7 do mesmo artigo:

"*7 - Não carece de licença especial de ruído:*

a) O exercício de uma actividade ruidosa temporária promovida pelo município, ficando sujeita aos valores limites fixados no n.º 5;"

("*5 - A licença especial de ruído, quando emitida por um período superior a um mês, fica condicionada ao respeito nos receptores sensíveis do valor limite do indicador L(índice Aeq) do ruído ambiente exterior de 60 dB(A) no período do entardecer e de 55 dB(A) no período nocturno.*")

Importa assim referir que todas as operações descritas estarão devidamente autorizadas e com todos os meios disponíveis para o controlo das mesmas, nomeadamente o controlo do ruido associado aos trabalhos a desenvolver (ME 5.7-2).

Atividades de construção no geral

De um modo geral, as atividades associadas à produção de níveis de ruído mais elevado são também as que afetam de forma mais significativa a qualidade do ar, tendo já sido identificadas anteriormente como sendo a construção dos troços em vala, a execução das obras de entrada e a construção dos poços de ligação. De igual modo, os recetores sensíveis são considerados os mesmos já identificados no subcapítulo 5.6, sendo os impactes ao nível do ruído mais significativos nas zonas da Avenida da Liberdade, Rua de Santa Marta, Avenida Almirante Reis e Santa Apolónia, dada a proximidade a zonas de tecido urbano mais denso, com a afetação de alguns edifícios de serviços, restauração e habitação. Salienta-se ainda, no caso da Alternativa TCB1, TCB3 e TCB4, no Beato, a localização junto a atividades empresariais e de formação profissional que poderão ser mais suscetíveis ao aumento de ruído.

No que respeita à construção dos túneis é uma intervenção que ocorre em profundidade, pelo que não se verifica afetação dos níveis de ruído à superfície e na envolvente. Potencialmente, associado ao funcionamento da tuneladora, nas zonas em que se aproxima da superfície, poderá verificar-se a ocorrência de vibrações à superfície, em situações em que o traçado seja efetuado a menor profundidade, no entanto não se prevê que sejam passíveis de provocar impactes à superfície, devendo ser objeto de análise no projeto de execução.

Nesta fase, em que não se dispõe da tipologia de equipamentos e modos de utilização específica, bem como a sua potência sonora não se determina os níveis de ruído resultantes. No entanto, é de referenciar que na envolvente das zonas de intervenção, na generalidade, se situam vias ferroviárias e vias rodoviárias que já conferem aos locais a intervir níveis de ruido consideráveis.

De forma a controlar e minimizar tanto quanto possível os níveis de ruído associados às atividades de construção deverá ter-se em atenção a seleção de equipamentos adequados, que respeitem os níveis de potência sonora definidos na legislação, para equipamentos de utilização no exterior, de forma a minimizar os impactes resultantes (ME 5.7-3).

Para as intervenções em zonas de tecido urbano mais denso e com localização de serviços (hospitais e instituições de ensino, comerciais, entre outros) e habitações na envolvente imediata importa haver uma gestão do horário das intervenções e informação sobre os períodos que possam ser mais perturbadores (ME 5.7-4 e ME 5.7-5).

No que respeita ao funcionamento dos estaleiros, a tipologia de atividades a desenvolver (armazenamento de materiais, serviços administrativos, entre outros) não está associada a impactes significativos ao nível do ruído.

Face à afetação de alguns serviços (aspeto a analisar no subcapítulo 5.12) o incómodo causado pelo aumento dos níveis de ruído, traduz-se num impacte negativo e certo, com maior expressividade em zonas com maior densidade de serviços e habitações, nomeadamente na Avenida da Liberdade, Rua Alexandre Herculano, Rua de Santa Marta, Avenida Almirante Reis e em Santa Apolónia. No entanto, importa também referir que se o traçado dos túneis fosse integralmente executado à superfície, teria impactes com muito elevado significado, o que não acontece com a tipologia de construção a utilizar nos túneis (escavação em profundidade). Este aspeto leva a que a resultante do impacte, embora negativa, seja temporária, localizada espacialmente e de reduzido significado.

Circulação e operação de veículos e maquinaria em obra e vias adjacentes

A circulação de veículos, sobretudo veículos pesados para transporte de materiais e terras provenientes da construção dos túneis leva ao aumento dos níveis de ruído na envolvente próxima das intervenções e junto às vias adjacentes. No entanto, o tráfego previsto traduz-se num aumento de tráfego médio horário inferior a 1% em qualquer das vias consideradas.

Assim, este impacte sendo negativo, direto, certo, temporário, considera-se pouco significativo pelo facto de ser localizado no tempo e no espaço, estando perfeitamente integrado no atual tráfego existente nas vias consideradas. Assim, incremento de níveis sonoros provenientes do tráfego pesado será diluído no ruído proveniente do tráfego existente, não sendo suscetível de causar incomodo junto das populações vizinhas.

5.7.1.2 Fase de Operação

Dada a tipologia de projeto em análise, não se prevê impactes na sua fase de operação, dado que o ruído exterior já se encontra com níveis bastante elevados e a sua operação não acresce ruído para as zonas consideradas como sensíveis.

5.7.2 Comparação das Alternativas

Nas alternativas TCB1, TCB2 e TCB4, dada a ocupação da envolvente dos troços realizados em vala, onde se verifica a existência de atividades empresariais e de ensino/formação, a perturbação decorrente do aumento do nível do ruído terá um impacte mais significativo, que se reflete na avaliação do respetivo fator ambiental, especificamente na dimensão económica. A alternativa TCB3, de acordo com as características da ocupação na envolvente imediata é a que apresenta impactes menos significativos no presente fator ambiental.

Na dimensão social, de acordo com a população residente em cada área de intervenção (superior a 300 habitantes para as Alternativas TCB2 e TCB3), considera-se que a perturbação assume uma maior significância nestas alternativas.

Para o TMSA não se perspetivam diferenças significativas nos impactes associados às alternativas em estudo.

5.7.3 Medidas

Como medidas especificas para minimização dos impactes associados a este descritor ambiental, apresentam-se os seguintes pontos. Adicionalmente, refere-se a importância da implementação das medidas de caracter geral, presentes no Capitulo 6.

5.7.3.1 Fase de Projeto de Execução

ME 5.7-1 Efetuar uma análise detalhada e elaboração de programa de controlo das vibrações nas zonas em que a construção do túnel se aproxima da superfície, assegurando a sua monitorização e níveis reduzidos compatíveis com o edificado e atividades presentes no local.

5.7.3.2 Fase de Construção

ME 5.7-2 Ao longo da obra deve ser assegurado um programa de gestão do ruído para atenuar os impactes nas suas diferentes fases.

ME 5.7-3 Seleção de equipamentos adequados, que respeitem os níveis de potência sonora definidos na legislação, para equipamentos de utilização no exterior, de forma a minimizar os níveis de ruído.

ME 5.7-4 Assegurar a gestão dos horários de trabalho, nomeadamente no que respeita à programação das atividades ruidosas a realizar, com especial destaque para as zonas com recetores sensíveis na envolvente imediata (Avenida da Liberdade, Santa Marta, Almirante Reis, Santa Apolónia e Beato).

ME 5.7-5 Assegurar informação das populações mais próximas, bem como aos utilizadores das zonas com intervenções à superfície (Campolide, Avenida da Liberdade, Santa Marta, Avenida Almirante Reis, Santa Apolónia, Chelas e Beato), sobre as características dos trabalhos previstos, identificando os períodos com níveis sonoros mais significativos, face ao ruido ambiente habitual, bem como datas de previsão para início e conclusão das intervenções.

5.7.3.3 Fase de Operação

ME 5.7-6 Dado que as atividades à superfície, e mesmo em profundidade, serão circunscritas (eventualmente a limpeza dos grossos e manutenção) e com níveis sonoros reduzidos não se propõe a realização de monitorização do ruído, dado as maiores fontes serão o tráfego e outras atividades locais na zona. Em caso de alteração desta situação, deve-se estudar um modo adequado de efetuar o controlo de ruído para o exterior, de forma contínua, com uma periodicidade anual/bienal.

5.8 FATORES BIOLÓGICOS E ECOLÓGICOS

5.8.1 Impactes

De acordo com a tipologia de projeto e as áreas com intervenções mais pronunciadas à superfície, não se espera ao nível dos fatores biológicos e ecológicos impactes significativos, quer decorrentes da fase de construção, quer da fase de operação.

5.8.1.1 Fase de Construção

Na fase de construção, as alterações na biologia e ecologia podem estar associadas à limpeza de terrenos e remoção de alguma vegetação existente, bem como necessidade de abate ou transplante de árvores.

Limpeza do terreno e remoção de vegetação existente

A localização de estaleiros deverá corresponder, sempre que possível a zonas já impermeabilizadas ou intervencionadas não afetando novas áreas (ME 5.8-5). Os locais com intervenções em solo não intervencionado ou impermeabilizado ocorrem na zona de Campolide e na zona de Chelas, onde tem inicio o traçado dos túneis em análise.

Em Campolide, tal como já referido no subcapítulo 5.1, embora existam locais com vegetação densa na envolvente imediata à zona de intervenção, não se prevê a sua afetação de forma significativa (Figura 5.8-1), devendo minimizar-se a afetação de áreas atualmente não intervencionadas (ME 5.8-6 e ME 5.8-7).

Na zona de Chelas (Figura 5.8-2), onde terá inicio o túnel Chelas-Beato, apenas uma zona reduzida da intervenção para o troço em vala ocorre em terreno livre com alguma vegetação. Embora não sejam significativos, de forma a minimizar os impactes resultantes da remoção dessa vegetação recomenda-se, sempre que possível, que as zonas e tipologia de vegetação sejam mantidas ou melhoradas.

Assim, e dada a natureza deste tipo de projeto, não são expectáveis impactes significativos sobre este fator ambiental, decorrentes da remoção da vegetação existente, sendo a afetação muito localizada e circunscrita. Não obstante, como referido, sempre que relevante, recomenda-se que os quantitativos de vegetação sejam repostos ou melhorados no final da fase de construção. Neste aspeto deve dar-se especial atenção à zona de Campolide, cuja área de vegetação permitirá a ligação das zonas verdes urbanas entre a Avenida da Liberdade, Parque Eduardo VII e Monsanto.

Figura 5.8-1 - Zona envolvente com vegetação, em Campolide

Adaptado de (Google Earth, 2016)

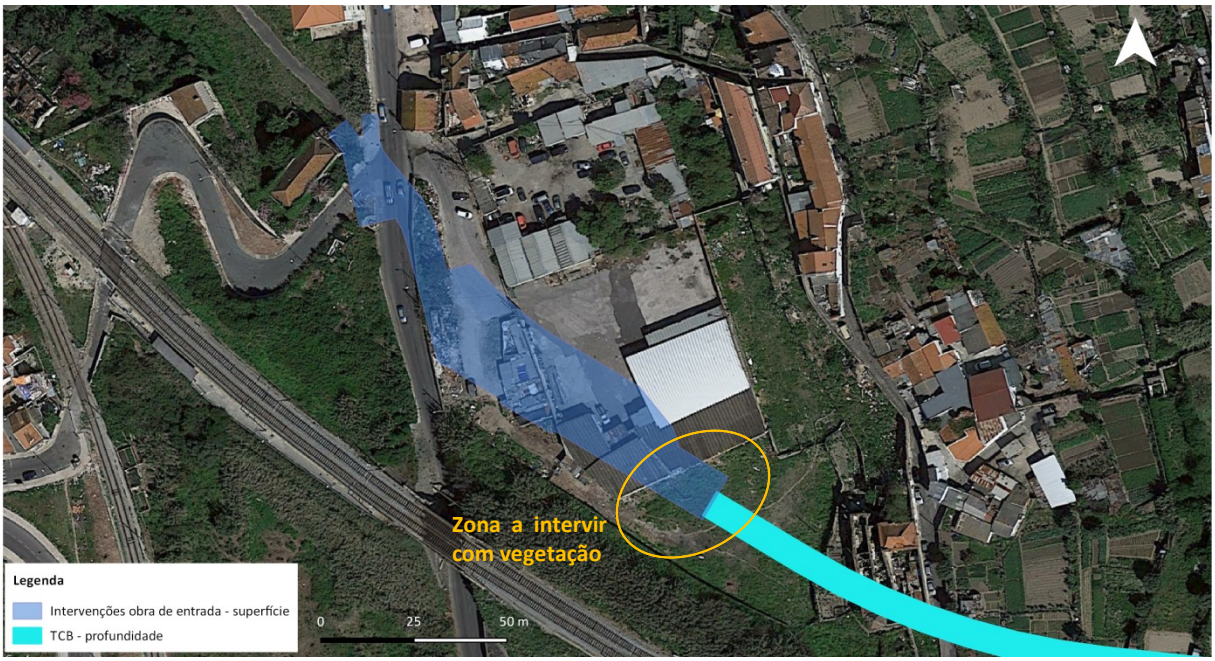


Figura 5.8-2 - Vegetação existente na área a intervir, em Chelas

Adaptado de (Google Earth, 2016)

Afetação do arvoredo

De acordo com a localização das intervenções à superfície e do arvoredo existente, identificou-se a zona de Santa Apolónia como aquela em que haverá afetação do arvoredo atualmente existente.

Na área de intervenção foram identificados 14 exemplares (Figura 5.8-3 e Figura 5.8-4) cuja caracterização se apresentou no Capitulo 3.

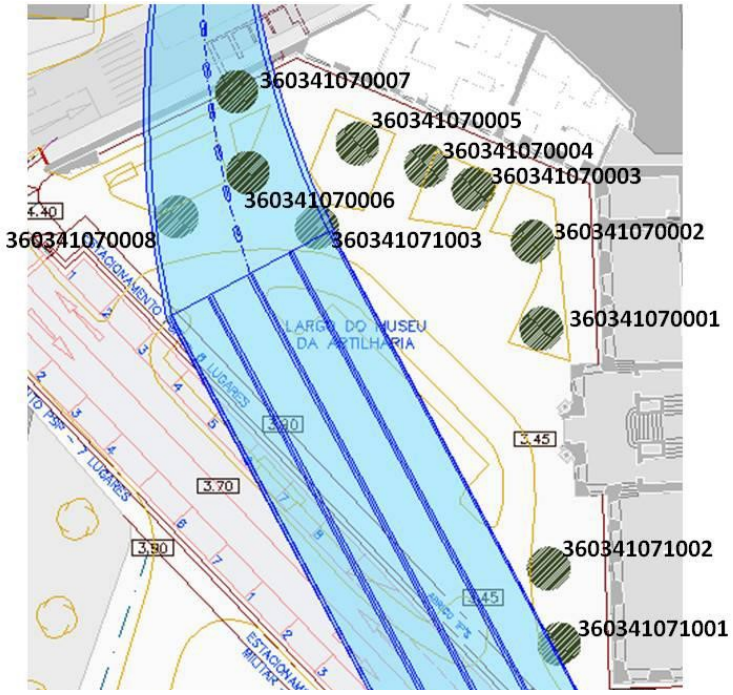


Figura 5.8-3 - Localização das árvores existentes na planta de projeto, junto ao Largo do Museu de Artilharia

Fonte: (CML, 2016b)

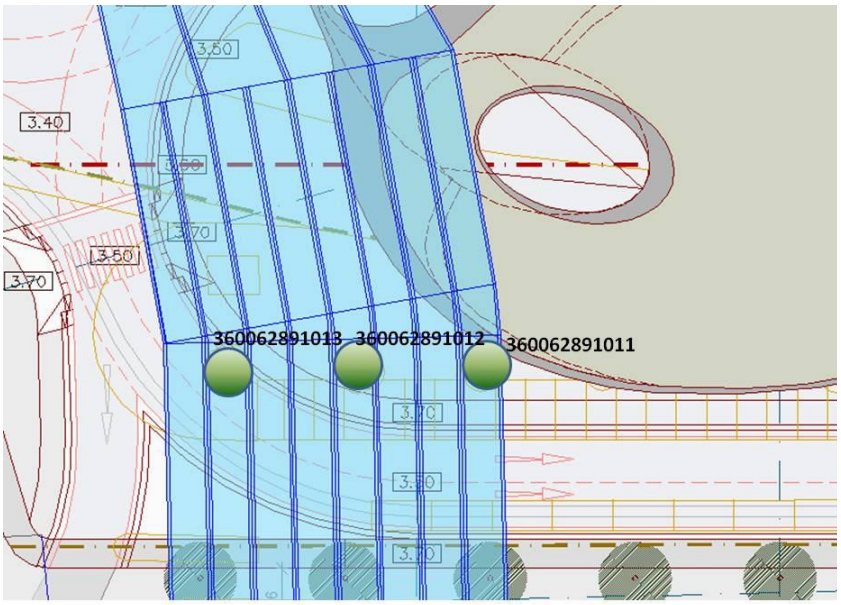


Figura 5.8-4 - Localização das árvores existentes na planta de projeto, junto à Doca do Cais de Pedra (Av. Infante Dom Henrique)
Fonte: (CML, 2016b)

Com base na apreciação das peças de desenho do projeto e na avaliação realizada (relatórios completos disponibilizados no Anexo II-4), verificou-se a impossibilidade de permanência de alguns exemplares arbóreos, tendo-se proposto um conjunto de intervenções definidas para cada exemplar (Quadro 5.8-1).

Quadro 5.8-1 – Avaliação visual e avaliação de risco do arvoredo existente no Largo do Museu de Artilharia e Av. Infante Dom Henrique
Adaptado de (CML, 2015) e (CML, 2016b)

Código SIG	Morada	Espécie	PAP (cm)	Intervenções propostas
360341071001	Largo do Museu de Artilharia	*Jacaranda mimosifolia*	164	Poda seletiva de limpeza e reequilíbrio da copa. Proteção especial em obra.
360341071002	Largo do Museu de Artilharia	*Jacaranda mimosifolia*	233	Poda seletiva de limpeza e eventual redução de peso em alguns pontos. Proteção especial em obra.
360341070001	Largo do Museu de Artilharia	*Tilia spp*	93	Correção de poda anterior.
360341070002	Largo do Museu de Artilharia	*Tilia spp*	111	Correção de poda anterior.
360341070003	Largo do Museu de Artilharia	*Citrus sinensis*	81	Transplante.
360341070004	Largo do Museu de Artilharia	*Eriobotrya japonica*	118	Abate.
360341070005	Largo do Museu de Artilharia	*Citrus sinensis*	90	Transplante.
360341070006	Largo do Museu de Artilharia	*Tilia spp*	110	Transplante.
360341070007	Largo do Museu de Artilharia	*Ficus elastica*	190	Abate.
360341070008	Largo do Museu de Artilharia	*Ficus elastica*	335	Abate.

Código SIG	Morada	Espécie	PAP (cm)	Intervenções propostas
360341071002	Largo do Museu de Artilharia	*Celtis australis*	340	Abate.
360062891013	Doca do Cais da Pedra	*Pinus pinea*	30	Abate.
360062891012	Doca do Cais da Pedra	*Pinus pinea*	85	Transplante.
360062891011	Doca do Cais da Pedra	*Pinus pinea*	97	Transplante.

Árvores propostas para abate:

De acordo com as intervenções propostas para a zona de Santa Apolónia verifica-se a impossibilidade de permanência de alguns exemplares arbóreos, nomeadamente os exemplares 360341070003, 360341070004, 360341070005, 360341070006, 360341070007, 360341070008, 360341071002 e 360062891011, 360062891012 e 360062891013 (CML, 2016b).

Dada a impossibilidade de permanência, estes foram avaliados no sentido da possibilidade de transplante (CML, 2016b):

- os exemplares de *Ficus elastica*, 360341070007 e 360341070008, sendo de muito grande porte só poderão ser transplantados em condições especiais, cujo custo teria de ser orçamentado para uma melhor avaliação. O exemplar mais encostado ao muro (360341070007) apresenta alguma inviabilidade devido à sua localização. Teria igualmente de ser avaliada uma localização definitiva adequada;
- o exemplar 360341071002 (*Celtis australis*), sendo de grande porte e muito interessante, não tem viabilidade de transplante pelas patologias e defeitos estruturais que já apresenta;
- o exemplar 360341070004 (*Eriobotrya japonica*) apresenta alguns sintomas da presença de agente patológico no fuste, pelo que não tem interesse para transplante;
- o exemplar 360062891013 (*Pinus pinea*) está muito débil para poder ser transplantado.

Árvores propostas para transplante

De acordo com os exemplares identificados e as suas características é proposto o transplante de dois exemplares de *Citrus sinensis* no Largo do Museu de Artilharia (exemplares 360341070003 e 360341070005) e um exemplar de *Tilia spp* (exemplar 360341070006) no mesmo sítio, para as áreas verdes do Vale do Casal Vistoso.

Os transplantes propostos para os Pinus pinea[3] terão de revestir-se de cuidados particulares por esta espécie ser muito sensível a intervenções nos sistemas radiculares. A sua relocalização (bem como a manutenção dos exemplares existentes) junto à pista ciclável, foi caracterizada como desaconselhável, já que os potentes sistemas radiculares dos pinheiros irão a curto prazo provocar deformações na pista, a menos que sejam tomadas medidas construtivas mitigadoras deste efeito, que todavia apenas o atrasam, nunca o eliminam. Assim, propõe-se o seu transplante para as áreas verdes do Vale do Casal Vistoso.

Todos os transplantes deverão ser executados com a maquinaria Tree Spade (Figura 5.8-5) com os diâmetros adequados a cada exemplar, de forma a assegurar um bom vingamento.

[3] Os *Pinus pinea* existentes estão dentro da área de competência do Porto de Lisboa e não do município.

Figura 5.8-5 – Exemplo de maquinaria tipo Tree Spade para transplante de árvores

Fonte: (CML, 2016b)

Arvoredo a manter

Deverão existir medidas cautelares e de fiscalização específicas para os dois exemplares de *Jacaranda mimosifolia* a manter, atendendo à sua proximidade à abertura de vala e ao facto de ambos apresentarem alguns sinais externos de defeitos mecânicos. As alterações dentro da sua zona de proteção poderão ter efeitos negativos no seu estado vegetativo.

Em todas as questões relacionadas com instalação de estaleiro e desenvolvimento da obra devem ser tomadas em conta as disposições de proteção de arvoredo, sugerindo-se a introdução em caderno de encargos da obra, de um articulado com estas medidas. De igual modo, as podas do arvoredo a transplantar e a manter devem ser incluídas no caderno de encargos da obra e a sua execução deve ser efetuada por empresa da especialidade em arboricultura urbana. Especial atenção deve também ser dada à altura do ano em que se efetuam os transplantes, devendo ser assegurada a sua rega do primeiro ano após o transporte.

5.8.1.2 Fase de Operação

Afetação do meio recetor

Na zona aquática, no meio recetor, nomeadamente no Estuário do rio Tejo, poderá ocorrer uma alteração localizada nas proximidades das descargas. Refira-se no entanto que pela dispersão da pluma (analisada no Subcapítulo 5.5), esta alteração será junto às zonas de descarga, a uma escala micro, não tendo impactes ao nível do estuário. De salientar também que as descargas são pontuais em tempo e espaço, ou seja, além de localizadas em duas zonas específicas, espera-se que ocorram apenas em determinados períodos do ano, quando os quantitativos de precipitação justificarem.

Embora o Estuário do Tejo se destaque pela importância ecológica que lhe está associada, nas zonas especificamente de Santa Apolónia e Beato esse interesse ecológico é reduzido pela elevada pressão gerada pelas atividades económicas no local, nomeadamente portuárias, como os cruzeiros em Santa Apolónia e movimentação de embarcações a granel e outras no Beato. Nas zonas de descarga alternativas do Beato os ecossistemas são também reduzidos pela humanização existente.

A descarga e intervenção, face a inexistência de comunidades e ecossistemas protegidos e importantes, não se prevê vir a traduzir em impactes muito significativos, sendo circunscrita à zona local, com especial importância na comunidade bentónica.

Evitar danos nos ecossistemas

Na zona terrestre não se espera que ocorram impactes negativos decorrentes da operação dos túneis em termos de fatores biológicos e ecológicos. Haverá, sim, um impacte positivo associado à operação dos túneis que permitirá a redução quer da ocorrência de inundações em Lisboa, quer da sua magnitude. Deste modo reduz-se as atuações disruptivas e destruição de ecossistemas.

Dado o caracter bastante urbanizado e impermeabilizado da maioria das zonas beneficiadas que se traduz em ecossistemas com reduzida importância ecológica, apesar de ser positivo este impacte é de reduzido significado.

5.8.2 Comparação das Alternativas

As alternativas de projeto consideradas mantêm os locais de inicio do traçado, bem como o meio recetor para as descargas (embora altere o local especifico de descarga, as condições são semelhantes), que são os elementos onde podem ocorrer impactes (localizados e com muito pouco significado) ao nível dos fatores ecológicos e biológicos, pelo que a avaliação de impactes não difere significativamente para as várias alternativas estudadas.

Considera-se no entanto de referir que, no que respeita ao efeito de descarga das águas pluviais do TCB no estuário do rio Tejo a alternativa com localização na Doca do Poço do Bispo - Alternativa TCB4 revelou, relativamente à localização da Alternativa TCB1, junto ao Terminal Multiusos do Poço do Bispo, um impacte mais reduzido sobre os sedimentos de fundo e qualidade da água, o que se poderá traduzir numa menor afetação das comunidades bentónicas potencialmente existentes nesta zona do estuário.

Face à minimização dos impactes sobretudo ao nível da qualidade da água, com a consequente menor afetação das comunidades que possam existir na zona de descarga (ainda que esta afetação seja mínima para qualquer das alternativas), a Alternativa TCB4, que considera uma zona de descarga localizada na Doca do Poço do Bispo, apresenta um impacte menos significativo.

5.8.3 Medidas

Apesar de os impactes identificados, decorrentes da implementação do projeto, serem globalmente considerados pouco significativos ou inexistentes, propõem-se de forma a evitar a ocorrência de impactes algumas medidas de caracter específico para as fases de Projeto de execução e de construção. Adicionalmente, deverão ser também consideradas as medidas e boas práticas de caracter geral apresentadas no Capítulo 6.

5.8.3.1 Projeto de Execução

ME 5.8-1 Identificação das espécies ecológicas existentes nas zonas de intervenção e no caso de a intervenção proposta vir a efetuar a sua afetação (decorrente da intervenção construtiva proposta) considerar as medidas para reduzir a sua afetação ou mesmo evitar.

ME 5.8-2 Em todas as questões relacionadas com instalação de estaleiro e desenvolvimento da obra em Santa Apolónia, devem ser tomadas em conta as disposições de proteção de arvoredo constantes no Regulamento de Ocupação de Via Pública com Estaleiros de Obra, nomeadamente o descrito no ponto 6 do artigo 15º, no Regulamento de Infraestruturas em Espaço Público, no Guia de Apoio Técnico do Regulamento Ocupação de Via Pública com Estaleiros de Obra, nomeadamente as disposições descritas no ponto 8 e no Regulamento Municipal do Arvoredo

de Lisboa, ainda em fase de proposta. Sugere-se a introdução em caderno de encargos da obra, de um articulado com estas medidas.

ME 5.8-3 As podas do arvoredo a transplantar e a manter devem ser incluídas no caderno de encargos da obra e a sua execução deve ser efetuada por empresa da especialidade em arboricultura urbana.

ME 5.8-4 A altura do ano para execução dos transplantes deve ser entre os meses de janeiro e fevereiro. O planeamento da obra deverá contemplar este calendário, devendo ser assegurada a rega do primeiro ano após o transplante.

5.8.3.2 Fase de Construção

ME 5.8-5 A localização de estaleiros deverá ser em zonas já impermeabilizadas ou intervencionadas não afetando novas áreas. No caso de zonas de implantação não impermeabilizadas/intervencionadas (Campolide e, em parte, Chelas), deverá privilegiar-se a ocupação de locais sem vegetação.

ME 5.8-6 Na movimentação de máquinas e pessoal deverão ser utilizados caminhos e acessos já existentes, ou caso seja necessário abrir novos acessos estes deverão ser definidos previamente à obra e não afetar outras áreas envolventes, de forma a atenuar os efeitos nas espécies naturais. Especial destaque para as zonas de Campolide e Chelas.

ME 5.8-7 Os materiais de obra e as máquinas deverão ser depositados e estacionados em locais apropriados ao longo da obra, minimizando a afetação das áreas envolventes.

ME 5.8-8 Sempre que relevante, recomenda-se que na fase final da fase de construção os quantitativos de vegetação existentes sejam restituídos (medida específica em conjunto com fator ambiental relativo ao clima).

ME 5.8-9 Caso existam infraestruturas localizadas nas zonas de implantação de arvoredo será necessário proceder a alterações de localização do arvoredo (ou das infraestruturas) de forma a existir uma boa coabitação do sistema radicular com as infraestruturas.

5.9 PAISAGEM

5.9.1 Impactes

Ao nível da paisagem, dada a tipologia de projeto e de intervenções a realizar à superfície, prevê-se que os impactes na fase de construção sejam em zonas localizadas e praticamente inexistentes na fase de operação.

5.9.1.1 Fase de Construção

As principais atividades na fase de construção decorrem da instalação de infraestruturas de apoio (estaleiros e acessos) e das intervenções a realizar à superfície em zonas localizadas da cidade.

Instalação de infraestruturas de apoio e intervenções localizadas à superfície

Ao nível da paisagem, da instalação de infraestruturas de apoio e intervenções à superfície decorrerão impactes no que respeita à desorganização da paisagem pela instalação de estruturas de apoio à obra, circulação de veículos e deposição de materiais de construção (ME 5.9-1 e ME 5.9-2).

Na fase final da construção, com os acabamentos, prevê-se a reposição das condições iniciais dos locais onde ocorreram intervenções à superfície, com a remoção dos estaleiros e estruturas de apoio e, conforme recomendado, reposição das áreas de vegetação, sempre que relevante.

Refira-se assim que, de um modo geral, na fase de construção poderão surgir impactes negativos pela desorganização da paisagem, no entanto são de caracter temporário, sendo, tanto quanto possível, repostas as condições iniciais, com os acabamentos a realizar na fase final da fase de construção. Assim, numa fase inicial da fase de construção, verificam-se impactes negativos, certos, temporários e com pouco significado pela desorganização associada à instalação dos estaleiros, circulação de veículos/maquinaria afetos à obra e atividades construtivas no geral, mas que deixam de ser relevantes com os acabamentos na fase final da construção.

5.9.1.2 Fase de Operação

Na fase de operação as infraestruturas do projeto visíveis à superfície dizem respeito aos edifícios dos poços de grossos em Campolide e Chelas (ME 5.9-3) e, em zonas pontuais e desde já intervencionadas, ficam também visíveis ao nível do solo tampas/grelhas correspondentes às câmaras de ventilação e câmaras de acesso aos túneis. O traçado dos túneis é realizado em profundidade, mantendo a morfologia original do terreno, pelo que durante a fase de operação os impactes decorrentes da presença dos túneis ao nível da paisagem são praticamente inexistentes.

Por outro lado, se durante a fase de construção ocorrem alterações da paisagem localizadas, na fase de operação, o projeto minimiza a ocorrência de inundações em zonas que atualmente são bastante fustigadas por estes fenómenos cada vez mais intensos e mais frequentes. É assim possível evitar os danos das inundações e a consequente destruição das zonas afetadas, melhorando, assim, significativamente a paisagem nestas zonas, pelo que este impacte se considera positivo e com muito significado.

5.9.2 Comparação das Alternativas

As alternativas de projeto não consideram variações que possam interferir na avaliação de impactes ao nível da paisagem, pelo que se considera que a avaliação é semelhante em qualquer das alternativas.

5.9.3 Medidas

Para garantir a qualidade da paisagem futura e proteção da paisagem atual durante a fase de construção consideraram-se várias medidas, sendo de destacar as seguintes medidas específicas. Devem ser tomadas como base as medidas de caracter geral e boas práticas indicadas no Capitulo 6.

5.9.3.1 Fase de construção

ME 5.9-1 Minimização da visibilidade das áreas de construção (estaleiros) e acessos aos locais de obra, minimizando o impacte visual na envolvente. Esta medida aplica-se a todas as zonas com intervenção à superfície.

ME 5.9-2 Vedação das áreas de obra, para qualquer das zonas com intervenções à superfície, assegurando uma qualidade da vedação adequada ao local da intervenção, promovendo a sua integração paisagística.

ME 5.9-3 Minimização da visibilidade das áreas de construídas privilegiando a utilização de materiais e cores que permitam a sua integração com a envolvente.

5.10 PATRIMÓNIO ARQUEOLÓGICO E ARQUITETÓNICO

5.10.1 Impactes

Ainda numa fase preliminar e com objetivo de identificar potenciais ocorrências e impactes decorrentes da execução dos túneis, foi efetuado um esforço no sentido de compatibilizar os traçados com as potenciais ocorrências, com destaque para as zonas mais relevantes em termos de património classificado. De acordo com as áreas de Potencial Valor Arqueológico do PDM de Lisboa, ao longo do traçado dos dois túneis, a zona de Santa Apolónia constitui a zona mais relevante em termos de potenciais ocorrências.

A preocupação que foi tida na preparação dos trabalhos a executar no âmbito do projeto dos túneis ao nível da afetação do património traduziu-se na realização de sondagens arqueológicas prévias em Santa Apolónia que permitiram a identificação e caracterização das ocorrências existentes no local. Decorrente dos resultados das sondagens e características do património identificado, o traçado do TMSA foi ajustado, minimizando a afetação de património classificado. Assim, foram desde já integradas medidas de minimização dos impactes e desenvolvidas alternativas de projeto de forma a reduzir a afetação patrimonial, designadamente nas imediações da Cerca Fernandina, classificado como monumento nacional.

Não obstante, procedeu-se à caracterização das ocorrências patrimoniais ao longo dos traçados, de acordo com a área em estudo definida no subcapítulo 3.10. Das ocorrências identificadas na situação de referência, registaram-se 52 ocorrências patrimoniais localizadas na área de incidência. Refira-se que em muitas das ocorrências identificadas, embora se localizem a mais de 50 m (área de incidência definida para o projeto), o traçado, em planta, pode intercetar zonas especiais de proteção. Recorde-se que os traçados são em vários locais realizados a mais de 70 metros de profundidade, pelo que a afetação à superfície é muitíssimo reduzida ou mesmo inexistente. Assim, para cada uma das ocorrências identificadas procede-se à análise da sua distância ao traçado, identificando-se a partir deste racional os potenciais impactes associados à construção dos túneis.

De acordo com as intervenções a realizar, importa considerar algumas das ações associadas à construção dos túneis na avaliação de impactes ao nível do património.

Face às características geológicas gerais das áreas atravessadas pelos túneis, maioritariamente de origem sedimentar, não rochosa, e à profundidade a que serão escavados os túneis (maioritariamente superior a 50 m), considera-se que o risco de propagação de vibrações e deformações nos edifícios superficiais adjacentes é baixo e pouco provável. Pelo que se considera nesta análise apenas as zonas em que o traçado dos túneis passa a profundidades de soleira inferiores ou iguais a 20 m.

Em particular, para o TMSA, salientam-se as seguintes intervenções:

- escavações e trabalhos associados a intervenções à superfície ao longo do traçado, que correspondem à construção de vários poços de ligação ao túnel. Assim, foram considerados, para além da obra de entrada na ligação ao Caneiro de Alcântara, em Campolide, os poços de ligação na Avenida da Liberdade, Rua Alexandre Herculano e Rua de Santa Marta, bem como na Avenida Almirante Reis, junto ao cruzamento desta com a Travessa do Maldonado;
- o traçado do túnel inclui ainda, na zona de Santa Apolónia, um troço executado em vala a céu aberto, com cerca de 200 m, que corresponde ao trecho final do traçado.

Para o TCB, de acordo com as soluções propostas, além do traçado do túnel executado em profundidade (cerca de 1.0 km), as intervenções contemplam ainda a obra de desvio dos Caneiros a montante, em Chelas, e um troço em vala a jusante, no

Beato, com cerca de 500 m, pelo que a análise incidirá também nestes dois locais correspondentes à localização das intervenções a montante e a jusante.

De acordo com a evolução de projeto e alternativas resultantes, optou-se por efetuar a análise com base nos traçados escolhidos, que já consideram as condicionantes locais, nomeadamente Alternativa TMSA2 e TCB4, para o TMSA e TCB, respetivamente.

As infraestruturas das Alternativas TMSA2 e TCB4 serão maioritariamente construídas em profundidade (superiores a 70 m e 50 m, respetivamente), ou seja, atuarão em cotas inferiores ao nível de fundação dos edifícios e da Cerca Fernandina de Lisboa (Oc.26), pelo que não se anteveem impactes negativos sobre as ocorrências.

Denotando preocupações patrimoniais, o traçado alternativo estudado para o TCB4 procurou salvaguardar o Geomonumento (Oc. 36), tendo o percurso sido desviado para Norte, evitando-se, desta forma, constrangimentos ao projeto. De igual modo, no caso do TMSA, fizeram-se ajustes no troço final (Santa Apolónia) tendo como finalidade evitar a afetação da Cerca Fernandina de Lisboa (Oc. 26 e 26a), sendo o traçado final correspondente à Alternativa TMSA2.

A quantificação dos parâmetros avaliados teve em conta os dois seguintes fatores: o grau de incidência e a proximidade da ação impactante sobre a ocorrência patrimonial; o valor cultural intrínseco da ocorrência sujeita a impacte.

Como referido, embora as ocorrências se localizem fora da área em estudo, ocorrem situações em que os trabalhos incidem em Zonas de Proteção e Zonas Especiais de Proteção de imóveis classificados e em vias de classificação, nomeadamente as ZEP do Aqueduto das Águas Livres – Troço de Campolide e Av. Eng.º Duarte Pacheco e seus aferentes e correlacionados (Concelhos de Lisboa, Amadora, Odivelas, Oeiras e Sintra), Cadeia Penitenciária de Lisboa, Avenida da Liberdade. Por exemplo, no caso em específico do Aqueduto das Águas Livres, a sua localização dista, em planta, cerca de 800 m do local onde vai ser construído o TMSA. No caso da Cadeia Penitenciária de Lisboa, em planta, o túnel passará na sua envolvente imediata, no entanto, a sua passagem ocorre a cerca de 90 metros de profundidade.

É ainda de referir, que ao nível do edificado na zona envolvente, tal como é prática neste tipo de intervenção, será objeto de um levantamento prévio do estado de conservação de todos os edifícios na envolvente e de uma monitorização subsequente dos mesmos durante a fase de construção (já previsto nas medidas de projeto). Neste contexto, todas as ocorrências patrimoniais numa faixa de 50 metros centrada no eixo dos traçados, serão também incluídas neste levantamento.

Para todas as ocorrências que se localizam no exterior da faixa de 50 m ao longo do traçado dos túneis e/ou em que estes passam a profundidades superiores a 20 m não se identificaram impactes decorrentes do projeto.

No levantamento efetuado com base em pesquisa documental foram identificadas, para uma faixa de 250 metros centrada no eixo do traçado dos túneis, 140 ocorrências na área de estudo. Destas, 52 localizam-se na área de incidência direta do projeto, numa faixa de 50 metros centrada no eixo do traçado. Contudo, apenas se identificaram 10 ocorrências com potencial suscetibilidade a impactes (Figura 5.10-1 e Figura 5.10-2), devido à distância a que se situam dos túneis, tanto em planta, como em profundidade, designadamente:

10 – Palácio dos Condes de Redondo;

19 – Prédio com os nºs 24-26 no Largo do Intendente, Fábrica de Cerâmica da Viúva Lamego;

30 – Museu militar;

35 – Biblioteca dos Amigos de Lisboa / (Antigo) Edifício industrial? / Rua do Açúcar, 86;

72 – (Antiga) Fábrica de Cerâmica Viúva Lamego / Av. Almirante Reis, 6-6F; Almirante Reis, 6G- 6J; Trav. Cidadão João Gonçalves, 1-21; Largo do Intendente Pina Manique, 28-31;

73 – Conjunto arquitetónico – eixo urbano (parte) / Rua da Palma 290 a 298, Av. Almirante Reis, 2 a 12, 16 a 18, 22 a 28B, 32 a 42, 46-46E, 50-50A, 52-52B-52C, 58 a 62, 66-66C, 70 e 74-74C; Av. Almirante Reis 1 a 47, 55 a 59, 63 e 67 a 67I;

74 – (Antigo) Convento do Desterro / Rua Nova do Desterro, 6-12 e Igreja de Nossa Senhora do Desterro / Rua Nova do Desterro - Hospital do Desterro;

75 – Conjunto de cinco edifícios de habitação plurifamiliar / Rua Antero de Quental, 1 a 27;

76 – Conjunto de quatro edifícios de habitação plurifamiliar / Rua Antero de Quental 2 a 6;

111 – Conjunto arquitetónico.

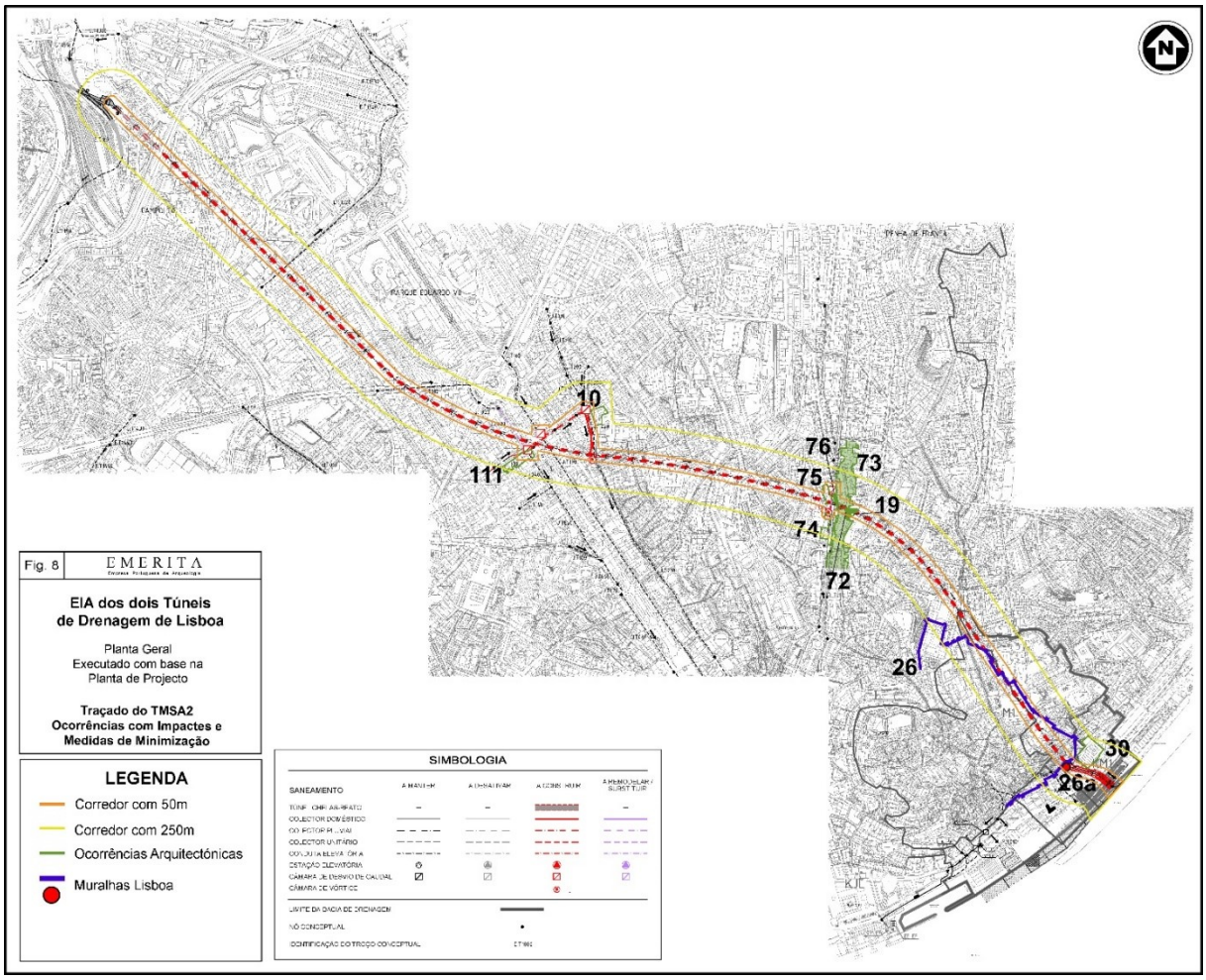


Figura 5.10-1 - TMSA2. Ocorrências patrimoniais identificadas no decurso da pesquisa documental sobre Planta de Projeto

Fonte: (EMERITA, 2017)

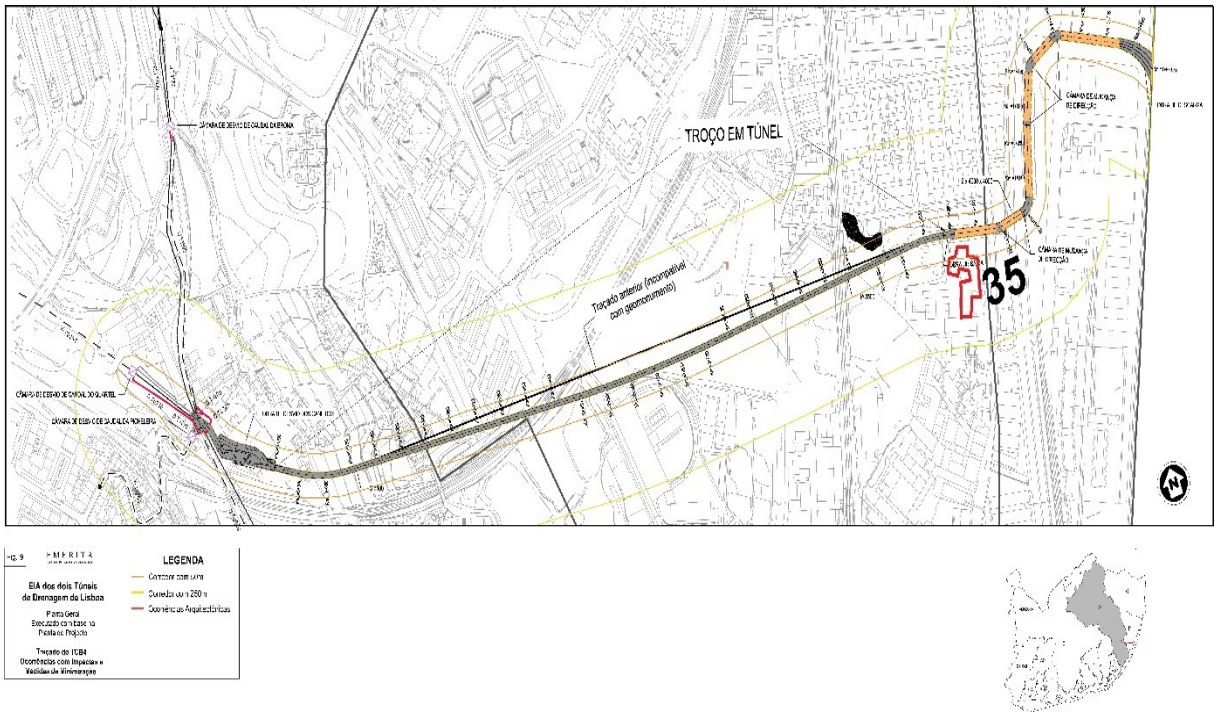


Figura 5.10-2 - TCB4. Ocorrências patrimoniais identificadas no decurso da pesquisa documental sobre Planta de Projeto

Fonte: (EMERITA, 2017)

No quadro seguinte apresenta-se a avaliação de impactes realizada respeitante às 10 ocorrências patrimoniais apresentadas anteriormente, incluídas na área de incidência do projeto, correspondente a uma faixa de 50 metros ao longo do traçado dos túneis e em que estes passam a profundidades inferiores a 20m, assim como na envolvente dos poços de ligação.

Quadro 5.10-1 - Síntese Geral da Avaliação de Impactes no Fator Património Cultural

Fonte: (EMERITA, 2017)

N.º Ocorrência	**INSERÇÃO NO PROJETO** **AI =** Área de incidência do Projeto; **ZE =** Zona envolvente do Projeto.	**CARACTERIZAÇÃO DE IMPACTES** **Fase**: Construção (C), Operação (O); **Incidência (In)**: indireto (I), direto (D); **Sentido (Se)**: negativo (-); positivo (+); **Magnitude (Ma)**: baixo (B), médio (M), elevado (E); **Significância (Sg)**: muito significativo (M), significativo (S), pouco significativo (P); **Duração (Du)**: temporária (T); permanente (P); **Probabilidade (Pr)**: pouco provável (PP), provável (P), certo (C); **Reversibilidade (Re)**: reversível (R); irreversível (I); **INI**: impactes não identificados. (**?** = incerteza na atribuição)

	AI	**ZE**	**Fase**	**In**		**Se**		**Ma**			**Sg**			**Du**		**Pr**			**Re**		**I N I**
				D	**I**	**-**	**+**	**B**	**M**	**E**	**M**	**S**	**P**	**T**	**P**	**I**	**P**	**C**	**R**	**I**	
Ocorrências: 10, 19, 30, 72, 73, 74, 75, 76, 111	**TMSA2**		**C**		**I**	**-**		**B**					**P**	**T**		**PP**			**R**		
			O																		
Ocorrências: 35	**TCB4**		**C**		**I**	**-**		**B**					**P**	**T**		**PP**			**R**		
			O																		

5.10.1.1 Fase de Construção

TMSA2

Ocorrência 30 encontra-se abrangida pela Área de Incidência do Projeto, nomeadamente entre os Km 4.5 e 4.6 do túnel.

Ocorrências 19, 72, 73, 74, 75 e 76 encontram-se abrangidas pela Área de Incidência do Projeto, nomeadamente entre os Km 3.1 e 3.25 do túnel, localizando-se também na proximidade das intervenções à superfície para abertura dos poços de ligação.

Ocorrências 10 e 111 encontram-se abrangidas pela Área de Incidência do Projeto, nomeadamente entre os Km 1.5 e 2 do túnel, sendo também afetados pela abertura dos poços de ligação.

Relativamente à Ocorrência 26-26a, de categoria arqueológica, dada a profundidade a que decorrem os trabalhos de abertura do túnel nos troços da Cerca Fernandina atravessados não se preveem afetações negativas.

TCB4

Ocorrência 35 encontra-se abrangida pela Área de Incidência do Projeto, nomeadamente entre os Km 1.08 e 1.2 do túnel.

De acordo com a profundidade e distância em planta a que ocorrem os trabalhos de escavação, considera-se não existir afetação negativa para a maioria das ocorrências identificadas. Por outro lado, pode haver alguma afetação, eventualmente, devido à deposição de partículas, lama ou outros resíduos originados pelos trabalhos de construção, nos troços em vala aberta e nos poços de ligação, bem como pelas vibrações decorrentes desses trabalhos, sendo a afetação indireta, negativa, de baixa magnitude, pouco significativa, de duração temporária, reversível e pouco provável. Esta potencial afetação é ainda minimizável pelo conjunto de medidas de minimização propostas.

5.10.1.2 Fase de operação

As ocorrências 10, 19, 30, 35, 72, 73, 74, 75, 76, 111 encontram-se na área de incidência do projeto, no entanto, dada a tipologia da construção a efetuar, com garantias estruturais para o horizonte de projeto, não se identificam impactes na fase de operação.

A operação dos túneis permitirá a redução quer da ocorrência de inundações em Lisboa, quer da sua magnitude. Dada a localização do património classificado, que é coincidente em alguns locais com zonas de elevada e muito elevada vulnerabilidade ao risco de inundação, a melhoria no sistema de drenagem permitirá a redução destas áreas, pela diminuição da vulnerabilidade que lhes está associada (Figura 5.10-3), e assim, reduz também a potencial destruição de património classificado decorrente da sua ocorrência.

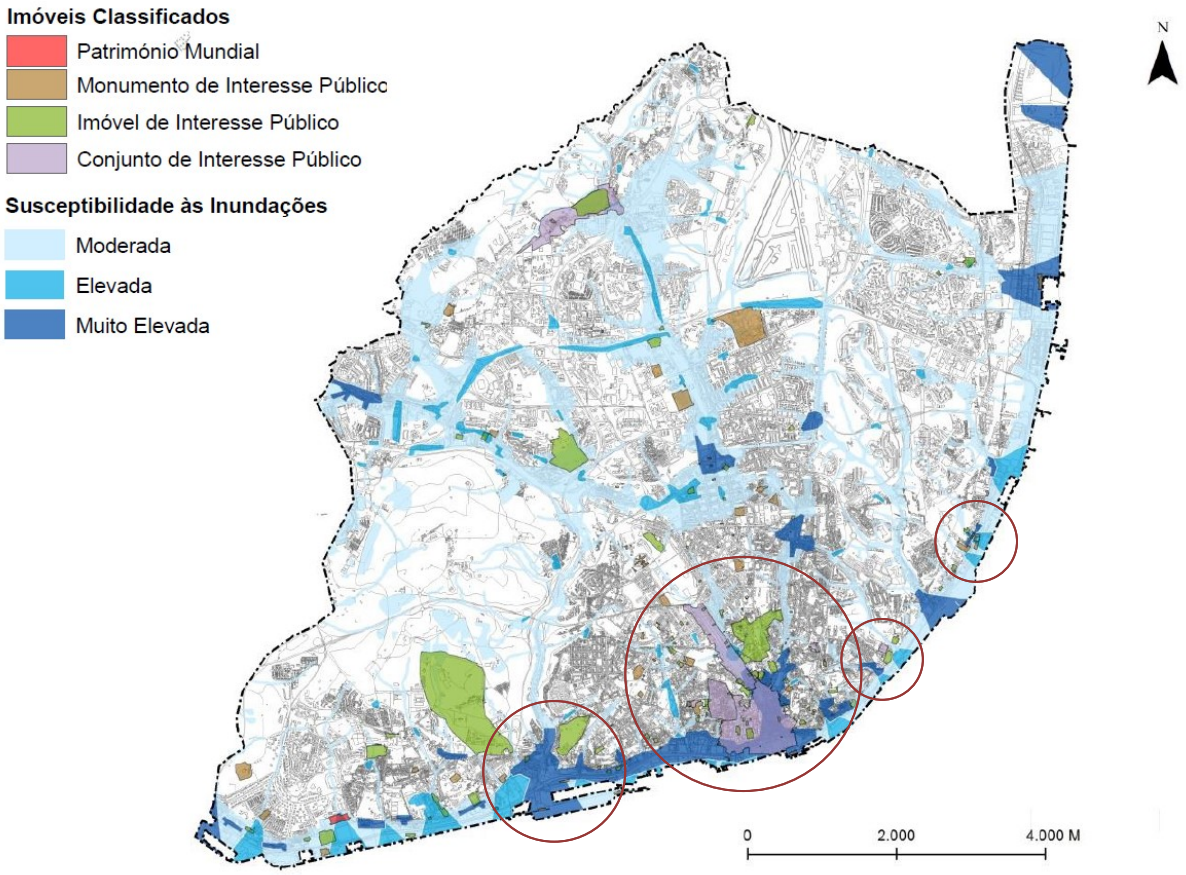


Figura 5.10-3 - Localização do património classificado sobreposta às áreas com vulnerabilidade às inundações, com indicação das zonas de potencial redução de afetação sobre o património classificado

Adaptado de (PDM, 2012) e (REOT, 2015)

Atualmente as inundações afetam património classificado em zonas de relevância municipal e nacional, pelo que a minimização destes danos pela melhoria das condições de drenagem se traduz num impacte positivo e muito significativo.

5.10.2 Comparação das Alternativas

Tal como referido, nas zonas intervencionadas existem algumas zonas de edificado classificadas e respetivas zonas de proteção (por exemplo conjunto de Avenida da Liberdade; Fábrica de Cerâmica Viúva Lamego na Almirante Reis, entre outras – identificadas anteriormente) na área de incidência direta do projeto, mas nas quais não se perspetiva que ocorra afetação. Embora não se preveja a ocorrência de impacte físico direto significativo, com a informação existente atualmente, em fase de projeto deve ser assegurado que não existe essa afetação.

Em termos de património, para a análise comparativa de impactes efetuada no presente EIA de acordo com as alternativas de traçado resultantes da evolução do projeto, importa considerar as ocorrências identificadas na zona de Santa Apolónia, para o caso do TMSA e no Beato, a localização da Igreja e antigo Convento do Grilo, para o caso do TCB (Alternativa TCB3).

Em Santa Apolónia, para além do património edificado (cuja análise de impactes se apresenta no Subcapítulo 5.12), nesta secção, teve-se também em especial consideração o património histórico e arqueológico, nomeadamente a Cerca Fernandina, cuja existência foi confirmada nas sondagens arqueológicas efetuadas (relatório completo no Anexo II-3b), nas

quais foi possível localizar e verificar as respetivas dimensões das fundações de um torreão e de um troço da Cerca Fernandina.

De forma a determinar as ocorrências patrimoniais relevantes na zona de Santa Apolónia, procedeu-se à realização de sondagens arqueológicas em quatro locais (Figura 5.10-4), uma na Rua do Museu de Artilharia, junto ao Beco do Belo (S1) e três no Largo do Museu de Artilharia (S2, S3 e S4), em Lisboa.

Figura 5.10-4 – Mapa de implantação da intervenção na cidade de Lisboa: CMP 431

Fonte: (ArqueoHoje, 2017)

O traçado inicialmente proposto, correspondente à Alternativa TMSA1, interceta algumas das ocorrências identificadas (Figura5.10-5), pelo que os impactes no presente fator podem, potencialmente, ser muito significativos, dependendo da alternativa selecionada.

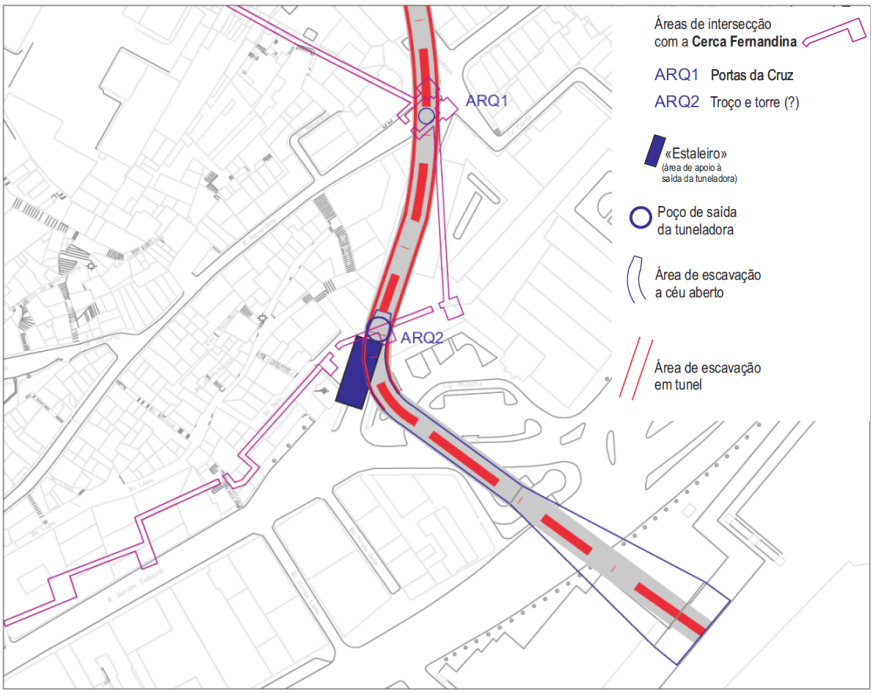


Figura 5.10-5 - Detalhe das intervenções para o traçado base (Alternativa TMSA1) e potencial localização da Cerca Fernandina

Fonte: (ArqueoHoje, 2017)

Após a realização das sondagens arqueológicas na zona de Santa Apolónia (Figura.10-6), tendo-se confirmado a presença e características do património identificado, foram feitos ajustes no traçado do TMSA, integrados na Alternativa TMSA2.

Figura 5.10-6 - Escavações arqueológicas no Beco do Belo onde foram expostas as fundações de um torreão da Cerca Fernandina (em primeiro plano, à esquerda e ao fundo protegido com manta plástica, à direita)

Fonte: (ArqueoHoje, 2017)

As sondagens realizadas em Santa Apolónia permitiram determinar a localização e a cota a que os elementos constituintes da Cerca Fernandina se encontram (Figura 5.10-7). Dos elementos identificados salienta-se o torreão com cota de fundação de cerca de 5.20 m abaixo da cota do pavimento atual. Os ajustes no traçado do túnel permitem que o mesmo passe abaixo da muralha, estando pelo menos a cerca de 3 m abaixo da cota de pavimento.

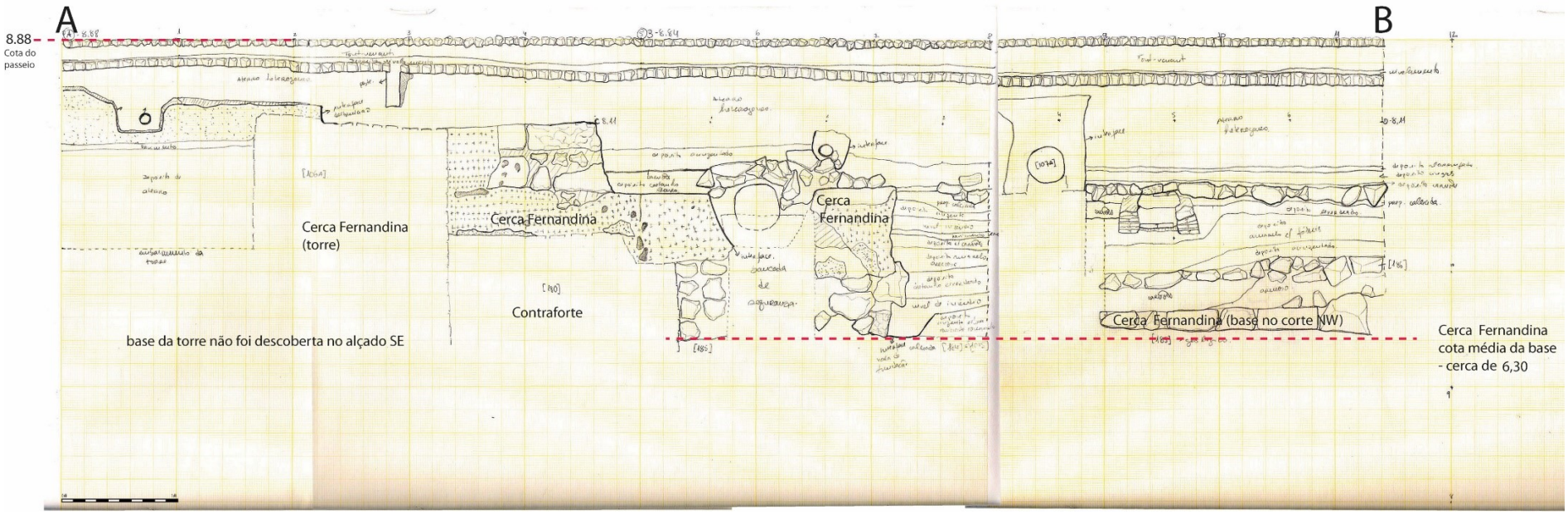


Figura 5.10-7 - Elementos da Cerca Fernandina identificados nas sondagens arqueológicas

Fonte: (ArqueoHoje, 2017)

Considerando já o traçado proposto para a Alternativa TMSA2, em função da localização e das dimensões deste achado arqueológico ajustou-se ainda o traçado na zona da obra de saída do túnel (marcado na Figura 5.10-8 a verde), de forma a viabilizar a opção por um processo construtivo que minimize o risco de afetação e que possibilite a não interceção do património identificado.

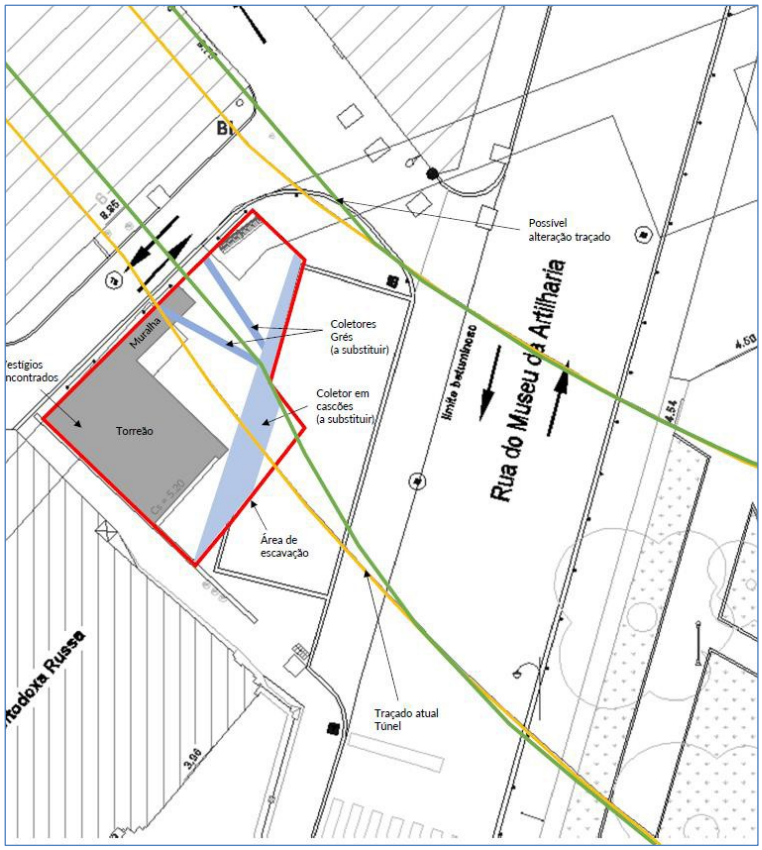


Figura 5.10-8 - Esquema de deslocação do túnel para evitar o torreão da Cerca Fernandina, Alternativa TMSA2

Fonte: (ArqueoHoje, 2017)

Nas Figura 5.10-9 e Figura 5.10-10 apresenta-se, em corte e perfil, a intervenção prevista no Beco do Belo, incluindo a informação referente à Cerca Fernandina e respetivo torreão.

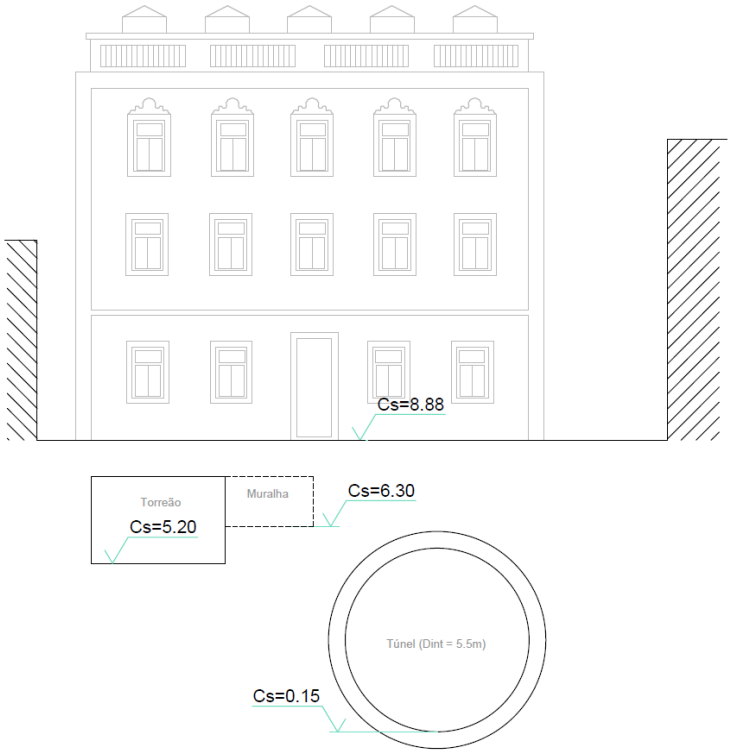


Figura 5.10-9 - Corte representativo da passagem do túnel no Beco do Belo, identificando a posição relativa do edifício e do torreão da Cerca Fernandina

Fonte: (ArqueoHoje, 2017)

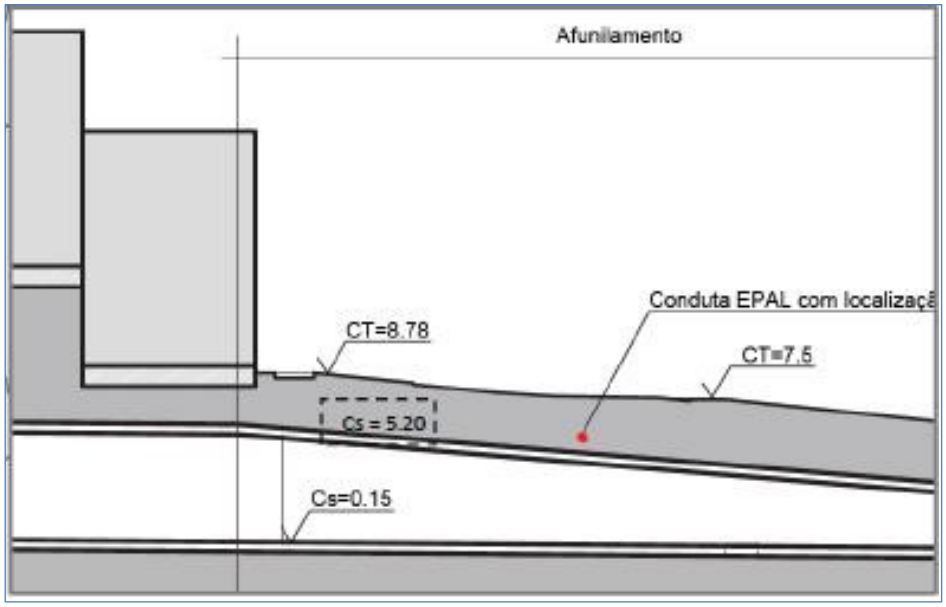


Figura 5.10-10 - Perfil longitudinal do túnel no Beco do Belo, identificando a posição relativa do edifício e do torreão da Cerca Fernandina

Fonte: (ArqueoHoje, 2017)

Com os ajustes efetuados no traçado do TMSA, que constituem, como referido, a Alternativa TMSA2, considera-se não existirem situações críticas que inviabilizem o projeto, devendo, contudo, ao longo da fase de construção ser respeitadas as medidas de minimização propostas. Deste modo, os impactes consideram-se atenuados, sendo positiva a identificação e

salvaguarda de uma parte da Cerca Fernandina, que se traduz na preservação do torreão e minimização da afetação da muralha.

Por outro lado, a proposta de traçado inicial correspondente à Alternativa TMSA1 (Figura 5.10-11) considera o início da intervenção à superfície na Rua Museu de Artilharia, sendo que o seu traçado interceta a Torre da Cerca Fernandina identificada no local. Pelo que os impactes para a Alternativa TMSA1 são negativos e muito significativos ao nível do presente fator ambiental.

Figura 5.10-11 - Traçado inicial proposto (Alternativa TMSA1) em Santa Apolónia (à esquerda), com identificação da localização da Cerca Fernandina (à direita)

Para a Alternativa TMSA2 o traçado foi ajustado de forma a minimizar a afetação dos elementos identificados no local, sendo a sua direção no sentido NW, com o respetivo corte AB representado na Figura 5.10-12.

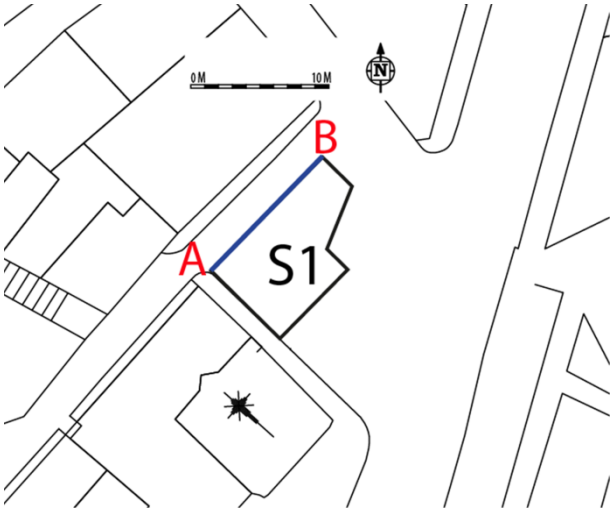


Figura 5.10-12 - Corte NW do novo traçado proposto para Santa Apolónia

A opção pelo traçado proposto para a Alternativa TMSA2 (Figura 5.10-8) com o respetivo ajuste de acordo com as ocorrências patrimoniais identificadas no local permite que a passagem do túnel seja efetuada abaixo da cota da muralha e que não seja coincidente com o torreão identificado (Figura 5.10-9). O ajuste de traçado considerado nesta alternativa permite a minimização ou mesmo inexistência de impactes ao nível do património.

Para o Beato, embora a alternativa selecionada e desenvolvida em projeto seja a Alternativa TCB4, no caso do presente EIA, importa salientar que para a Alternativa TCB3, poderia verificar-se afetação da Igreja e Antigo Convento do Grilo, dado o túnel, nesta alternativa, ser construído sob esta ocorrência. A principal condicionante diz, assim, respeito à necessidade de se construir o túnel sob este edifício, que está classificado como Imóvel de Interesse Público desde o ano de 2002.

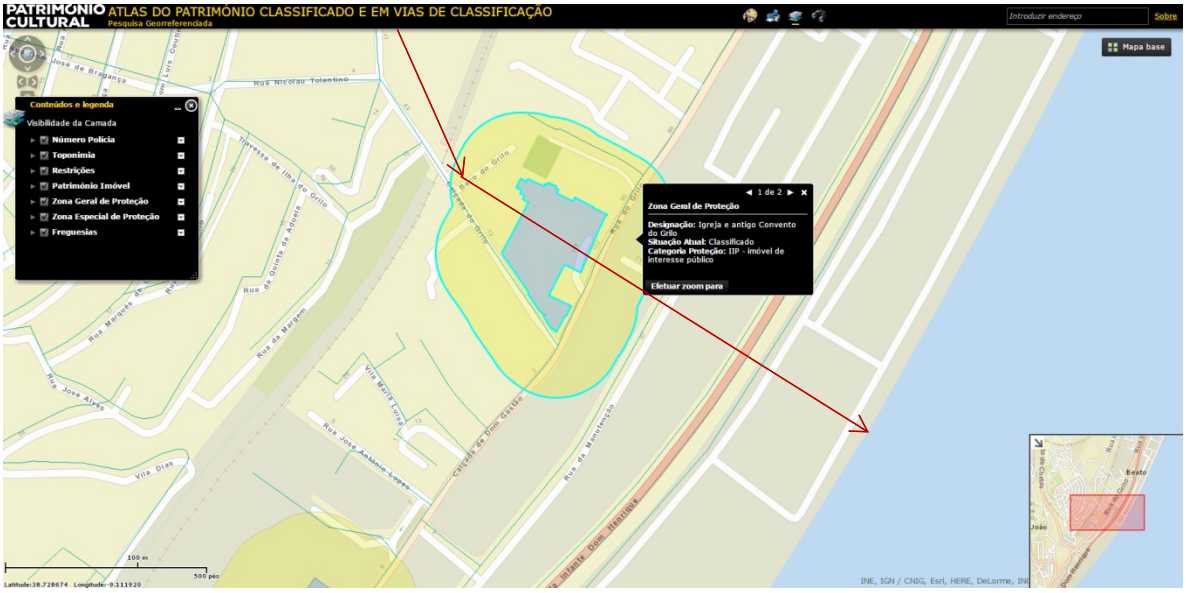


Figura 5.10-13 - Zona Geral de Proteção para a Igreja e antigo Convento do Grilo, com representação esquemática da passagem do túnel Chelas-Beato para a Alternativa TCB3

Adaptado de (GEO, 2016)

De acordo com as ocorrências identificadas, os impactes podem ser potencialmente significativos para a Alternativa TCB3, revelando-se inexistentes para as restantes alternativas de traçado para o TCB (TCB1, TCB2 e TCB4).

5.10.3 Medidas

As medidas de minimização foram realizadas sobre as soluções de traçado resultantes da evolução do projeto e que desde já estão ajustadas às condicionantes identificadas, nomeadamente a Alternativas TMSA2 e TCB4. No Quadro 5.10-2 apresenta-se uma síntese geral das medidas específicas de minimização respeitantes às ocorrências patrimoniais apresentadas na situação de referência. As medidas de minimização encontram-se subdivididas relativamente ao faseamento construtivo, sendo seguidamente descritas por extenso relativamente à fase de construção e à fase de operação. No Quadro 5.10-3 faz-se um resumo das medidas de minimização.

5.10.3.1 Medidas de carácter geral para aplicação no projeto

As medidas de minimização de carácter geral a seguir indicadas aplicam-se ao projeto tal como foi descrito e reportam ao Quadro 5.10-2:

Medida 1 Na fase de Projeto de Execução, inclusão de todas as ocorrências identificadas no âmbito da Situação de Referência na Planta Síntese de Condicionantes no Caderno de Encargos da Obra;

Medida 2 Na fase de Projeto de Execução deverá ser realizado previamente um levantamento do estado de conservação interior e exterior do património arquitetónico identificado na avaliação de impactes (Quadro 5.10-1), bem como

do edificado localizado numa faixa de 50 metros centrada a eixo dos traçados, mediante diagnóstico e documentação fotográfica, trabalho a ser realizado por um técnico credenciado.

Medida 3 Na fase de Projeto de Execução devem acautelar-se os trabalhos que incidam nas zonas de descarga, previstas no interface ribeirinha de Lisboa, mediante uma pesquisa documental com base em fontes escritas, elaboradas no âmbito da vertente arqueológica náutica e subaquática, cartográficas e iconográficas, tendo como finalidade caracterizar historicamente antigas realidades defensivas, náuticas e/ou portuárias que eventualmente possam ter existido nas zonas em consideração;

Medida 4 Na fase de Projeto de Execução devem ser avaliados os eventuais impactes e propostas medidas de minimização, caso se considerem necessárias, sobre os traçados das infraestruturas a realizar entre os poços de ligação. Desconhecendo-se nesta fase as metodologias a utilizar nestas situações e considerando que poderão ser executadas em vala aberta ou com recurso a micro-tuneladora, em ambos os casos podendo afetar vestígios arqueológicos ocultos no subsolo, deverão ser adotadas caso a caso as devidas medidas de minimização, designadamente, sondagens manuais de diagnóstico e/ou acompanhamento arqueológico;

Medida 5 Na fase de Construção deve garantir-se o aconselhamento científico por especialistas em património construído (especialista em património construído) e em património industrial (especialista em arqueologia industrial) sempre que tal seja necessário;

Medida 6 Na fase de Construção, deve fazer-se o Acompanhamento Arqueológico das obras sempre que estas implicarem remeximento e escavação superficial do solo. Em função do interesse dos potenciais vestígios detetados deve prever-se a execução de sondagens de diagnóstico e escavações arqueológicas integrais;

Medida 7 Na fase de Construção, tendo como base o levantamento realizado em fase de Projeto de Execução (Medida 2) deve estabelecer-se um programa de monitorização periódica, de modo a evitar a duplicação da afetação de meios, tendo como finalidade controlar eventuais afetações, causadas pelos trabalhos associados ao projeto, sobre as ocorrências identificadas na avaliação de impactes (Quadro 5.10-1).

Medida 8 Na fase de Construção, colocação de barreiras para minimizar a dispersão de partículas e lamas e rega da área de circulação, em dias secos, como previsto pelas boas práticas de obra e nas medidas de minimização para a qualidade do ar.

Medida 9 Na fase de Construção/início da fase de operação, deve-se garantir que, após a conclusão desta fase, o estado de conservação das ocorrências afetadas pelos trabalhos de construção (por assentamentos, vibrações, poeiras, lamas, circulação de máquinas e outras situações) não se degradou relativamente à situação anterior ao início dos trabalhos e, caso se verifique ser necessário, proceder à realização de trabalhos de limpeza e/ou de restauro.

Como acima referido, relativamente às ocorrências sobre as quais não se identificaram impactes propõe-se como medida de minimização a sua inclusão na Planta Síntese de Condicionantes no Caderno de Encargos da Obra, não sendo estas incluídas nos quadros síntese que seguidamente se encontram desenvolvidos.

Quadro 5.10-2 - Síntese das Medidas de Minimização no Fator Património Cultural

INCIDÊNCIA N.º Ocorrência	FASE	La Aj	PC	Pr	Ac	So Es	Co	Si	Rg	Vi Mo	Va	Ou	N M
Geral	Projeto		PC (1)						Rg (2)			Ou (3,4)	
	Construção				AC (6)					Mo (7,8,9)		Ou (5)	
	Operação												NM
	Desativação												NM
TMSA2 - Especificas Ocorrências: 10, 19, 30, 72, 73, 74, 75, 76, 111	Projeto		PC (1)										
	Construção				AC (6)					Mo (7,8,9)			
	Operação												NM
TCB4 – Especificas Ocorrências: 35	Projeto		PC (1)										
	Construção				AC (6)					Mo (7,8,9)			
	Operação												NM
Ocorrência: 26a	Projeto		PC (1)										
	Construção				AC (6)								
	Operação												NM

Legenda

La = localização alternativa; **Aj** = ajustamento do Projeto; **PC** = inclusão em planta de condicionantes; **Pr** = Prospeção; **Ac** = acompanhamento da obra por arqueólogo; **So =** sondagens arqueológicas – **Ma** = Manuais, **Mc** = Mecânicas; **Es** = escavações arqueológicas; **Co** = conservação *in situ*; **Si** = sinalização em obra; **Rg** = registo documental; **Vi** = vigilância; **Mo** = Monitorização; **Va** = valorização; **Ou** = outras medidas; **NM** = não se propõem medidas de minimização.

5.10.3.2 Medidas específicas para as ocorrências identificadas

As medidas de minimização propostas para esta fase englobam 10 ocorrências localizadas em zonas próximas das áreas de abertura de poços de ligação e/ou no eixo do traçado do túnel em locais onde este passa a profundidades inferiores a 20 m.

Fase de Projeto de Execução

Relativamente às ocorrências identificadas propõe-se a seguinte correspondência com as medidas de minimização referidas:

TMSA2

Medida 1: Ocorrência **30** encontra-se abrangida pela Área de Incidência do Projeto, nomeadamente entre os Km 4.5 e 4.6 do túnel; Ocorrências **19**, **72**, **73**, **74**, **75** e **76** encontram-se abrangidas pela Área de Incidência do Projeto, nomeadamente entre os Km 3.1 e 3.25 do túnel, sendo também afetados pela abertura dos poços de ligação; Ocorrências **10** e **111** encontram-se abrangidas pela Área de Incidência do Projeto, nomeadamente entre os Km 1.5 e 2 do túnel, sendo também afetados pela abertura dos poços de ligação.

Medida 2: Ocorrência **30** encontra-se abrangida pela Área de Incidência do Projeto, nomeadamente entre os Km 4.5 e 4.6 do túnel; Ocorrências **19**, **72**, **73**, **74**, **75** e **76** encontram-se abrangidas pela Área de Incidência do Projeto, nomeadamente entre os Km 3.1 e 3.25 do túnel, sendo também afetados pela abertura dos poços de ligação; Ocorrências **10** e **111** encontram-se abrangidas pela Área de Incidência do Projeto, nomeadamente entre os Km 1.5 e 2 do túnel, sendo também afetados pela abertura dos poços de ligação.

TCB4

Medida 1: Ocorrência **35** encontra-se abrangida pela Área de Incidência do Projeto, nomeadamente entre os Km 1.08 e 1.2 do túnel.

Medida 2: Ocorrência **35** encontra-se abrangida pela Área de Incidência do Projeto, nomeadamente entre os Km 1.08 e 1.2 do túnel.

Fase de Construção:

Para as ocorrências identificadas propõe-se a seguinte correspondência com as medidas de minimização referidas:

TMSA2

Medida 6: Ocorrências **19**, **72**, **73**, **74**, **75** e **76** encontram-se abrangidas pela Área de Incidência do Projeto, nomeadamente entre os Km 3.1 e 3.25 do túnel, sendo também afetados pela abertura dos poços de ligação; Ocorrências **10** e **111** encontram-se abrangidas pela Área de Incidência do Projeto, nomeadamente entre os Km 1.5 e 2 do túnel, sendo também afetados pela abertura dos poços de ligação; Ocorrência **26a** é atravessada pelo túnel ao Km 4.5 estando na proximidade do troço ribeirinho em vala a céu aberto.

Medida 7: Ocorrência **30** encontra-se abrangida pela Área de Incidência do Projeto, nomeadamente entre os Km 4.5 e 4.6 do túnel; Ocorrências **19**, **72**, **73**, **74**, **75** e **76** encontram-se abrangidas pela Área de Incidência do Projeto, nomeadamente entre os Km 3.1 e 3.25 do túnel, sendo também afetados pela abertura dos poços de ligação; Ocorrências **10** e **111** encontram-se abrangidas pela Área de Incidência do Projeto, nomeadamente entre os Km 1.5 e 2 do túnel, sendo também afetados pela abertura dos poços de ligação.

Medida 8: Ocorrência **30** encontra-se abrangida pela Área de Incidência do Projeto, nomeadamente entre os Km 4.5 e 4.6 do túnel; Ocorrências **19**, **72**, **73**, **74**, **75** e **76** encontram-se abrangidas pela Área de Incidência do Projeto, nomeadamente entre os Km 3.1 e 3.25 do túnel, sendo também afetados pela abertura dos poços de ligação; Ocorrências **10** e **111** encontram-se abrangidas pela Área de Incidência do Projeto, nomeadamente entre os Km 1.5 e 2 do túnel, sendo também afetados pela abertura dos poços de ligação.

Medida 9: Ocorrência **30** encontra-se abrangida pela Área de Incidência do Projeto, nomeadamente entre os Km 4.5 e 4.6 do túnel; Ocorrências **19**, **72**, **73**, **74**, **75** e **76** encontram-se abrangidas pela Área de Incidência do Projeto, nomeadamente entre os Km 3.1 e 3.25 do túnel, sendo também afetados pela abertura dos poços de ligação; Ocorrências **10** e **111** encontram-se abrangidas pela Área de Incidência do Projeto, nomeadamente entre os Km 1.5 e 2 do túnel, sendo também afetados pela abertura dos poços de ligação.

TCB4

Medida 6: Ocorrência **35** encontra-se abrangida pela Área de Incidência do Projeto, nomeadamente entre os Km 1.08 e 1.2 do túnel estando na proximidade do troço ribeirinho em vala a céu aberto.

Medida 7: Ocorrência 35 encontra-se abrangida pela Área de Incidência do Projeto, nomeadamente entre os Km 1.08 e 1.2 do túnel.

Medida 8: Ocorrência 35 encontra-se abrangida pela Área de Incidência do Projeto, nomeadamente entre os Km 1.08 e 1.2 do túnel.

Medida 9: Ocorrência 35 encontra-se abrangida pela Área de Incidência do Projeto, nomeadamente entre os Km 1.08 e 1.2 do túnel.

Fase de Operação

Com referência à informação disponível, não se propõem medidas de minimização nesta fase.

A título informativo, no Quadro 5.10-3 definem-se as medidas-tipo de aplicação relevante neste descritor, embora apenas algumas sejam aplicáveis ao projeto vertente.

Quadro 5.10-3 - Medidas de Minimização – Conceitos

Fonte: (EMERITA, 2017)

Medida	Fase	Definição
Planta de condicionantes da obra	Concurso	Inclusão das ocorrências de interesse patrimonial, identificadas neste relatório em planta de condicionantes do caderno de encargos da obra.
Prospeção (arqueológica)	Projeto de execução, construção	As áreas funcionais da obra (estaleiros, depósitos de terras, áreas de empréstimo, outras áreas) deverão ser prospetadas, antes do início da obra.
Acompanhamento (arqueológico)	Construção	Observação, por arqueólogo, das operações que impliquem a remoção e o revolvimento de solo (desmatação e decapagens superficiais em ações de preparação ou regularização do terreno) e a escavação no solo e subsolo. Os resultados deste acompanhamento podem determinar a adoção de medidas de minimização específicas (registo, sondagens, escavações arqueológicas, etc). Os achados móveis efetuados no decurso desta medida deverão ser colocados em depósito credenciado pelo organismo de tutela do património cultural.
Conservação	Construção, Operação	As ocorrências imóveis identificadas no decurso deste estudo ou que sejam reconhecidas durante o acompanhamento da obra devem, tanto quanto possível e em função do seu valor patrimonial, ser conservadas (mesmo que de forma passiva) de tal forma que não se degrade o seu estado de conservação atual.
Escavações e sondagens arqueológicas	Projeto de execução, construção	Execução de sondagens e/ou escavações arqueológicas ou outros estudos (históricos, etnológicos, etc.), destinadas a obter informação que permita determinar o estado de conservação, a funcionalidade e o interesse científico dos sítios e monumentos em causa. Os resultados dessas pesquisas aconselharão, ou não, a valorização dos respetivos sítios e a publicação dos resultados sob a forma de monografia devidamente ilustrada.
Registo (documental)	Construção	Esta ação consiste na representação gráfica e fotográfica e na elaboração de memória descritiva (para memória futura) das ocorrências de interesse patrimonial que tenham de ser destruídas em consequência da execução do projeto ou sofrer danos decorrentes da proximidade em relação à frente obra. O levantamento topográfico deve ser realizado sempre que se considerar necessário para uma correta implantação e representação da ocorrência.
Sinalização	Construção	Nas proximidades da frente obra deverão ser delimitadas com fita sinalizadora todas as ocorrências de interesse patrimonial, passíveis de afetação, mesmo que indireta, na fase de construção (nomeadamente devido à circulação de máquinas, à instalação de áreas de depósito ou outras). Pretende-se, desta forma, minorar ou evitar danos involuntários e garantir a conservação dessas ocorrências.
Valorização	Operação	A valorização patrimonial abrange um conjunto de medidas relacionadas com o estudo, a fruição pública (turístico-didática) e a conservação ativa, in situ, das ocorrências de maior interesse patrimonial. Considera-se adequado

Medida	Fase	Definição
		que estas medidas sejam promovidas em iniciativa de parceria entre o dono-da-obra e a autarquia local.
Vigilância	Operação	Vigilância regular do estado de conservação dos elementos de maior interesse patrimonial identificados na AI do projeto. A execução desta medida compete ao dono-da-obra, com obrigatoriedade de comunicação às entidades competentes dos efeitos negativos detetados.
Monitorização	Operação	Monitorização periódica do estado de conservação das principais ocorrências patrimoniais situadas na Área de Estudo do projeto. Esta medida deve ser executada por especialista independente (arqueólogo) contratado pelo dono-da-obra e inclui a apresentação de relatórios de visita à entidade de tutela sobre o património arqueológico.
Outras Medidas	Desativação	Na fase de desativação devem ser adotadas as medidas necessárias para a salvaguarda do património, em consonância com o plano de desativação proposto.

Tendo como base a situação de referência e as sondagens arqueológicas realizadas na zona de Santa Apolónia (ArqueoHoje, 2017) salientam-se ainda as seguintes medidas específicas a serem consideradas para a fase de projeto de execução e fase de construção:

Fase de construção

ME 5.10-1 Os trabalhos a executar, instalação de estaleiros e acessos deverão estar restritos aos locais previamente definidos, especialmente nas zonas ainda não intervencionadas (Campolide e Chelas) e nos locais onde se identificaram ocorrências patrimoniais na envolvente imediata (Santa Apolónia).

ME 5.10-2 Para a zona de Santa Apolónia, face ao valor patrimonial dos achados, a equipa de arqueologia que efetuou as sondagens arqueológicas no local (Arqueohoje) sugere ainda as seguintes medidas de minimização para o projeto a executar no local:

- escavação arqueológica com recursos a meios mecânicos de toda a estratigrafia contemporânea, i.e., enquadrável no final do século XIX – século XX;
- escavação arqueológica com recursos a meios manuais de toda a estratigrafia arqueológica pré-contemporânea, i.e., anterior ao final do século XIX.

5.11 PLANEAMENTO E ORDENAMENTO

5.11.1 Impactes

Em termos de instrumentos de ordenamento do território, a necessidade da melhoria das condições de drenagem e minimização dos impactes decorrentes de situações de cheia está prevista e integrada nos diferentes instrumentos de ordenamento do território e considera as condicionantes, servidões administrativas e restrições de utilidade pública que lhe estão associadas pelo que o seu impacte é positivo.

5.11.1.1 Fase de Construção

Na fase de construção importa assegurar que as servidões e requisitos decorrentes dos instrumentos de ordenamento do território são cumpridas (ME 5.11-1).

5.11.1.2 Fase de Operação

O projeto em análise localiza-se no Município de Lisboa, encontrando-se sujeito a regulamentações e restrições de uso do solo de carácter geral, decorrentes da legislação nacional e dos instrumentos normativos relacionados com o ordenamento do território e o planeamento e uso do solo. Assim, foram analisados em fase de operação, com a implantação do projeto, a sua conformidade no que se refere a instrumentos de ordenamento do território, condicionantes, servidões administrativas e restrições de utilidade pública.

Instrumentos de ordenamento do território

Dada a tipologia e âmbito do projeto, em termos de instrumentos de ordenamento do território, analisa-se a sua conformidade e previsão em alguns planos e estratégias, quer a nível nacional e regional, como municipal.

A nível nacional e regional é de salientar:

- Programa Nacional da Politica de Ordenamento do Território (PNPOT);
- Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAAC);
- Plano Nacional da Água (PNA);
- Plano Regional de Ordenamento do Território da Área Metropolitana de Lisboa (PROT-AML);
- Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Tejo (PBH Rio Tejo).

A nível municipal (Lisboa) é de destacar:

- Plano Diretor Municipal de Lisboa (PDM).

De seguida, abordam-se os pontos essenciais de cada instrumento considerado com influência na área e tipologia de projeto em estudo, analisando a conformidade do presente projeto face às orientações e regulamentações estabelecidas.

Programa Nacional da Politica de Ordenamento do Território (PNPOT)

O PNPOT inclui nos objetivos específicos do seu Programa de Ação a necessidade de avaliar e prevenir situações de risco, nas quais se inclui as inundações, privilegiando a criação de mecanismos de prevenção. Face aos problemas para o Ordenamento do Território identificados e os Objetivos Estratégicos e Específicos definidos no PNPOT, os túneis de drenagem de Lisboa constituem um mecanismo não só de prevenção, como de adaptação, aos potenciais riscos decorrentes da ocorrência de inundações, permitindo a redução das zonas classificadas como zonas de risco de inundação. Desta forma, previne-se e limita-se a ocorrência de situações de risco, o que vai de encontro aos objetivos específicos estabelecidos no PNPOT.

Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAAC)

A passagem à prática da Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAAC 2020) (em consulta pública) organiza-se em seis áreas temáticas, das quais se salienta:

"f) Integrar a Adaptação na Gestão dos Recursos Hídricos". Esta área deverá promover a avaliação sectorial e a articulação intersectores dos principais constrangimentos e oportunidades para a adaptação relacionados com a gestão dos recursos hídricos, incluindo as seguintes ações:

- Incorporar a componente adaptação nos principais instrumentos de política, planeamento e gestão da água;
- Promover a divulgação de informação sobre a gestão dos recursos hídricos que oriente os diversos agentes sectoriais na gestão ativa da adaptação às alterações climáticas nas suas atividades, considerando as especificidades das bacias hidrográficas;
- Propor e acompanhar a implementação de medidas de adaptação de âmbito da gestão dos recursos hídricos.

O âmbito do presente projeto, assim como os seus principais objetivos corresponde ao previsto na ENAAC 2020, na medida em que o PGDL 2016-2030, onde se enquadra a solução de construção dos túneis em estudo, incorpora desde já a componente adaptação, integrando a adaptação às alterações climáticas e evolução que delas advém nas soluções propostas.

Plano Nacional da Água (PNA)

O PNA estabelece as grandes opções da política nacional da água e os princípios e as regras de orientação dessa política, a aplicar pelos planos de gestão de regiões hidrográficas e por outros instrumentos de planeamento das águas.

Encontrando-se atualmente em fase de conclusão a revisão do PNA de acordo com a Lei da Água (Decreto-Lei n.º58/2005, de 29 de dezembro, alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 130/2012, de 22 de junho), salienta-se o referido no artigo 32º do Decreto-Lei n.º 130/2012, de 22 de junho que salienta um conjunto de medidas de proteção e valorização, cujos objetivos vão de encontro ao pretendido com a construção dos túneis propostos no âmbito do PGDL 2016-2030 e agora alvo de análise no presente EIA.

Considerando os objetivos do presente projeto, a construção dos túneis possibilita a concretização dos objetivos enunciados no artigo referido, dos quais se salienta:

- A regularização de caudais e a sistematização fluvial;
- A prevenção e a proteção contra riscos de inundações, secas, acidentes graves de poluição e rotura de infraestruturas hidráulicas.

Plano Regional de Ordenamento do Território da Área Metropolitana de Lisboa (PROT-AML)

O PROT-AML (CCDR-LVT, 2002) e a sua avaliação ambiental estratégica destaca “uma melhor gestão dos riscos naturais em meio urbano, ao reduzir os problemas decorrentes da impermeabilização do solo, do agravamento de cheias, do aumento da erosão e do transporte de sedimentos para os cursos de água”.

Os túneis propostos no PGDL 2016-2030 permitem a melhoria estrutural das condições de drenagem no Município de Lisboa, o que reduz o risco de inundação. Deste modo, o presente projeto está de acordo com as orientações do PROT-AML.

Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Tejo (PBH Rio Tejo).

O PGRH Tejo (ARH Tejo, 2012) assume os objetivos estabelecidos no Artigo 1.º da Lei da Água, nomeadamente mitigar os efeitos das inundações destacando que as “cheias assumem especial relevância na RH5 (Tejo), não apenas pela extensão da área sujeita a inundações, mas também pela relevância dos núcleos urbanos sujeitos a este tipo de ocorrências.”.

Relativamente ao presente projeto, além de mitigar, pretende-se que pela melhoria significativa das condições de drenagem, possa evitar os efeitos das inundações, concretizando assim os objetivos do PBH.

Plano Diretor Municipal de Lisboa (PDM)

O PDM de Lisboa considera fundamental atenuar as inundações e a perturbação decorrente no funcionamento da cidade de Lisboa, destacando no seu regulamento que para reforçar a resiliência da cidade é necessário atenuar os riscos de inundações, sendo definidas áreas com vulnerabilidade a inundações.

Os túneis de drenagem agora em análise permitem dar resposta ao pretendido, na medida em que possibilitando a melhoria das condições de drenagem, permitem atenuar os riscos de inundações nas zonas definidas como vulneráveis à ocorrência de inundações.

Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas de Lisboa (EMAAC)

Estruturada em torno dos objetivos nucleares da Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas, adaptados à realidade do município de Lisboa, com vista ao seu desenvolvimento e operacionalização, a EMAAC 2016 identifica os principais impactes e vulnerabilidades às alterações climáticas e procede à caracterização da resposta de adaptação.

Com base no quadro de referência apresentado e tendo como enquadramento a visão estratégica e os objetivos definidos no seu capítulo 1, foram delineados eixos estruturantes e linhas programáticas de atuação e formulado um conjunto de opções de adaptação, que constituem a estrutura da EMAAC de Lisboa.

Concretamente, a visão estratégica para Lisboa face às alterações climáticas é construída segundo três eixos estratégicos, delineados numa vertente de operacionalização, permitindo uma intervenção transversal aos domínios do planeamento territorial, da gestão operacional e da governação, nomeadamente:

- Eixo A: Adaptar a cidade às alterações climáticas: "fruir a água" e adaptar o território para o calor.
- Eixo B: Promover uma gestão inteligente e integrada para uma cidade mais resiliente.
- Eixo C: Envolver a comunidade para uma cidadania participada e promover a capacitação coletiva.

Destaque-se o Eixo A que, na definição das suas linhas programáticas, refere:

"*A.3 Redesenhar a Paisagem e potenciar o ciclo da água" que considera um conjunto de soluções orientadas em duas vertentes:*

- *"a) fomentar o controlo na origem e a permeabilidade do solo de modo a privilegiar o ciclo da água e reduzir o escoamento superficial;*
- *b) beneficiar da presença da água no desenho do espaço público para fazer face a eventos extremos de precipitação intensa*."

Estas soluções incluem a articulação com outros instrumentos num quadro de gestão operacional (Eixo B), sendo destacado o PGDL 2016-2030.

No Eixo B estão agrupadas as linhas programáticas aplicáveis aos instrumentos de gestão operacional, enunciadas segundo os eventos com maiores riscos para a gestão municipal, no presente e de acordo com os cenários climáticos para o século XXI.

A resposta de adaptação proposta para Lisboa sintetiza-se nas fichas de caracterização das opções de adaptação apresentadas na EMAAC. Das opções de adaptação apresentadas para o Eixo A destaca-se:

"AA8 - Dotar o espaço público de soluções de controlo na origem das águas pluviais"

Nesta opção é referido especificamente que a gestão do recurso Água deverá potenciar as soluções de base natural que deverão ser devidamente articuladas com a implementação do PGDL, referindo que a eficácia e o investimento nas obras do

PGDL só serão devidamente otimizados, se acompanhados não só pela modernização / reabilitação do conjunto do sistema de drenagem, bem como pela adoção de soluções locais de controlo na origem (aumento da permeabilidade, bacias de retenção das águas pluviais, telhados verdes, etc.).

Integrado no Eixo B surge também um conjunto de opções de adaptação das quais se destaca:

"BB2 - Adaptar a gestão do espaço público e dos espaços verdes ao ciclo da água, incluindo soluções de controlo na origem e articulação com PGDL ao nível local"

Esta opção considera a necessidade de conceber e aplicar um modelo de gestão do espaço público numa lógica de receção da água pluvial, em eventos de precipitação intensa, prevenindo inundações e fomentado a infiltração. Inclui: "a) adoção a nível local de soluções de controlo na origem, articuladas com a concretização do PGDL; b) "fruir" a presença da água, isto é preparar o espaço público e o edificado para a presença temporária da água, sem danos nem transtornos de maior; c) prevenir atempadamente as inundações adaptando estruturas no espaço público".

A articulação da implementação do PGDL com conjunto de opções de adaptação propostas pela EMAAC está prevista na sua concretização, sobretudo no que respeita à sua articulação com as soluções propostas a nível local. Deste modo, considera-se que a EMAAC prevê a implementação e concretização do PGDL, que constitui um instrumento essencial em articulação com as opções de resposta de adaptação propostas.

Adicionalmente, o âmbito do presente projeto, assim como os seus principais objetivos vão de encontro aos objetivos da EMAAC 2016, na medida em que o PGDL 2016-2030, onde se enquadra a solução de construção dos túneis em estudo, incorpora desde já a componente adaptação, integrando a adaptação às alterações climáticas e evolução que delas advém nas soluções propostas.

Em síntese, o projeto em análise, proposto no âmbito do PGDL 2016-2030, de acordo com os objetivos do referido plano, a nível nacional, enquadra-se nas estratégias ambientais, nomeadamente por dar resposta as desafios das alterações climáticas em sede de ordenamento do território, assegurando uma abordagem de prevenção/proteção contra riscos de inundações e de rutura de infraestruturas hidráulicas, apostando numa melhor gestão dos riscos naturais em meio urbano ao reduzir os problemas do agravamento de inundações.

A nível municipal, o PDM identifica zonas com os diferentes tipos de riscos de cheia. É de destacar que a grande maioria das zonas de elevada vulnerabilidade às inundações são objeto de intervenção da proposta do PGDL 2016-2030. Sendo que o projeto em estudo pretende dar seguimento à concretização do PGDL 2016-2030, assegurando uma eficaz drenagem das águas pluviais em Lisboa.

A operação dos túneis de drenagem permitirá a resposta aos desafios das alterações climáticas e a redução de zonas de risco de inundação potenciando os seus usos, aspetos previstos e salientados nos diferentes planos e estratégias analisadas, pelo que o impacte se revela positivo, muito significativo, certo e permanente.

Condicionantes, servidões administrativas e restrições de utilidade pública

Grande parte da intervenção realiza-se em profundidade, onde as condicionantes em termos de ordenamento são limitadas ou reduzidas. No que diz respeito às intervenções à superfície ou no subsolo houve uma análise para minimizar a sua afetação, nomeadamente interceção com infraestruturas como a rede de metro, condutas de água, entre outros. Na saída de Santa Apolónia as propostas têm já em consideração a nova praça a construir e o terminal de cruzeiros. No Beato, foram analisadas quatro alternativas de localização para a descarga, podendo por um lado haver conflitos com as atividades portuárias e, por

outro, em relação à localização dos pilares da ponte para a Terceira Travessia sobre o rio Tejo, bem como o desenvolvimento urbanístico previsto para os locais em análise, pelo que se adotou uma alternativa que tenha a menor implicação possível.

5.11.2 Comparação das Alternativas

Do ponto de vista do ordenamento e das condicionantes, não existem diferenças entre as alternativas de projeto consideradas, isto é, os locais definidos para implantação das infraestruturas são abrangidos pelos mesmos instrumentos de gestão do território e estratégias, contribuindo muito positivamente para a concretização dos objetivos e orientações dos mesmos. Eventualmente as alternativas TMSA2 e TCB4 melhor se enquadram nas orientações propostas.

5.11.3 Medidas

5.11.3.1 Fase de Construção

ME 5.11-1 Respeitar os usos do solo, bem como as áreas para implantação das infraestruturas definidas no projeto.

5.12 SOCIO ECONOMIA LOCAL E REGIONAL

5.12.1 Impactes

A intervenção proposta, nomeadamente, a construção e operação dos túneis para desvio de caudais pluviais na cidade de Lisboa vai contribuir para uma melhoria estrutural das condições de drenagem na cidade de Lisboa, na sua fase de operação. Por outro lado, a fase de construção apresenta constrangimentos localizados junto às intervenções à superfície e envolvente próxima.

5.12.1.1 Fase de Construção

Durante a fase de construção os impactes ao nível da socio economia decorrem das ações associadas às atividades construtivas (como implantação dos estaleiros e outras estruturas de apoio, acessos à obra para transporte de materiais, operação e circulação de veículos, sobretudo para transporte de terras provenientes dos túneis, bem como as intervenções à superfície para construção do poço de entrada da tuneladora, troços em vala e poços de ligação), criando dois tipos de impactes diferenciados:

- Perturbações usuais das fases construtivas, por exemplo perturbações na mobilidade pedonal e viária na zona, alterações no ambiente acústico e afetação da qualidade do ar com eventuais perturbações das atividades sociais, entre outras;
- Alteração da dinâmica económica associada a investimento e criação de emprego proveniente das atividades construtivas a realizar.

Das intervenções à superfície decorrem perturbações, mais ou menos significativas, consoante a localização, nas atividades económicas e sociais que se desenvolvem na envolvente próxima, bem como na população residente em cada zona. De forma a caracterizar os impactes sobre a população residente em cada zona, com base nos dados dos Censos 2011, analisou-se a potencial afetação sobre a população residente em cada zona.

Na fase de construção as atividades construtivas na generalidade têm efeitos diretos na perturbação da qualidade de vida da população residente e nos serviços existentes na envolvente das intervenções à superfície, devido sobretudo à potencial afetação das atividades locais, pela afetação física de edificado e vias rodoviárias, emissão de poeiras, ruído, constrangimentos ao nível da mobilidade nas vias adjacentes e circulação local de veículos pesados para transporte de materiais para os locais de intervenção e transporte de terras provenientes da realização dos túneis (com tuneladora ou método de escavação sequencial e troços em vala).

No que respeita à instalação dos estaleiros, recomenda-se a definição de regras para o seu funcionamento, no sentido de evitar a acumulação e dispersão de resíduos, bem como a contaminação com óleos ou lubrificantes, prevendo-se que as atividades a efetuar não sejam causadoras de impactes significativos nas zonas envolventes próximas.

No que respeita à tipologia de maquinaria e equipamentos a utilizar em obra, tal como referido, na presente fase não se dispõe de informação para caracterizar os níveis de ruído e outras perturbações resultantes em detalhe, pelo que se caracteriza de forma generalizada as perturbações decorrentes. Mantém-se assim a metodologia adotada noutros fatores ambientais (qualidade do ar e ruído), considerando-se que na envolvente imediata das intervenções à superfície, os serviços localizados nas frentes de rua com intervenções serão os potencialmente mais afetados.

A resultante destes impactes é negativa, no entanto, como já referido anteriormente, muito localizada às zonas com intervenção à superfície, que são pontuais, comparativamente à extensão total do traçado dos túneis. Por este motivo, considera-se que o impacte tem um significado reduzido e com duração correspondente à execução das intervenções previstas em cada zona. Particular atenção deve ser dada aos recetores sensíveis (habitações, restauração e serviços) na envolvente imediata de cada local com intervenções à superfície. Para tal, analisou-se a distância a que se encontram os elementos mais suscetíveis na envolvente das intervenções à superfície associadas a cada um dos túneis.

Túnel Monsanto-Santa Apolónia

(1) Campolide

Em Campolide têm inicio as intervenções do TMSA. As atividades a considerar dizem respeito à execução da obra de entrada, instalação do estaleiro e respetivos acessos e circulação de veículos para transporte de materiais.

À exceção do conjunto de edifícios a cerca de 20 metros das intervenções (Figura 5.12-1), na envolvente próxima não se verifica a existência de recetores sensíveis possivelmente afetados, encontrando-se na envolvente mais alargada (distâncias superiores a 100 metros) algumas habitações e áreas de serviços. Estas encontram-se a uma distância razoável da zona de intervenção, pelo que a perturbação será de reduzido significado, refletindo-se no aumento dos níveis de ruído, transporte de poeiras em caso de ventos fortes na direção das habitações e serviços (no sentido S-N ou O-E). Na envolvente existem infraestruturas rodoviárias e ferroviárias desde já associadas a níveis de ruído mais elevados e afetação da qualidade do ar.

Dado ser o local onde se procede à remoção das terras provenientes da tuneladora (para toda a extensão do túnel Monsanto-Santa Apolónia executado com este equipamento, ou método semelhante), este será o local onde as perturbações ao nível da circulação de veículos pesados terão um caracter mais prolongado ao longo da fase de construção.

Figura 5.12-1 - Localização das habitações e área de serviços mais próximas em relação à zona de intervenção em Campolide
Adaptado de (Google Earth, 2016) e (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

De acordo com os dados dos Censos 2011 (Figura 5.12-2), nas subsecções na envolvente das intervenções, a população residente total corresponde a 270 habitantes. No entanto, grande parte da população residente está considerada na subsecção 01 (secção 006), que engloba a infraestrutura ferroviária e cuja área residencial mais densa se situa a sul da mesma, a mais de 300 metros do local de intervenção. Pelo que, além da distância à área de intervenção, os níveis sonoros e perturbação atual já é elevada, não se refletindo com significado a perturbação associada às intervenções à superfície em fase de construção. A população residente potencialmente afetada na zona de Campolide corresponde assim a cerca de 165 habitantes.

Figura 5.12-2 – Subsecções na envolvente das intervenções à superfície e respetiva população residente

Adaptado de (INE, 2011) e (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

(2) Avenida da Liberdade/Santa Marta

Por outro lado, na Avenida da Liberdade e Rua de Santa Marta (Figura 5.12-3), onde o traçado do túnel se concretiza em profundidade, efetua-se a ligação a infraestruturas que integram o atual sistema de drenagem para interceção de caudais, que se concretizam na construção de duas câmaras de desvio de caudal na Avenida da Liberdade, uma câmara de desvio de caudal com poço de grossos, no cruzamento da Rua Alexandre Herculano com a Rua de Santa Marta, e uma câmara de queda em vórtice no cruzamento da Rua de Santa Marta com a Rua Barata Salgueiro, através da qual se procede à ligação com o TMSA em profundidade. As intervenções a realizar na zona da Avenida da Liberdade e Santa Marta são de caracter temporário, com uma duração prevista para 9 a 12 meses, que correspondem ao período da perturbação no local.

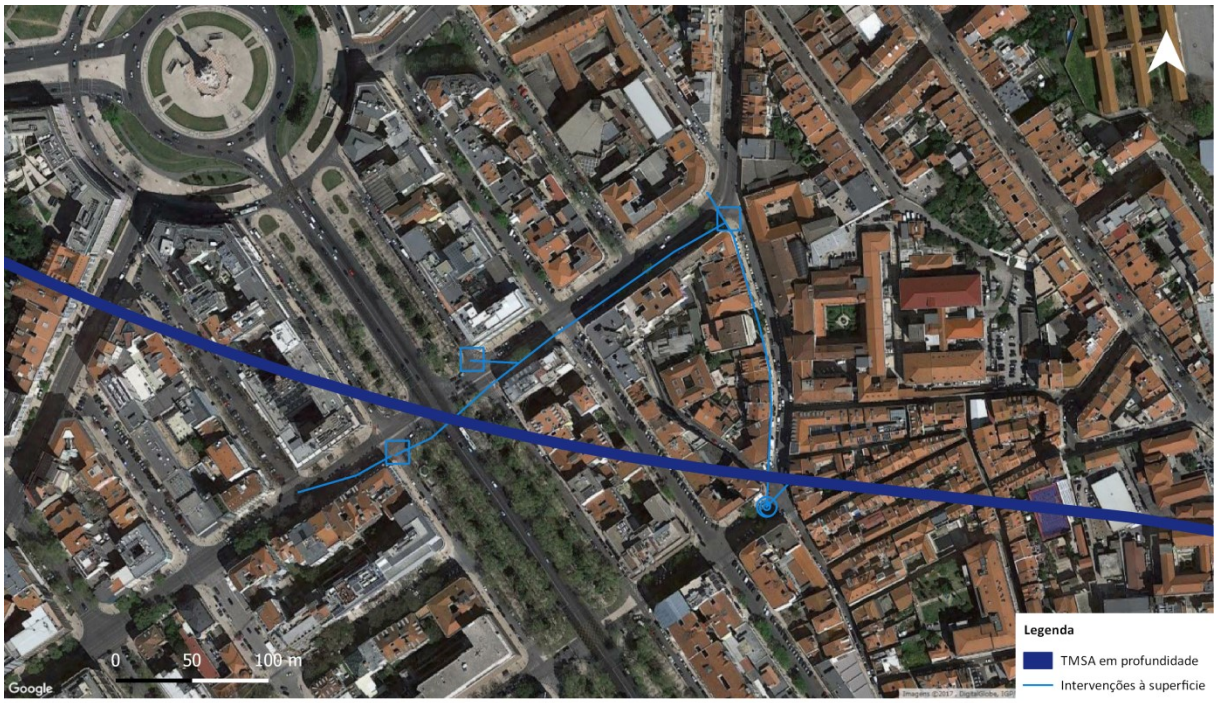


Figura 5.12-3 – Intervenções a realizar na Avenida da Liberdade e Rua de Santa Marta

Adaptado de (Google Earth, 2016) e (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

A sua localização no centro da cidade confere a esta zona uma maior suscetibilidade em termos de impactes socioeconómicos pelos potenciais serviços afetados. Dado o caracter das intervenções, prevê-se a afetação das atividades existentes pelo aumento dos níveis de ruido, afetação da qualidade do ar e constrangimentos na mobilidade.

De acordo com as atividades a ocorrer na zona, prevê-se que, junto à Avenida da Liberdade, as perturbações se façam sentir essencialmente nos edifícios de serviços localizados junto às laterais esquerda e direita da Avenida, que não contemplam atividades no exterior. De acordo com os dados dos Censos 2011 (Figura 5.12-4) a população residente junto à Avenida da Liberdade totaliza 87 residentes, o que evidencia a tipologia de atividades existentes na zona que consiste essencialmente numa zona de escritórios e atividades comerciais no piso térreo.

Por outro lado, junto ao cruzamento da Rua Barata Salgueiro com a Rua de Santa Marta e desta com a Rua Alexandre Herculano a população residente é mais significativa. Embora as subsecções selecionadas correspondam a áreas mais extensas do que o que se considera ser o alcance dos impactes das atividades construtivas no local, de acordo com os dados dos Censos de 2011 (Figura 5.12-4), a população residente total na zona e envolvente atinge os 616 habitantes, pelo que a perturbação terá uma maior significado também ao nível social.

Figura 5.12-4 - Subsecções na envolvente das intervenções à superfície e respetiva população residente

Adaptado de (INE, 2011) e (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

Junto ao cruzamento da Rua de Santa Marta com a Rua Alexandre Herculano salienta-se a localização de uma instituição de ensino, nomeadamente a Universidade Autónoma, bem como o Hospital de Santa Marta, devendo garantir-se que o acesso ao mesmo não é comprometido pelas intervenções na sua envolvente (ME 5.12-1).

No cruzamento da Rua de Santa Marta com a Rua Barata Salgueiro as intervenções previstas originam também perturbações mais significativas a nível económico dada a tipologia de serviços contemplados no local, nomeadamente pela densidade e diversidade de serviços de restauração e comércio local no piso térreo e no exterior (Figura 5.12-5).

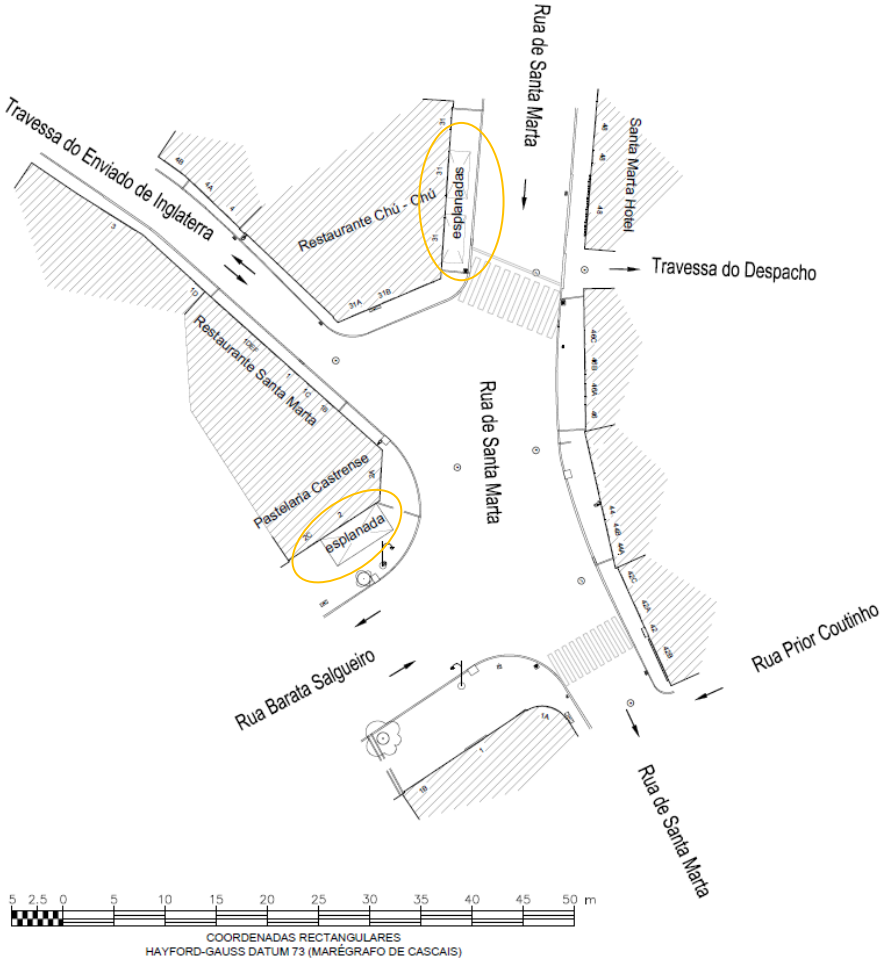


Figura 5.12-5 – Espaços de restauração com explanada exterior afetados na envolvente imediata na Rua de Santa Marta

Adaptado de (artop, 2016)

Dos serviços existentes no local salienta-se, dada a proximidade física às intervenções, os espaços de restauração "Restaurante Chú-chú", "Restaurante Santa Marta" e "Pastelaria Castrense", bem como os restantes edifícios de serviços na envolvente imediata. Salienta-se no piso térreo os edifícios de comércio local e de restauração com atividades no exterior (Figura 5.12-6), as quais se prevê que fiquem fortemente perturbadas durante a construção das infraestruturas previstas para o local.

Figura 5.12-6 - Edifícios com atividades no exterior perturbadas pelas intervenções no cruzamento da Rua de Santa Marta com a Rua Barata Salgueiro

Fonte: (Google Earth, 2016)

Também ao longo da Rua Alexandre Herculano se verifica a existência de diferentes espaços de restauração e de comércio que importa considerar. Destes destaca-se a existência de espaços com atividades no exterior (Figura 5.12-7).

Figura 5.12-7 - Espaço de restauração com atividades no exterior, na Rua Alexandre Herculano

Fonte: (Google Earth, 2016)

Adicionalmente, vão registar-se perturbações na circulação na própria Avenida da Liberdade e na Rua Barata Salgueiro, as quais deverão ser programadas de forma a conciliar com as intervenções a ocorrer em Santa Marta. O condicionamento da circulação nas vias deve ser realizado de modo faseado, de forma a que, ainda que condicionada, não se impossibilite a circulação no local (ME 5.12-1).

Em termos de mobilidade, vão registar-se perturbações na circulação nas vias com intervenções à superfície e vias na envolvente destas com constrangimentos na mobilidade, com perturbação da normal circulação e acessos (Figura 5.12-8).

As vias com condicionamento na circulação são a Avenida da Liberdade, nas duas laterais e na faixa central, a Rua Alexandre Herculano, Rua Rodrigues Sampaio, Rua de Santa Marta, Rua Barata Salgueiro e Travessa Enviado da Inglaterra. Estas ficarão parcialmente condicionadas de acordo com as intervenções previstas para o local, prevendo-se que a perturbação se faça sentir também nas vias localizadas na envolvente. O condicionamento deve ser concertado com as atividades a desenvolver de forma a que, ainda que de forma condicionada, seja possível circular nestas vias (ME 5.12-1).

Figura 5.12-8 – Localização das potenciais vias com perturbação junto à Avenida da Liberdade e Rua de Santa Marta

Adaptado de (Google Earth, 2016)

(3) Avenida Almirante Reis

Na Avenida Almirante Reis as intervenções à superficie ocorrem na própria Avenida, junto ao cruzamento desta com a Travessa do Maldonado, bem como no cruzamento com a Rua Antero de Quental. Neste local o traçado do túnel é realizado em profundidade, pelo que as intervenções à superficie dizem respeito à concretização de uma câmara de desvio de caudal com poço de grossos e de uma câmara com queda em vórtice através da qual se procede à ligação com o TMSA em profundidade (Figura 5.12-9).

Figura 5.12-9- Localização das intervenções previstas e potenciais vias com perturbação junto à Avenida Almirante Reis

Também na Avenida Almirante Reis os recetores sensíveis se situam na envolvente imediata das intervenções à superfície, sendo os impactes igualmente certos, negativos e com muito significado na envolvente imediata, embora de caracter temporário, com duração correspondente ao período da construção das infraestruturas previstas para o local. Prevê-se que as intervenções no local tenham uma duração de 9 a 12 meses. De acordo com as atividades existentes na envolvente próxima são afetados espaços de comércio local, espaços de restauração e edifícios residenciais e de serviços (Figura 5.12-10).

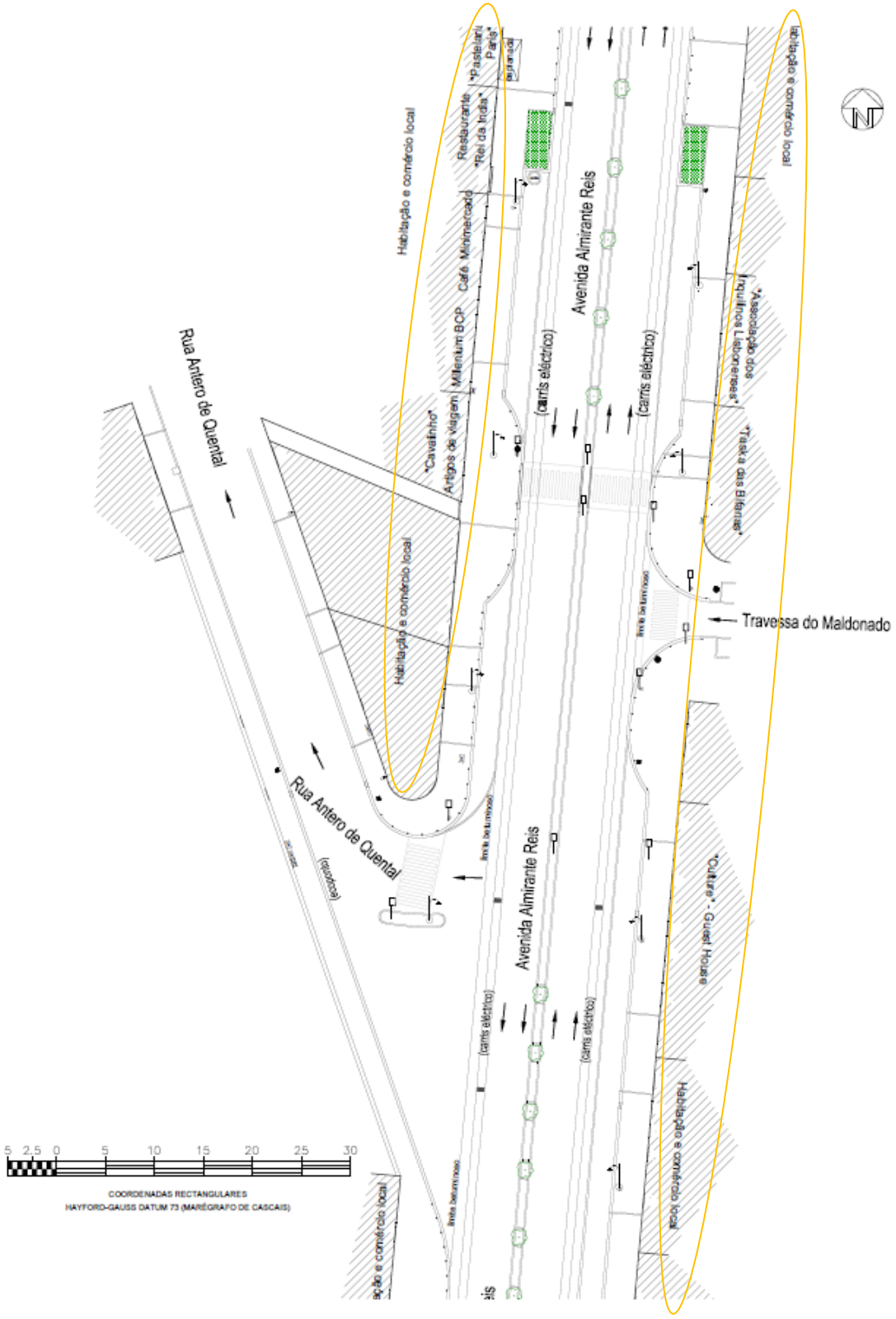


Figura 5.12-10 - Locais afetados na envolvente imediata do cruzamento da Avenida Almirante Reis com a Travessa do Maldonado

Adaptado de (artop, 2016)

Como referido, as intervenções ocorrem na interceção da Avenida Almirante Reis com a Travessa do Maldonado e com a Rua Antero de Quental, pelo se perspetiva que possam ocorrer condicionamentos físicos nos acessos aos serviços e edifícios

adjacentes a estes locais e perturbações mais atenuadas associadas a aumento dos níveis de ruído e afetação da qualidade do ar na envolvente das intervenções.

Os serviços mais afetados correspondem aos locais imediatamente adjacentes, nomeadamente espaços de restauração e comércio local, assim como edifícios de habitação. Salienta-se assim o comércio local no piso térreo, alguns destes espaços (cafés e restaurantes) com esplanadas no exterior e os edifícios de habitação localizados na envolvente (Figura 5.12-11).

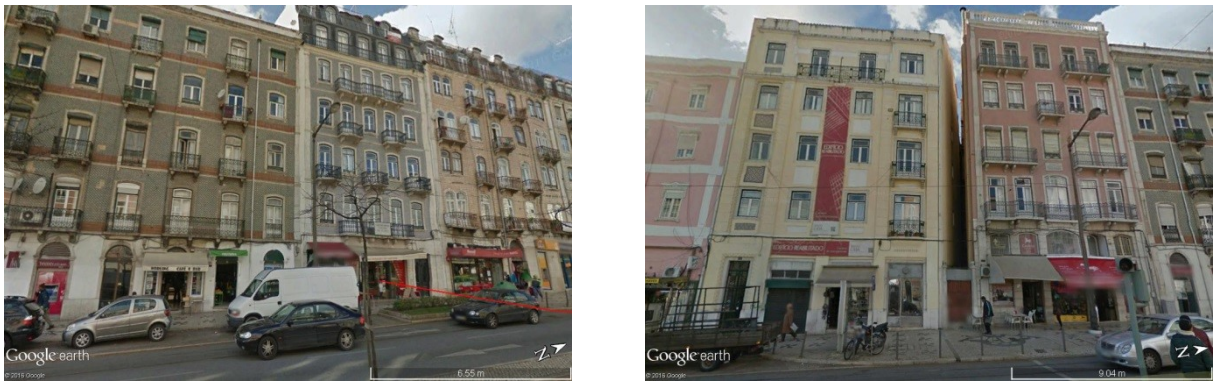


Figura 5.12-11 - Locais com perturbações decorrentes de aumento de níveis de ruído e afetação da qualidade do ar
Fonte: (Google Earth, 2016)

De acordo com os Censos 2011 (Figura 5.12-12) a população residente total nas subsecções na envolvente atinge quase 800 habitantes, no entanto grande parte localiza-se nas subsecções 02 (secção 012) e subsecção 01 (secção 016), que consideram áreas bastante extensas, incluindo edifícios fora da envolvente considerada na análise das perturbações ao nível da socio economia. Pelo que se considera sobretudo os impactes que ocorrem sobre a população residente nas subsecções 02 e 03 das secções 016 e 014, respetivamente. A população residente total nestas duas subsecções é inferior a 100, pelo que o impacte tem significado, mas mais reduzido em termos de população residente afetada.

Figura 5.12-12 - Subsecções na envolvente das intervenções à superfície e respetiva população residente
Adaptado de (INE, 2011) e (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

(4) Santa Apolónia

Em Santa Apolónia termina o troço em profundidade e procede-se ao restante troço com construção em vala, sendo assim mais significativos os impactes resultantes. As intervenções têm início junto à interceção da Rua Museu de Artilharia com o Beco do Belo, seguindo depois o traçado em direção ao rio Tejo, com afetação do Largo do Museu de Artilharia e Avenida Infante Dom Henrique. Decorrente das intervenções a realizar verificam-se constrangimentos quer pelo aumento dos níveis de ruído, afetação da qualidade do ar e condicionamento da circulação no local, bem como possível afetação no edificado existente no Beco do Belo.

Em termos de mobilidade (Figura 5.12-13), as vias rodoviárias na envolvente potencialmente mais afetadas e com condicionamentos na circulação viária e pedonal prevê-se que sejam a Rua do Museu de Artilharia, Beco do Belo, Rua Jardim do Tabaco, Largo Museu de Artilharia, Rua Teixeira Lopes e Avenida Infante D. Henrique.

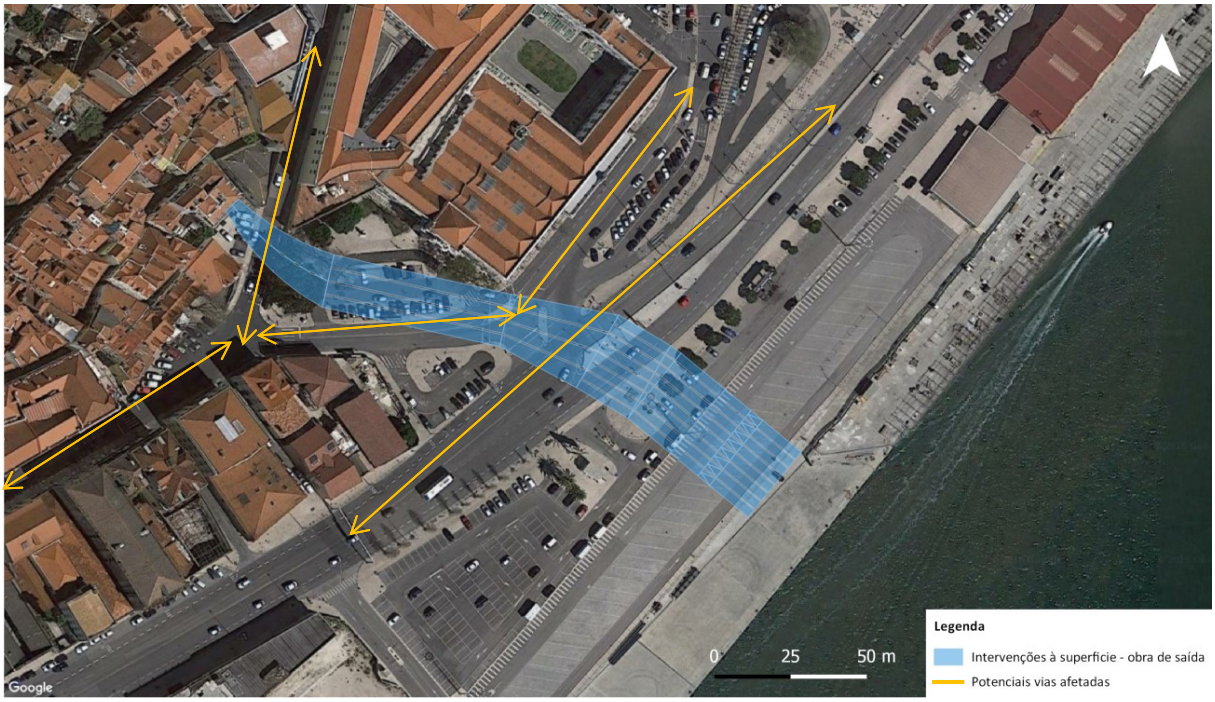


Figura 5.12-13 - Localização das intervenções à superfície previstas em Santa Apolónia e potenciais vias com perturbação na envolvente imediata

Adaptado de (Google Earth, 2016)

As atividades e locais mais afetados pelas intervenções referidas prevê-se que sejam a Igreja Ortodoxa Russa, a Esquadra da PSP, a creche APPI, o Museu Militar e os espaços de restauração e habitação na envolvente imediata (Figura 5.12-14). Deverá garantir-se o acesso a estes locais durante a execução das intervenções no local.

No que respeita à restauração, refira-se o "Restaurante Novo Conceito", com espaço de esplanada exterior (Figura 5.12-15 à esquerda) com potenciais impactes mais significativos. Ao nível dos serviços refira-se ainda no espaço exterior, o condicionamento físico do atual parque de estacionamento e paragens de transportes públicos no local (Figura 5.12-15, à direita).

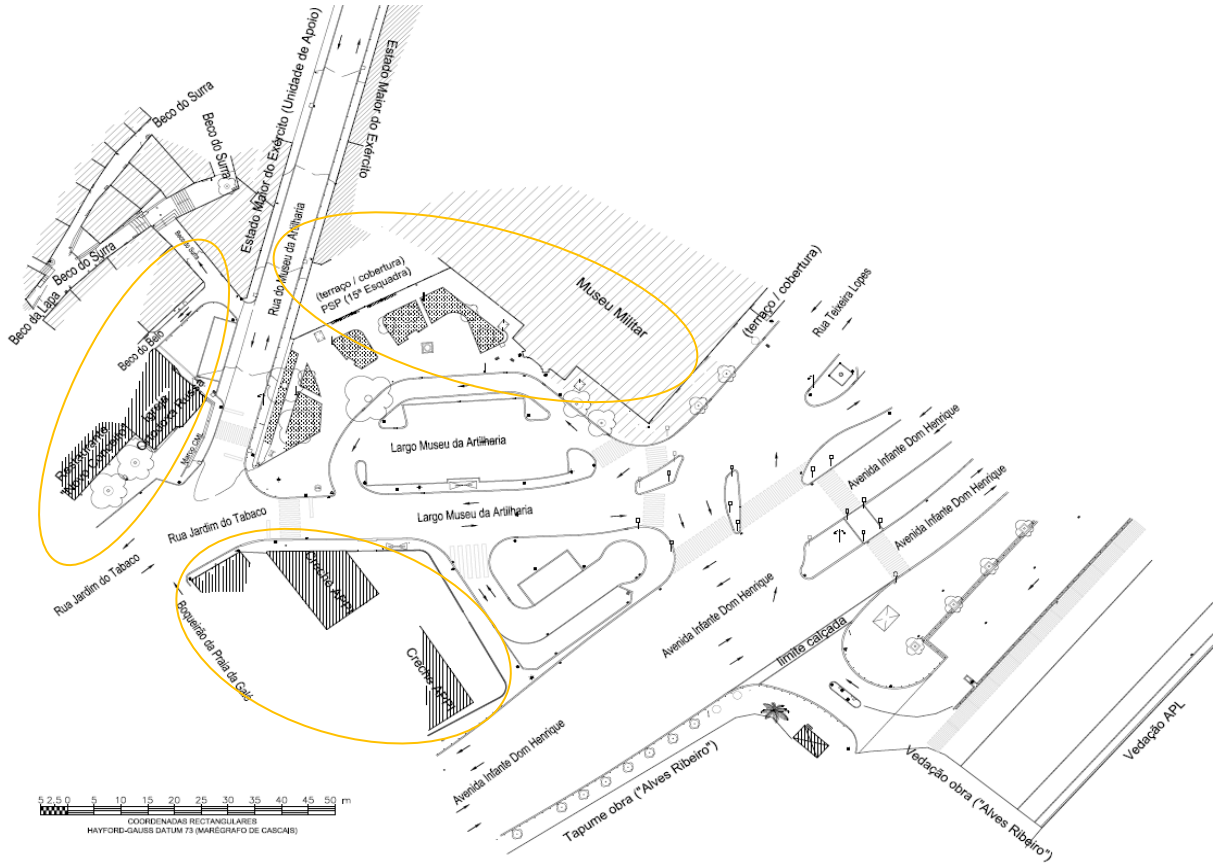


Figura 5.12-14 - Locais afetados na envolvente do troço em vala a realizar em Santa Apolónia

Adaptado de (artop, 2016)

Figura 5.12-15 - Espaços exteriores afetados pelas intervenções em Santa Apolónia

Fonte: (Google Earth, 2016)

De acordo com os dados dos Censos 2011 (Figura 5.12-16) a maioria das subsecções na envolvente da zona de intervenção não apresentam população residente, sendo as subsecções junto ao início do troço à superfície as que têm uma população residente mais elevada. Na totalidade, a população residente na envolvente corresponde a 64 habitantes, pelo que a perturbação terá maior significado sobretudo pela afetação das atividades económicas e serviços existentes no local.

Figura 5.12-16 - Subsecções na envolvente das intervenções à superfície e respetiva população residente

Adaptado de (INE, 2011) e (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

A transição entre o túnel propriamente dito e a obra de saída, que muda de uma seção circular de 5.5 m de diâmetro para uma secção retangular de dimensões progressivas, é efetuada sob os edifícios localizados no Beco do Belo e no Beco do Surra tal como ilustrado na Figura 5.12-17. Salienta-se que a execução do túnel vai obrigar ao recalce das fundações de, pelo menos, o edifício nº 8 do Beco do Belo e dos edifícios dos nºs 1, 3 e 5 do Beco do Surra.

Figura 5.12-17 - Edificado com necessidade de recalce das fundações

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2016b)

Túnel Chelas-Beato

No que respeita ao TCB, a montante e a jusante do túnel propriamente dito ocorrem intervenções à superfície para a obra de entrada e câmaras de desvio de caudal, em Chelas, e troço final em vala, no Beato, sendo estas as intervenções que importa considerar ao nível dos impactes na socio economia. Estas intervenções são passíveis de afetação da qualidade do ar, aumento dos níveis de ruído e perturbação da circulação pedonal e viária nas vias adjacentes, assim como afetação de edificado existente, que se traduzem em impactes ao nível da socio economia local.

(5) Chelas

A montante, na zona de Chelas, as intervenções ocorrem, em parte, em zona livre e outra, em terrenos onde embora não existam atualmente edifícios de habitação em utilização, existem algumas edificações, nomeadamente armazéns e barracas, pelo que, dada a área de implantação necessária à instalação dos estaleiros e intervenções a realizar no local, se preveem algumas expropriações ou deslocações temporárias, conforme já apresentado na Figura 5.4-1.

Dada a distância a que se encontram da zona de intervenção, prevê-se que perturbações se façam sentir nas habitações mais próximas identificadas na figura seguinte. Este será um impacte ao nível social, com afetação da qualidade de vida dos moradores na envolvente, no entanto, dado a tipologia de ocupação, essencialmente habitacional e sem atividades económicas, não se verificam impactes na componente económica. Sendo por isso neste local os impactes menos significativos quando comparados com as intervenções por exemplo em Santa Marta, onde as intervenções têm particular afetação das atividades económicas.

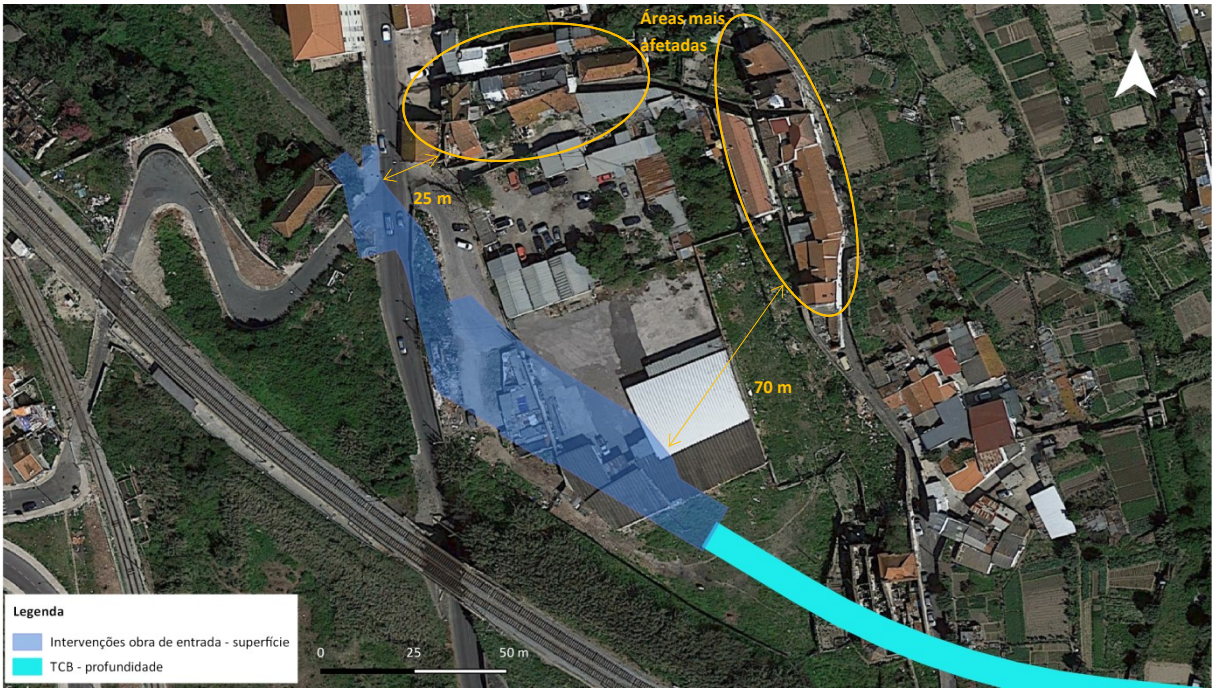


Figura 5.12-18 - Localização das habitações mais próximas em relação à zona de intervenção em Chelas

Adaptado de (Google Earth, 2016) e (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

De salientar que estes são impactes temporários, que decorrem apenas na fase de construção e são mínimos fora dos períodos compreendidos no horário dos trabalhos previstos. Adicionalmente, de acordo com os Censos 2011 (Figura 5.12-19), não existe população residente na subsecção 02 (secção 051), onde ocorre a maioria das intervenções à superfície. O maior número de residentes regista-se na subsecção 01 (secção 051), encontrando-se no entanto localizadas numa envolvente já mais alargada, a mais de 100 metros da localização das principais intervenções à superfície. Na totalidade, para as subsecções consideradas contabilizou-se uma população residente total de aproximadamente 150 residentes, 118 dos quais alocados à subsecção 01 (secção 051).

Saliente-se ainda que, ao nível do ruído, quer a Estrada de Chelas, quer a via ferroviária existente na proximidade da intervenção estão desde já associadas à emissão de níveis de ruído consideráveis.

Figura 5.12-19 - Subsecções na envolvente das intervenções à superfície e respetiva população residente
Adaptado de (INE, 2011) e (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

Tal como referido no Capitulo 4, junto à zona de intervenção referente à obra de entrada do TCB, prevê-se também a remodelação de três câmaras de desvio de caudal. Estas câmaras localizam-se a montante da entrada no túnel e correspondem à Câmara de Desvio de Caudal da Broma, Câmara de Desvio de Caudal do Quartel e Câmara de Desvio da Picheleira. Estas intervenções localizam-se nas subsecções 01 (secção 001) e 02 (secção 040) cuja população residente total é praticamente nula, pelo que a perturbação ao nível da socio economia é muito pouco significativa.

Decorrente das intervenções previstas para a zona de Chelas, a perturbação na circulação ocorre sobretudo na Avenida Santo Condestável, Calçada da Picheleira e Estrada de Chelas, tanto pelo condicionamento físico associado às intervenções, como também pelo possível aumento de tráfego associado ao transporte de terras provenientes do troço em vala e da construção do troço do túnel com tuneladora (ou método de escavação sequencial). Desta forma, deverá assegurar-se que apesar de condicionada seja possível a circulação nas vias referidas durante as intervenções, ou garantir a sinalização de vias alternativas para circulação (ME 5.12-1, ME 5.12-2 ME 5.12-3 e ME 5.12-4).

(6) Beato

No Beato a intervenção considera a transição entre o túnel construído em profundidade para o troço construído em vala e a sua continuidade até ao local de descarga, devendo os impactes ser analisados face aos elementos possivelmente afetados na envolvente. A localização difere consoante a alternativa em análise, pelo que importa analisar de forma diferenciada os impactes para cada alternativa.

Zona 6A – Alternativa TCB1

Para a Alternativa TCB1, o troço tem início na Rua Amigos de Lisboa, sendo desenvolvido a partir deste ponto em direção ao Estuário do Tejo, onde é feita a descarga. Considerando que o troço é construído em vala, os impactes são potencialmente mais significativos. Decorrente das intervenções a realizar verificam-se constrangimentos quer pelo aumento dos níveis de ruído, afetação da qualidade do ar e condicionamento da circulação no local.

Em termos de mobilidade (Figura 5.12-20), as vias rodoviárias na envolvente potencialmente mais afetadas e com condicionamentos na circulação viária e pedonal prevê-se que sejam a Rua Amigos de Lisboa, Rua do Açúcar e Avenida Infante Dom Henrique, que serão intercetadas pela construção do troço em vala. A perturbação da circulação terá ainda influência na circulação de transportes públicos, devendo os mesmos ser ajustados consoante as intervenções no local (ME 5.12-3). De igual forma deverá garantir-se alternativas de circulação, minimizando os constrangimentos no tráfego atual das vias mencionadas (ME 5.12-1, ME 5.12-2 ME 5.12-3 e ME 5.12-4).

Figura 5.12-20 - Localização das intervenções à superfície previstas no Beato, para a Alternativa TCB1 e potenciais vias com perturbação na envolvente imediata

Adaptado de (Google Earth, 2016)

Os locais mais afetados pelas intervenções referidas prevê-se que sejam o CENFIM e a Sociedade Geral de Projetos Imobiliários e Serviços Sgps, SA, localizados junto à Rua Amigos de Lisboa, na envolvente imediata das intervenções, assim como edifícios de habitação na envolvente. As perturbações decorrem de constrangimentos ao nível dos acessos e perturbação das atividades existentes devido ao aumento de ruído e afetação da qualidade do ar.

Ao nível dos serviços refira-se ainda no espaço exterior o condicionamento físico das atuais atividades portuárias existentes junto ao estuário do Tejo.

No que respeita à afetação da população residente importa considerar alguns aspetos. De acordo com os Censos 2011 (Figura 5.12-21), na subsecção 05 (secção 054) foi contabilizada uma maior população residente, num total de 97 habitantes, no entanto, importa ter em conta que a zona habitacional considerada se localiza numa envolvente mais alargada (a cerca de 100 m). De igual modo, para a subsecção 01 (secção 035) embora seja contabilizada alguma população residente, esta localiza-se fora da zona de intervenção e num local bastante afastado, a quase 1 km de distância.

Assim, de acordo com os dados dos Censos 2011, a afetação decorre sobretudo sobre a população localizada na subsecção 06 (secção 054) que corresponde a um total de 24 habitantes. Sobre esta, os impactes serão significativos, dada a proximidade ao local de intervenção, no entanto, de um modo geral a zona envolvente à intervenção é caracterizada por atividades portuárias, industriais e alguns serviços, sendo sobre estas que decorre a principal afetação.

Figura 5.12-21 - Subsecções na envolvente das intervenções à superfície e respetiva população residente

Adaptado de (INE, 2011) e (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

Os impactes prevêem-se mais significativos nas duas entidades de formação/empresariais referidas, sendo no entanto localizados e temporários, pelo que se considera que na globalidade os impactes ao nível da socio economia são menos significativos nesta zona, quando comparados, por exemplo com Santa Marta ou Avenida Almirante Reis.

Zona 6B – Alternativa TCB2

Na Alternativa TCB2 as intervenções para construção do traçado em vala têm início na Calçada Dom Gastão (Figura 5.12-22), prolongando-se até ao estuário, onde é feita a descarga, intercetando a Rua Manutenção e a Avenida Infante Dom Henrique. Da interceção destas vias decorrem perturbações na circulação viária e pedonal, incluindo afetação de transportes públicos no local, devendo garantir-se alternativas na circulação, assegurando os acessos ao local, quer por transportes públicos, quer privados (ME 5.12-1, ME 5.12-2, ME 5.12-3 e ME 5.12-4).

Figura 5.12-22 - Localização das intervenções à superfície previstas no Beato, para a Alternativa TCB2 e potenciais vias com perturbação na envolvente imediata

Adaptado de (Google Earth, 2016) e (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

De acordo com a localização das intervenções previstas importa salientar a existência de algumas habitações, oficinas e cooperativa de ensino, como sendo as atividades potencialmente mais afetadas pelas perturbações decorrentes do aumento do nível de ruído e poeiras, essencialmente. Sendo a sua localização pontual e adjacente apenas ao início do troço, considera-se os impactes certos e negativos, mas igualmente menos significativos quando comparados a outras zonas em estudo.

Com base nos dados dos Censos 2011 (Figura 5.12-23) contabiliza-se na envolvente das intervenções uma população residente superior a 300 habitantes. Esta distribui-se pela envolvente próxima e zonas mais afastadas, pelo que o impacte vai diminuindo para as áreas residenciais mais afastadas. Na interface com o estuário a área é dedicada a atividades portuárias, não se registando população residente no local.

Figura 5.12-23 - Subsecções na envolvente das intervenções à superfície e respetiva população residente

Adaptado de (INE, 2011) e (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

À exceção das atividades referidas, na continuidade do troço em direção ao local de descarga não se prevê que a perturbação seja significativa, sendo as condicionantes mais visíveis ao nível da perturbação da circulação na Rua Manutenção e Avenida Infante Dom Henrique.

Zona 6C – Alternativa TCB3

Na Alternativa TCB3 as intervenções para construção do traçado em vala têm início após a Rua do Grilo (Figura 5.12-24) prolongando-se até ao estuário, onde é feita a descarga, intercetando a Rua Manutenção e a Avenida Infante Dom Henrique. Da interceção destas vias decorrem perturbações na circulação viária e pedonal, incluindo afetação de transportes públicos no local, devendo garantir-se alternativas na circulação, assegurando os acessos ao local, quer por transportes públicos, quer privados (ME 5.12-1, ME 5.12-2 ME 5.12-3 e ME 5.12-4).

Figura 5.12-24 - Localização das intervenções à superfície previstas no Beato, para a Alternativa TCB3 e potenciais vias com perturbação na envolvente imediata

Adaptado de (Google Earth, 2016)

De acordo com a localização das intervenções previstas importa salientar a Igreja e antigo Convento do Grilo, bem como um pouco mais afastados alguns edifícios residenciais e espaços comerciais. Refira-se que as intervenções ocorrem aproveitando o desnível que se verifica após a Rua do Grilo, pelo que qualquer dos potenciais recetores sensíveis identificados se localiza numa cota acima, não estando diretamente em contacto com as intervenções. À exceção das atividades referidas, na generalidade, verifica-se a existência de edifícios com utilização industrial ou atualmente sem utilização (Figura 5.12-25, à esquerda) sendo nestes os impactes menos significativos.

Figura 5.12-25 - Edifícios localizados na envolvente da intervenção (à esquerda) e zona de ciclovia e parque de estacionamento com condicionantes físicas decorrentes da construção do troço em vala

Fonte: (Google Earth, 2016)

De acordo com os Censos 2011 (Figura 5.12-26), na totalidade das subsecções consideradas identificou-se uma população residente total superior a 450 habitantes. Contudo, grande parte das zonas residenciais em causa situa-se a distâncias significativas da zona de intervenção, variando entre 100 a 350 metros de distância.

Figura 5.12-26 - Subsecções na envolvente das intervenções à superfície e respetiva população residente

Adaptado de (INE, 2011) e (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

Considerando que as intervenções têm início após a Rua do Grilo, onde não se localizam na envolvente imediata recetores sensíveis, os impactes consideram-se menos significativos, sendo as condicionantes mais visíveis ao nível da perturbação da circulação na Rua Manutenção e Avenida Infante Dom Henrique, com interferência na circulação no geral e transportes públicos e na circulação pedonal, nomeadamente pelo condicionamento da ciclovia existente (Figura 5.12-25, à direita).

Zona 6D – Alternativa TCB4

Para a Alternativa TCB4 os impactes na socio economia durante a fase de construção são semelhantes aos da Alternativa TCB1. O troço em vala tem início na Rua Amigos de Lisboa, sendo desenvolvido a partir deste ponto em direção ao Estuário do Tejo, desviando depois para norte, onde é feita a descarga. Ao nível da mobilidade e constrangimentos na circulação a afetação decorre na Rua Amigos de Lisboa, Rua do Açúcar e Avenida Infante Dom Henrique (Figura 5.12-27).

Figura 5.12-27 - Localização das intervenções à superfície previstas no Beato, para a Alternativa TCB3 e potenciais vias com perturbação na envolvente imediata

Adaptado de (Google Earth, 2016)

Decorrentes das intervenções a realizar verificam-se constrangimentos nos recetores sensíveis na envolvente, quer pelo aumento dos níveis de ruído, afetação da qualidade do ar e condicionamento da circulação no local. A perturbação da circulação terá ainda influência na circulação de transportes públicos, devendo os mesmos ser ajustados consoante as intervenções no local (ME 5.12-3). De igual forma deverá garantir-se alternativas de circulação, minimizando os constrangimentos no tráfego atual das vias mencionadas (ME 5.12-1, ME 5.12-2 e ME 5.12-4).

Ao nível social e económico, considera-se os impactes já referidos para a Alternativa TCB1, nomeadamente a afetação da população localizada na subsecção 06 (secção 054) que corresponde a um total de 24 habitantes (Figura 5.12-28). Sobre esta, os impactes serão significativos, dada a proximidade ao local de intervenção, no entanto, de um modo geral a zona envolvente à intervenção é caracterizada por atividades portuárias, industriais e alguns serviços, sendo sobre estas que decorre a principal afetação.

À semelhança do que se verifica para a Alternativa TCB1, os locais mais afetados pelas intervenções a executar no local prevê-se que sejam o CENFIM e a Sociedade Geral de Projetos Imobiliários e Serviços Sgps, SA, localizados junto à Rua Amigos de Lisboa, na envolvente imediata das intervenções, assim como edifícios de habitação na envolvente mais alargada. As perturbações decorrem de constrangimentos ao nível dos acessos e perturbação das atividades existentes devido ao aumento de ruído e afetação da qualidade do ar.

Ao nível dos serviços refira-se ainda no espaço exterior o condicionamento físico das atuais atividades portuárias que possam desenvolver-se junto ao estuário do Tejo.

Figura 5.12-28 - Subsecções na envolvente das intervenções à superfície e respetiva população residente

Adaptado de (INE, 2011) e (Consórcio Hidra/Engidro, 2017)

Os impactes prevêem-se mais significativos nas duas entidades de formação/empresariais referidas, sendo no entanto localizados e temporários, pelo que se considera que na globalidade os impactes ao nível da socio economia são menos significativos nesta zona, quando comparados, por exemplo, com Santa Marta ou Avenida Almirante Reis.

Na generalidade, os impactes associados às atividades de construção, nomeadamente construção dos poços de entrada da tuneladora e poços de ligação, bem como execução dos túneis em vala, têm impactes mais significativos quando acontecem em contexto de tecido urbano mais denso, nomeadamente, na Avenida da Liberdade, Rua de Santa Marta, Avenida Almirante Reis e Santa Apolónia, com a afetação de alguns edifícios de serviços, restauração e habitação. A afetação destes serviços reflete-se ao nível de constrangimentos físicos de acesso aos locais, perturbação decorrente do aumento do nível de ruído e afetação da qualidade do ar que condicionam o pleno funcionamento das atividades em questão. Estes traduzem-se em perturbações ao nível económico para as atividades de comércio e restauração e bem-estar para os edifícios de habitação na envolvente.

A acrescentar aos impactes nas atividades económicas e bem-estar dos residentes na envolvente das intervenções, importa considerar os impactes na mobilidade, com o constrangimento temporário da circulação em diferentes vias na envolvente das intervenções.

No que respeita à construção dos túneis em profundidade, com tuneladora ou por método mineiro de escavação sequencial, não se preveem constrangimentos ao nível dos fatores socioeconómicos, à exceção do possível aumento de tráfego, analisado de seguida nos impactes decorrentes da circulação de veículos.

Face ao exposto, os impactes são mais significativos nas zonas de tecido urbano mais denso, sendo no entanto localizados e com incidência nas zonas com intervenção à superfície e envolvente direta. Por este motivo e tendo em consideração a extensão total do traçado dos túneis, comparativamente à extensão das zonas onde ocorrem realmente perturbações à superfície, considera-se que, embora negativos e certos, os impactes são temporários e de reduzido significado.

Afetação de infraestruturas no subsolo

Dada a tipologia de projeto que, na sua maioria, ocorre em profundidade, uma das principais condicionantes do desenvolvimento dos traçados diz respeito à potencial afetação de infraestruturas no subsolo.

Este aspeto foi considerado desde logo na definição dos traçados e será considerado na fase de construção, traduzindo-se pontualmente na afetação temporária ou alteração da localização de algumas infraestruturas, sendo ainda alvo de medidas minimizadoras sempre que relevante.

Além das perturbações no sistema de drenagem atualmente existente, já referidas no subcapítulo 5.5, de seguida, apresenta-se para cada túnel as principais condicionantes identificadas neste aspeto.

Túnel Monsanto-Santa Apolónia

A principal infraestrutura no subsolo cujo afetação importa considerar diz respeito ao túnel do metro na Av. Almirante Reis. De salientar que, o perfil do túnel no trecho final poderá ainda ser alterado para otimizar a distância entre o túnel e o túnel do Metro, visto esta ser relativamente reduzida. Neste âmbito, analisou-se preliminarmente, com recurso a modelação dinâmica (SWMM), a possibilidade de diminuir o declive de 0.45% para 0.35% no trecho final, para garantir distâncias superiores entre o túnel e o túnel do Metro na Av. Almirante Reis (acresce-se cerca de 1.5 m à distância atual). Esta análise foi necessária para garantir que, com a diminuição do declive, não ocorriam extravasamento em pontos baixos do sistema. A análise dos resultados permitiu verificar que, embora o troço final entre em pressão para caudais gerados por eventos de precipitação com período de retorno de 100 anos, não ocorrem extravasamentos, nomeadamente na Av. Almirante Reis. De qualquer forma, será no entanto aconselhável que se prevejam medidas minimizadoras para reduzir deslocamentos verticais no Metro, recorrendo, por exemplo, a melhoramento da camada de solos entre tuneis mediante injeções de compactação e/ou compensação (ME 5.12-8).

Também na zona de Santa Apolónia se teve em consideração a proximidade ao túnel do metro, considerando-se a passagem da secção circular do túnel para uma secção retangular, que permite um maior afastamento ao túnel do metro.

No que se refere ao cruzamento com o túnel do Metro a passagem da obra de saída sobre esta infraestrutura será constituída por uma secção retangular em “box culvert”, de altura reduzida, para assegurar o recobrimento mínimo, bem como o afastamento ao próprio túnel do Metro.

Túnel Chelas-Beato

Ao longo do traçado do TCB foi necessária especial atenção à distância em planta em relação ao caminho-de-ferro, nomeadamente na zona de implantação da obra de entrada, bem como ao atravessamento sob a linha de caminho-de-ferro, de forma não ocorrem perturbações nesta infraestrutura.

Consideraram-se ainda as cotas de soleira e traçados de outras infraestruturas existentes, sobretudo no troço final do túnel, zona do Beato, destacando-se, condutas de água da EPAL e infraestruturas de drenagem de águas residuais. Na Rua do Açúcar e na Av. Infante D. Henrique, a secção do túnel cruza infraestruturas da AdLVT e da EPAL, que serão desviadas.

A definição dos traçados considerou desde já de forma cuidadosa as infraestruturas existentes no subsolo, procurando minimizar a sua afetação, pelo que de acordo com o referido, se considera que existe um impacte que, apesar de negativo, é temporário e pouco significativo.

Circulação de veículos

Dada a tipologia de intervenções, os veículos pesados associados estarão essencialmente relacionados com o transporte de terras provenientes da execução dos troços dos túneis quer em vala, quer em profundidade. O seu transporte será realizado utilizando acessos provisórios de terra batida nas zonas de intervenção com terreno livre (Chelas e Campolide) e vias rodoviárias existentes na envolvente das diferentes intervenções. Prevê-se também que a construção dos túneis seja faseada, compreendendo um período de 36 a 40 meses para a empreitada total. O transporte de terras será previsivelmente localizado em pontos específicos, nomeadamente em Campolide (obra de entrada e troço em profundidade), Santa Apolónia (troço em vala), Chelas (obra de entrada e troço em profundidade) e Beato (troço em vala), localizando os constrangimentos em locais mais específicos.

Desta forma, os possíveis constrangimentos na circulação são induzidos nas vias envolventes aos locais de saída de terras, afetando na zona de Campolide a Rua de Campolide e o Eixo Norte-Sul, em Santa Apolónia e no Beato a Avenida Infante D. Henrique e em Chelas a Estrada de Chelas e a Avenida Infante D. Henrique.

Estima-se um número diário de veículos pesados na ordem dos 29 camiões/dia com terras provenientes da zona de Campolide, 10 camiões/dia de Santa Apolónia, 27 camiões/dia de Chelas e 12 camiões/dia no Beato.

Dado o atual trânsito nas vias mencionadas acima, não se espera que o seu impacte se faça sentir quer ao nível da circulação, quer no que respeita ao aumento dos níveis de ruido ou afetação da qualidade do ar, tal como analisado nos respetivos fatores ambientais. Face ao atual fluxo de tráfego, a perturbação pelo transporte de materiais proveniente da construção dos túneis traduz-se num aumento do tráfego médio horário inferior a 1%, para qualquer das vias em análise.

A circulação dos veículos pesados poderá conduzir a duas situações: por um lado, conduz a um aumento da pressão dos utilizadores sobre a via, causando um incómodo acrescido aos utilizadores regulares, efeito que é considerado negativo, reversível, temporário e de baixa magnitude (devido à diluição ao longo do dia do número de veículos em circulação, perfeitamente integrada no tráfego registado nas vias referidas). Por outro lado, não deixará de contribuir para o estado de degradação das vias.

O efeito será passível de ser atenuado mediante as medidas que serão implementadas (horários de trabalho definidos, escolha dos trajetos das viaturas de modo a evitar a passagem por aglomerados populacionais e informação da população sobre os horários de trabalho e os trajetos das viaturas) (ME 5.12-5 e ME 5.12-6).

Assim, deve-se proceder a um bom planeamento de circulação, para que estes não circulem em horários que se tornem incómodos (ou seja, durante o período noturno). Porém, este impacte, sendo negativo considera-se pouco significativo. Deste modo, sendo implementadas as devidas medidas minimizadoras dos potenciais impactes, perspetiva-se que, embora o impacte seja negativo, possa ser minimizado com uma adequada gestão desta componente. Refira-se ainda o seu caracter temporário, não se perpetuando tais impactes na fase de operação.

Investimento na fase de construção

Importa ainda considerar o investimento económico de valores significativos que deriva de um projeto associado à instalação de túneis de drenagem com as características em causa. Para o projeto em causa prevê-se um investimento de cerca de 85 M €.

Relativamente ao valor entre as alternativas consideradas, não se verifica uma diferença considerável no investimento, com os dados existentes. De referir que o projeto poderá levar à aquisição de materiais locais, promovendo, adicionalmente, em fase de construção, o desenvolvimento da economia local e regional. Assim, e considerando os valores de investimento na fase de construção, o impacte será positivo, direto, certo, permanente e muito significativo.

Emprego

Durante o tempo de vida útil da obra, a qual (considerando as suas diferentes componentes) se desenrolará genericamente durante o período estimado de 36 a 40 meses, estarão concentrados nos diferentes locais um conjunto considerável de trabalhadores afetos à obra.

Embora estes trabalhadores possam ser da região ou não, verifica-se um impacte positivo, ainda que com reduzido significado, quer de forma direta pela criação de emprego, quer indiretamente, associado a atividades complementares, nomeadamente prestação de serviços vários, venda de bens e matérias-primas necessárias à obra, restauração, hotelaria, entre outros.

Deste modo, admite-se que cerca de 50 % dos trabalhadores serão oriundos da própria região e sujeitos a subcontratação local. No entanto, é igualmente admissível que os restantes poderão constituir mão-de-obra externa à área (imigrante ou não), os quais se deverão manter no próprio local de construção, em meios de alojamento temporários normalmente fornecidos pelas empresas construtoras.

Trata-se de um efeito positivo, mas que é considerado de reduzido significado à escala local, uma vez que o recurso à mão-de-obra local será previsivelmente reduzido. Sempre que possível, de forma a potenciar este efeito positivo, será fortemente encorajada a contratação local de mão-de-obra (ME 5.12-7). O efeito daqui resultante será igualmente reversível e temporário.

5.12.1.2 Fase de Operação

Na fase de operação, os principais impactes são estabelecidos pela melhoria estrutural nas condições de drenagem que permitem a redução das zonas com vulnerabilidade ao risco de inundação e que se traduzem num conjunto de benefícios em diferentes aspetos, desde benefícios para a população e turismo, como o assegurar de condições nas infraestruturas de mobilidade e espaço público.

Melhoria nas condições de drenagem

Em Lisboa, as situações de inundação são frequentes, em particular nas zonas baixas e planas da cidade e com uma ocupação significativa, como é o caso das zonas baixas de Alcântara, Martim-Moniz, Praça da Figueira, Terreiro do Paço e de Chelas-Xabregas, entre outras. A situação tem ainda tendência a agravar-se devido à crescente ocupação de território e ao efeito das alterações climáticas.

Os dois túneis previstos são elementos estruturantes do PGDL que permitem uma melhoria estrutural da gestão da drenagem das águas pluviais urbanas (minimizando a ocorrência de inundações, incluindo as cheias rápidas urbanas) e a redução dos riscos de inundação.

As intervenções agora propostas permitem a redução dos caudais que afluem às zonas baixas da cidade. Esta opção evita intervenções demoradas e dispendiosas nas zonas mais antigas e históricas da cidade, e que têm um impacte social significativo.

O projeto dos túneis (integrado com outras intervenções previstas no âmbito do PGDL) e, sobretudo, a sua operação pretende contribuir para dar resposta aos desafios atuais e futuros da drenagem da cidade, com prioridade para a melhoria da gestão da água, proteção de pessoas e bens, num quadro de sustentabilidade económica, social e ambiental.

Nesse sentido a sua implementação irá contribuir para atenuar as eventuais inundações e prejuízos decorrentes da precipitação e alterações climáticas, bem como para assegurar o bom funcionamento do espaço urbano, reduzindo o risco de efeitos negativos.

Os benefícios decorrentes da implementação do projeto e danos evitados são analisados com mais detalhe no subcapítulo 5.15, no entanto salienta-se desde já o facto de as propostas dos túneis e do PGDL contribuírem para atenuar esses prejuízos a diferentes níveis e para criar valor pelos seguintes efeitos:

Condições do espaço público e infraestruturas

Como se sabe, a ocorrência de inundações está associada não só a danos materiais como danos sociais, mas também à afetação da funcionalidade da estrutura da cidade pela afetação do espaço público e infraestruturas necessárias ao seu normal funcionamento e desenvolvimento.

A minimização da ocorrência de inundações está assim associada à potenciação e criação de condições para um pleno usufruto do espaço público e infraestruturas disponíveis, às quais acresce a diminuição de danos que atualmente ocorrem com alguma frequência.

Veja-se por exemplo as inundações de fevereiro de 2008 que provocaram inúmeros constrangimentos no espaço público, com as inundações a provocarem danos e impossibilidade de utilização de praças, ruas, jardins, entre outras infraestruturas.

Assegura condições das infraestruturas de mobilidade

Decorrente da ocorrência de inundações são afetadas vias rodoviárias na cidade de Lisboa, levando a constrangimentos em alguns dos principais eixos e zonas da cidade (Avenida da Liberdade, Praça de Espanha, entre outros). Esta afetação decorre não só sobre a circulação de veículos particulares, como de transportes públicos o que escala a perturbação não só para as zonas inundações como também para outras zonas da cidade pelo aumento de tráfego e atrasos, ou mesmo impossibilidade de circulação nos transportes públicos. Um claro exemplo destas perturbações são, por exemplo, as inundações de 13 de outubro de 2014 que condicionaram o trânsito e o funcionamento do Metropolitano de Lisboa (Figura 5.12-29).

Com a operação dos túneis prevê-se uma redução pronunciada da afetação das infraestruturas de mobilidade durante a ocorrência de eventos de pluviosidade significativa, comparativamente à situação atual e à previsão de evolução para os próximos anos (situação sem projeto), pelo que os benefícios decorrentes são positivos e de muito elevado significado.

Figura 5.12-29 - Estação de metro dos Restauradores completamente inundada pelas inundações de 23 de outubro de 2014

Fonte: (Figueiral, 2014)

Evitar danos económicos

Dado o valor socioeconómico das principais zonas afetadas atualmente pelas inundações na cidade de Lisboa a melhoria nas condições de drenagem tem impactes muito significativos a nível socioeconómico.

Um dos principais impactes da ocorrência de inundações na cidade de Lisboa decorre da afetação de pessoas e bens, com afetação de atividades económicas nas principais zonas da cidade. Tal acontece porque os principais eixos comerciais são também coincidentes com as zonas de maior vulnerabilidade ao risco de inundação (Figura 5.12-31).

Reduzindo as zonas com vulnerabilidade ao risco de inundação e minimizando a vulnerabilidade que atualmente estas zonas apresentam, limita-se os prejuízos decorrentes da ocorrência de inundações em zonas críticas da cidade de Lisboa. As inundações têm sido responsáveis por prejuízos avultados na cidade de Lisboa, limitando a sua ocorrência minimiza-se os prejuízos decorrentes quer da reparação dos estragos físicos, quer do condicionamento das atividades desenvolvidas nos locais afetados.

O facto de alguns dos principais eixos urbanos coincidirem com estas áreas de vulnerabilidade vai implicar o agravamento do risco para a localização de atividades económicas ou de outros valores a salvaguardar, pelo que a diminuição da ocorrência de inundações se traduz num impacte positivo e de muito elevado significado, pelo evitar de danos no património privado e atividades económicas (Figura 5.12-30).

Figura 5.12-30 - Afetação de atividades económicas decorrentes da ocorrência de inundações na Baixa de Lisboa

Fonte: (Figueiral, 2014)

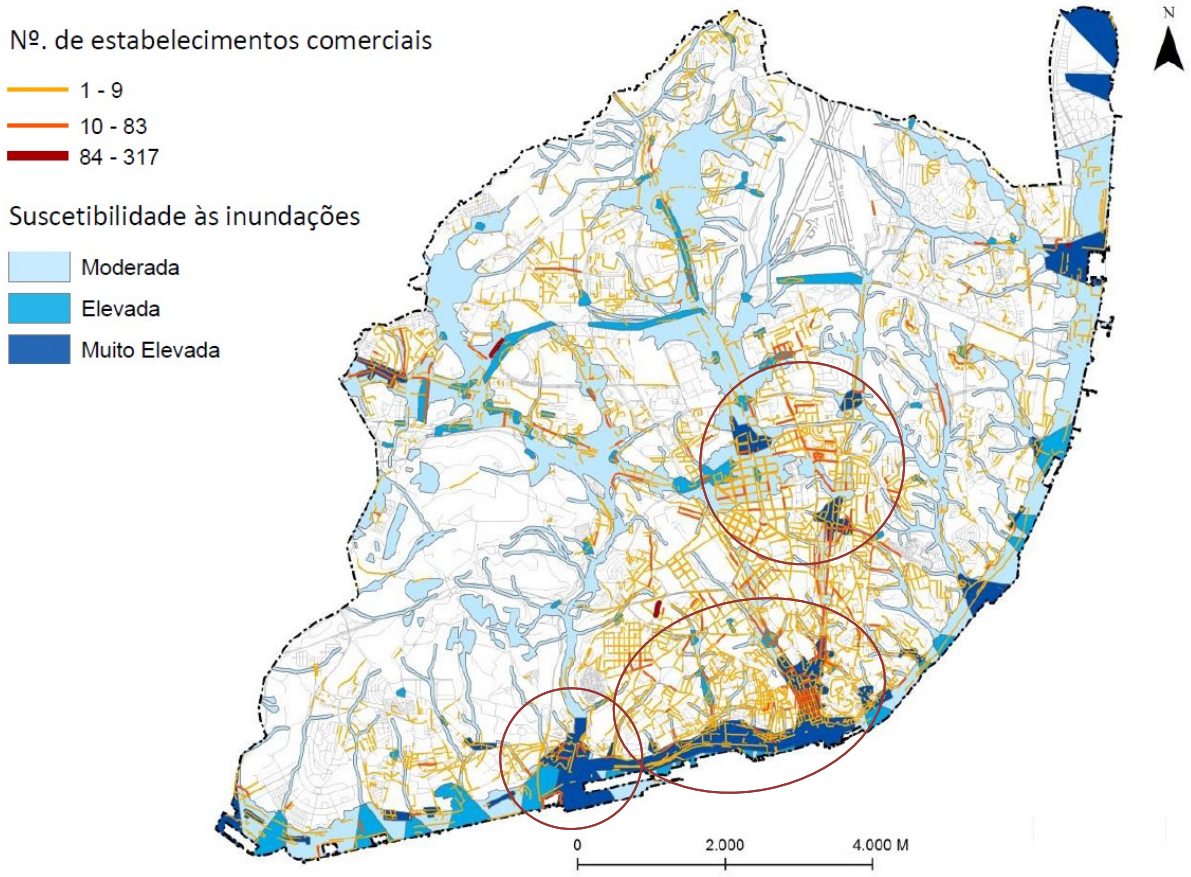


Figura 5.12-31 - Número de estabelecimentos comerciais por eixo de via em 2010, sobreposto às áreas com vulnerabilidade às inundações, classes moderada, elevada e muito elevada.

Fonte: (PDM, 2012) e (REOT, 2015)

Benefícios para a população

Decorrente dos danos já referidos, nomeadamente nas infraestruturas presentes no espaço público, infraestruturas de mobilidade, perturbação de transportes públicos e danos nas atividades comerciais são induzidos impactes sobretudo na população residente nas zonas afetadas. Além disso, podem ainda decorrer danos pessoais, com alguns casos de mortalidade em inundações de maiores dimensões, por exemplo nas inundações de 1967 que provocaram 522 mortos.

Refira-se que a maior densidade populacional na cidade de Lisboa ocorre numa das zonas mais criticas da cidade, muitas vezes fustigada pela ocorrência de inundações, nomeadamente, a zona da Baixa de Lisboa, Alcântara e zona baixa de Chelas/Beato (Figura 5.12-32).

De acordo com a beneficiação das áreas mais afetadas que decorre da redução da vulnerabilidade ao risco de inundação, considera-se que o impacte que decorre dos benefícios para a população é positivo e de muito elevado significado.

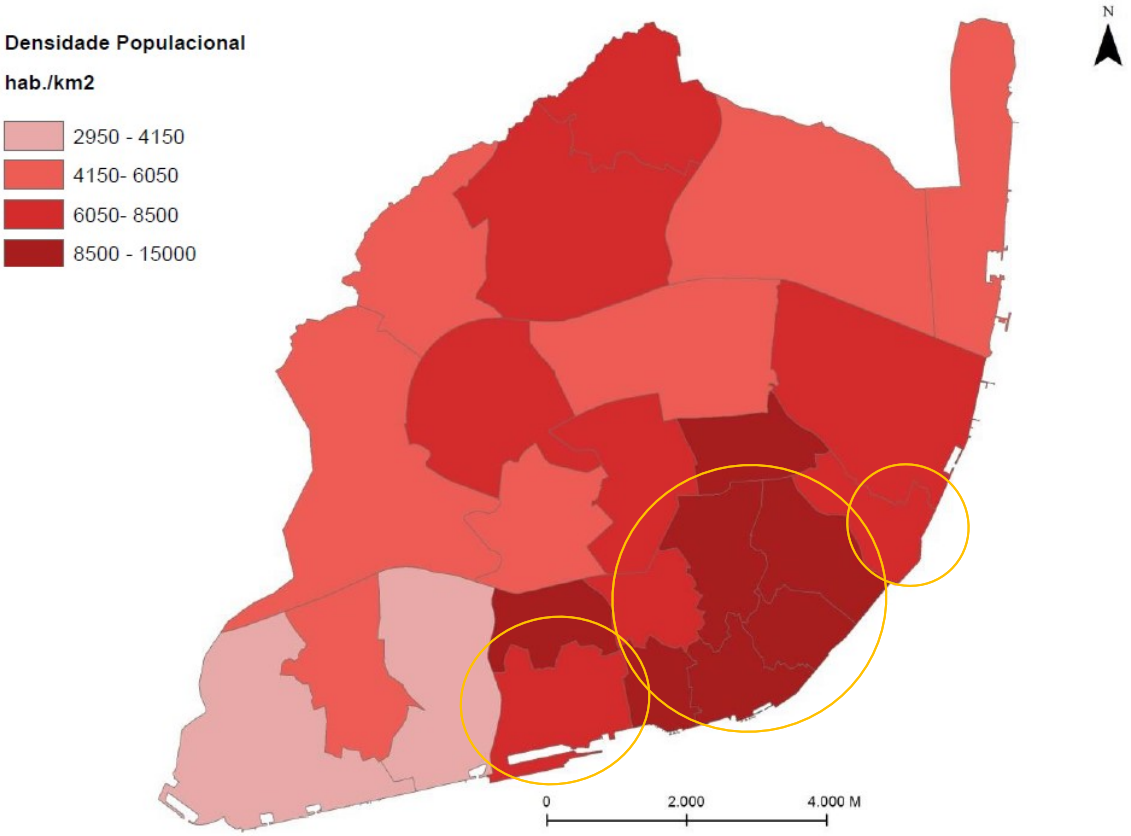


Figura 5.12-32 - Distribuição da densidade populacional por freguesias, no concelho de Lisboa, com identificação das zonas mais vulneráveis ao risco de inundação

Fonte: (CML, 2016a)

Benefícios para os trabalhadores não munícipes

Igualmente positivo é o impacte que decorre sobre os trabalhadores não munícipes sobre os quais se reduz a probabilidade da afetação devido à ocorrência de inundações. Este impacte positivo é induzido pela menor perturbação das infraestruturas da cidade de Lisboa, seja ao nível da mobilidade, com circulação e acessos às principais vias de saída e entrada da cidade (e na própria cidade) menos congestionados, seja pela menor afetação das atividades económicas da cidade.

Este considera-se também um impacte de muito elevado significado, pelo significativo numero de trabalhadores que diariamente entram em Lisboa para trabalhar (425 747 trabalhadores que entram por dia na cidade, face a um número de cidadãos munícipes em Lisboa de 547 733, fonte: Censos 2011).

Benefícios para o turismo

Lisboa é uma cidade onde os números associados ao turismo não param de crescer. O número de turistas que diariamente visita Lisboa atinge 6 934 874 (assumindo-se que 60 % dos turistas da AML visitam ou estão em Lisboa).

A ocorrência de inundações está associada a uma perturbação significativa no setor do turismo, essencialmente pela perturbação da acessibilidade e possibilidade de usufruir da cidade, património, atividades económicas (restauração e outros) e das infraestruturas públicas que esta tem para oferecer.

Acresce também que, em Lisboa, as unidades hoteleiras estão localizadas essencialmente no centro da cidade, predominantemente no eixo entre a Baixa de Lisboa e a Avenida da Liberdade (Figura 5.12-33), coincidente com várias áreas de elevada e muito elevada vulnerabilidade ao risco de inundação.

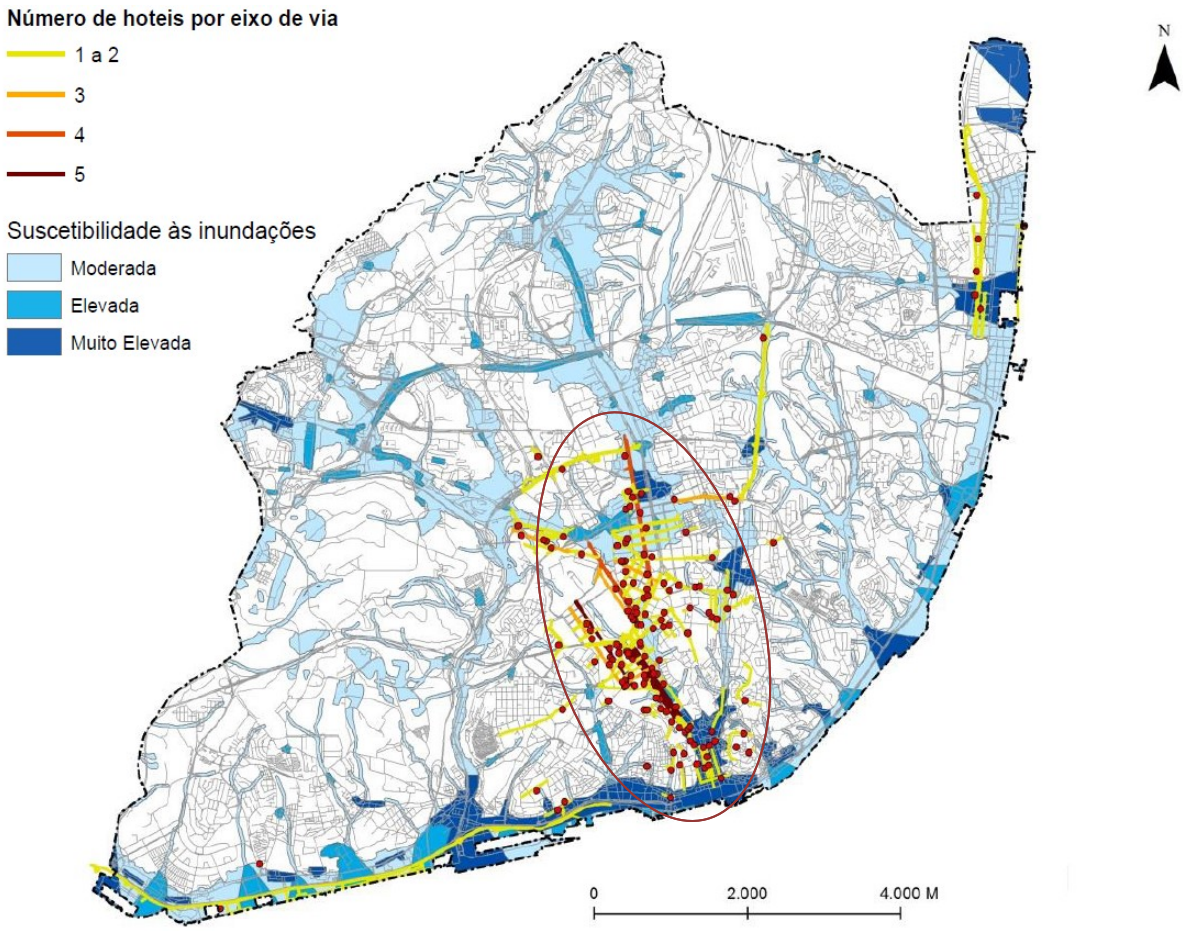


Figura 5.12-33 - Número de instalações hoteleiras por eixo de via, sobreposto às áreas com vulnerabilidade às inundações, classes moderada, elevada e muito elevada

Fonte: (PDM, 2012) e (REOT, 2015)

A melhoria das condições de drenagem da cidade traduz-se numa menor perturbação das atividades turísticas e do funcionamento da própria cidade que acolhe os turistas, refletindo-se num conjunto de benefícios de caracter económico para o município e num impacte social positivo para os turistas.

Dado o número de turistas que diariamente visita a cidade de Lisboa este é um impacte positivo e com muito elevado significado.

Valor dos prémios dos seguros

Decorrente dos danos evitados e, sobretudo, da redução da vulnerabilidade em zonas criticas da cidade, o valor dos prémios dos seguros tenderá a diminuir. Esta diminuição ocorrerá tanto no valor dos seguros pagos pelos utentes, como nos valores pagos pelas seguradoras, sendo potencialmente mais pronunciado neste último dada a diminuição do número de inundações.

Considerando que, em Lisboa, as áreas classificadas com elevada e muito elevada vulnerabilidade ao risco de inundação atingem um valor superior a 640 ha e que a vulnerabilidade ao risco de inundação nestas zonas poderá ser minimizada, a potencial redução nos valores de danos segurados e dos próprios seguros considera-se um impacte positivo e muito significativo.

Afetação da imagem de Lisboa

As inundações têm um impacte não tangível na imagem da cidade pela destruição e prejuízos associados, que demora a ser ultrapassada. Acresce que as zonas onde se prevê ter reduções têm importância em termos de imagem do município e mesmo do Pais.

Assim, com a melhoria das condições de drenagem e consequente minimização da ocorrência de inundações e danos físicos associados às zonas afetadas, bem como pelos benefícios indicados anteriormente (a criação de condições no espaço público, o assegurar de condições de mobilidade, benefícios para o turismo, munícipes e trabalhadores, o evitar de danos económicos, entre outros) assegura-se uma melhoria na imagem do município que se traduz num impacte positivo e muito significativo que, embora não tangível, alcança não só a escala do município, como a escala nacional (e, potencialmente, internacional).

Afetação das atividades do Porto de Lisboa

As descargas pluviais que possam decorrer dos túneis de drenagem apresentam alguns constrangimentos ao nível das atividades portuárias nos locais de descarga. Deste modo, foram analisados os constrangimentos que delas podem decorrer e foram ajustadas as alternativas de projeto de forma a minimizar estes impactes.

Ao nível do modo e geometria da descarga, a análise foi já apresentada no subcapítulo 5.5, tendo-se concluído quais as soluções com menos impactes para as atividades no local, face às características presentes no meio recetor. O estudo realizado mostra que a solução com muro em frente à descarga para o TMSA e a solução de descarga em profundidade para o TCB permitem minimizar os impactes na fase de operação, durante a descarga no estuário do Tejo.

Túnel Monsanto-Santa Apolónia

No TMSA os ajustes entre as duas alternativas não se revelam significativos em termos de influência na afetação das atividades do Porto de Lisboa, dado a zona de descarga ser a mesma.

Relativamente à velocidade de saída do túnel, a conceção teve por base assegurar valores inferiores a cerca de 2 m/s (sem influência da cunha salina). Esta medida evita eventuais perturbações nas manobras de atracamento dos navios de cruzeiro e, sobretudo, reduz as perdas de carga localizadas na descarga no meio recetor. Note-se que a perda de carga localizada numa descarga de cerca 170 m^3/s, admitindo uma velocidade de 7 m/s, ascende a 2.5 m, enquanto a correspondente a um alargamento de secção, com velocidade final de 2 m/s, pode ascender apenas a cerca de 0.20 m.

A zona do cais do Terminal de Cruzeiros em Santa Apolónia tem sofrido diversas alterações nos últimos anos que resultaram num avanço para o rio através da construção de uma laje com cerca de 40 m de largura apoiada sobre um conjunto de estacas. Esta situação permite que a zona de descarga do túnel esteja afastada da zona de atracamento dos navios. A entrada no rio e a existência de um conjunto de estacas na zona de saída é favorável à diminuição das velocidades à saída estimando-se, desta forma, que uma eventual perturbação com a atividade no Terminal de Cruzeiros seja muito limitada. Essa potencial perturbação é, como já referido, adicionalmente minimizada pela construção de um muro a cerca de 17 m da secção da saída do túnel (Figura 5.12-34), com o objetivo de forçar a pluma a ter uma orientação o mais possível paralela ao caís.

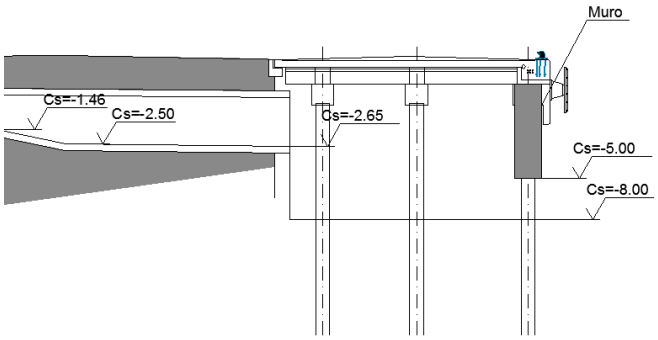


Figura 5.12-34 - Secção de saída do TMSA: pormenor do muro em frente à descarga

De acordo com os resultados obtidos recorrendo ao modelo dinâmico MOHID, já referidos no subcapítulo 5.5, verificou-se que, para eventos de precipitação frequentes (que poderão ocorrer cerca de cinco vezes ao ano), as velocidades obtidas na frente caís são da ordem de 1 a 1.5 m/s (Figura 5.12-35), numa situação de maré viva em baixa-mar (situação mais desfavorável). Velocidades desta ordem de grandeza são comuns na direção paralela ao cais, mas não na direção perpendicular, pelo que a construção do muro será favorável, por defletir a pluma para sudoeste e diminuir, em aproximadamente 30%, a intensidade da componente perpendicular ao cais.

Considerando a situação extrema, de um caudal de cheia com um período de retorno de 100 anos, os resultados mostram que a direção do campo de correntes à superfície é semelhante aos cenários de caudal de cheia frequente, no entanto, as intensidades das correntes são aproximadamente o dobro na zona de interceção da pluma com a frente cais. Nestas circunstâncias considera-se que será útil implementar um sistema de aviso que informe os operadores e entidades portuárias da ocorrência de eventos extremos com estas características, como medida preventiva (ME 5.12-9).

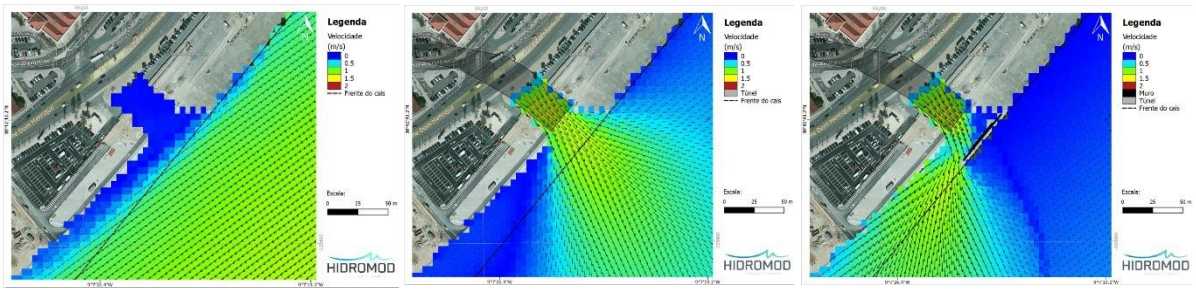


Figura 5.12-35 - Campo de velocidades superficial na descarga do TMSA para maré viva/baixa-mar
a) sem descarga (situação de referência);
b) com descarga e sem muro, para uma chuvada frequente (instante de caudal pluvial máximo);
c) com descarga e muro, para uma chuvada frequente (instante de caudal pluvial máximo).

Do ponto de vista dos esforços em período de chuvoso, aplicou-se simplificadamente o teorema de Euler, tendo em atenção as seguintes hipóteses conservativas:

a) descarga de caudal centenário (170 m^3/s);
b) a descarga envolve toda a secção;
c) o navio obtura a secção de descarga;
d) o sistema é estático.

Nestas circunstâncias obteve-se uma força de magnitude 5.1 $x10^2$ KN, equivalente a uma onda de 0.51 m de altura.

Para o TCB, consoante a alternativa selecionada no Beato, a localização da descarga altera, o que se poderá evidenciar na afetação das atividades do Porto de Lisboa, dado existirem atividades com diferente intensidade em cada zona. A Alternativa TCB1 considera um traçado que potencialmente afeta as atividades no Porto de Lisboa, devido à dimensão das embarcações que utilizam o local proposto para a descarga, onde a presença de embarcações é também mais acentuada. Assim, o traçado inicialmente proposto foi desviado na parte final para norte, para um local onde as atividades no Porto de Lisboa são menos intensas, no que se refere por exemplo à atracação de barcos. Este traçado alternativo diz respeito à Alternativa TCB4 e minimiza os impactes nas atividades do Porto de Lisboa. As Alternativas TCB2 e TCB3 foram desde logo desenvolvidas considerando a descarga num local onde atualmente não existem atividades portuárias ativas.

Para o TCB, no cenário de caudal de cheia frequente com descarga à superfície em maré viva baixa-mar as velocidades perpendiculares à frente cais podem atingir valores máximos de 2 m/s à superfície ao longo de uma extensão de cerca de 40 m. A descarga em profundidade permite diminuir esta velocidade ao longo da frente cais para 1 m/s mas mantém-se a direção da velocidade perpendicular à frente cais e a área afetada pela pluma.

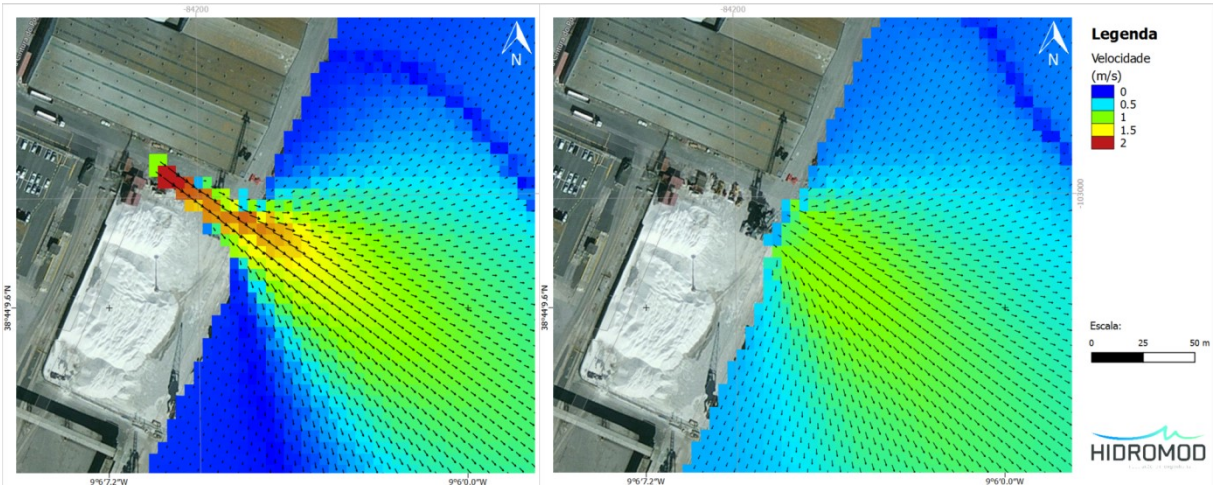


Figura 5.12-36 - Campo de velocidades superficial na descarga do TCB para maré viva/baixa-mar
a) com descarga à superfície, para uma chuvada frequente (instante de caudal pluvial máximo);
b) com descarga em profundidade, para uma chuvada frequente (instante de caudal pluvial máximo).

No cenário de caudal de cheia com um período de retorno de 100 anos e descarga à superfície as velocidades perpendiculares à frente cais podem atingir velocidades máximas superiores a 2 m/s. No caso da descarga em profundidade existe uma redução da velocidade perpendicular junto à frente cais induzida pela pluma de água pluvial. Neste caso o modelo apresenta velocidades junto à frente cais 1 a 1.5 m/s para a situação de maré viva baixa-mar.

O impacte nas atividades relacionadas com atracação de embarcações em frente ao local das descargas considera-se negativo. No entanto, dado o seu caracter esporádico (para condições de cheia frequente, estima-se que aconteça 5 vezes por ano), a adoção de dispositivos de alerta, em concertação com a Proteção Civil, para condições mais extremas e a seleção de soluções de descarga que permitem reduzir os impactes associados à perceção da descarga no estuário do Tejo, prevê-se que os impactes sejam pouco significativos.

Compatibilidade com atividades e projetos previstos para o desenvolvimento local

Tal como já referido no Capitulo 2, para o túnel Chelas-Beato, as Alternativas TCB2 e TCB3 contemplam condicionantes locais no que respeita ao desenvolvimento de projetos futuros na zona.

A condicionante relativamente à zona de descarga das alternativas TCB2 e TCB3 está relacionada com o projeto para a Terceira Travessia do Tejo. As alternativas consideram diferentes hipóteses de traçado na zona da descarga no rio, uma vez que se prevê a necessidade de construção dos pilares de fundação da nova Ponte Barreiro-Chelas nesta mesma área. Assim foram considerados traçados alternativos que contornem os pilares mantendo-se dentro da área prevista, que se apresentam na Figura 5.12-37 e Figura 5.12-38.

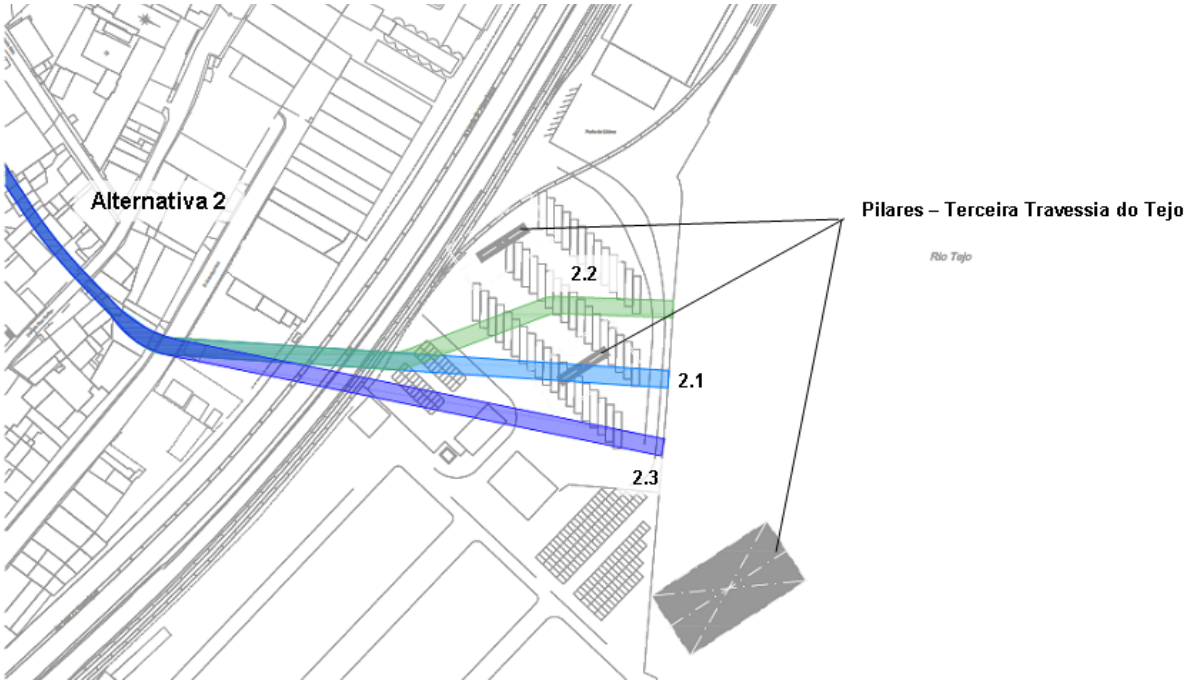


Figura 5.12-37 - Alternativas de descarga no rio para o traçado com saída na Calçada D. Gastão (Alternativa TCB2)

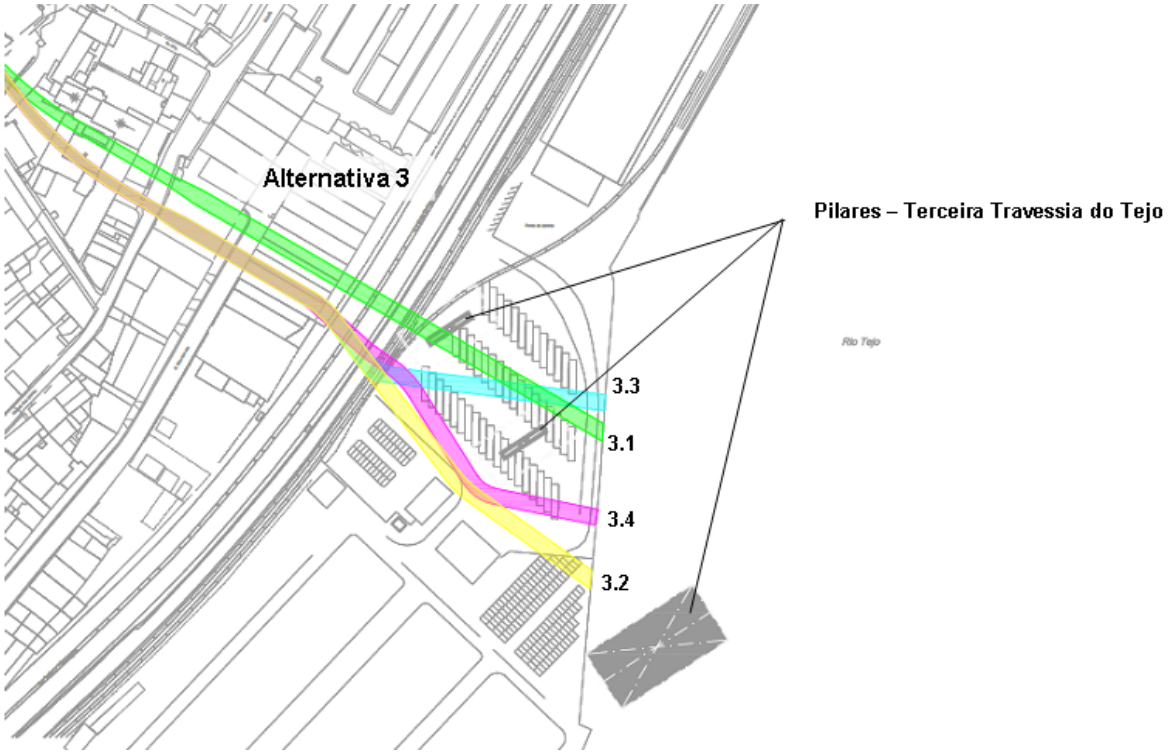


Figura 5.12-38 - Alternativas de descarga no rio para o traçado com saída em frente ao Convento do Grilo (Alternativa TCB3)

Fonte: (Consórcio Hidra/Engidro, 2016b)

Considerando as potencialidades de desenvolvimento de projetos no local, os impactes são incertos, sendo no entanto considerados negativos e com potencial significado para as duas alternativas referidas.

5.12.2 Comparação das Alternativas

As alternativas foram desenvolvidas e ajustadas de acordo com condições e atividades existentes em cada local de descarga. Na fase de construção, ao nível da socio economia não se verifica distinção entre as alternativas propostas para o Túnel Monsanto-Santa Apolónia.

Para o túnel Chelas-Beato, nas alternativas TCB1, TCB2 e TCB4, dada a ocupação da envolvente dos troços realizados em vala, onde se verifica a existência de atividades empresariais e de ensino/formação, o impacte é mais significativo na dimensão económica, comparativamente à Alternativa TCB3. Na dimensão social, de acordo com a população residente em cada área de intervenção (superior a 300 habitantes para as Alternativas TCB2 e TCB3), considera-se que a perturbação assume uma maior significância no caso das Alternativas TCB2 e TCB3.

Dependendo da alternativa selecionada e respetiva zona de construção do túnel em vala e localização da descarga poderá existir um maior condicionamento de atividades e projetos desde já a ser desenvolvidos para a zona. Neste sentido salienta-se as Alternativas TCB2 e TCB3 cujo troço final é adjacente à localização dos pilares da ponte da 3ª Travessia sobre o Tejo, podendo induzir algumas condicionantes à sua execução. Por outro lado, há já para a zona do troço final da TCB2 um projeto em desenvolvimento, que será também potencialmente afetado. Neste aspeto, para as Alternativas TCB1 e TCB4 considera-se o impacte como inexistente e para as Alternativas TCB2 e TCB3 a significância do impacte é mais elevada, destacando-se a Alternativa TCB2 com impactes classificados como significativos a muito significativos.

No que respeita à afetação das atividades no Porto de Lisboa, salienta-se a Alternativa TCB1 pela atracação de barcos junto à zona prevista para descarga, atividades estas que são mais acentuadas do que noutras zonas de descarga, comparando por exemplo com a localização de descarga para a Alternativa TCB4, onde as atividades do Porto de Lisboa são menos intensas. Nas zonas de descarga das Alternativas TCB2 e TCB3 as atividades do Porto de Lisboa são praticamente inexistentes.

De um modo geral, considerando os aspetos referidos, a alternativa que apresenta globalmente um melhor desempenho ao nível da socio economia é a Alternativa TCB4.

5.12.3 Medidas

Importa quer na fase de construção, quer na fase de operação potenciar os impactes positivos do projeto. Como medidas especificas a serem consideradas sugere-se:

5.12.3.1 Fase de Projeto de Execução

ME 5.12 1 Na fase de projeto de execução, deverá determinar-se as potenciais medidas a aplicar para reduzir o risco de dano sobre os edifícios ou infraestruturas resultantes de deslocamentos excessivos. Consoante o nível de risco de um determinado edifício poderá ser necessário a sua monitorização e a adoção de medidas de proteção especiais como o reforço ou recalce das fundações, medidas para melhorar os solos de fundação ou alterações pontuais ao processo construtivo das obras.

5.12.3.2 Fase de Construção

ME 5.12-1 Desenvolver em fase de projeto de execução um plano de mobilidade de modo a assegurar que o condicionamento da circulação nas vias é feito de modo faseado e concertado com outras intervenções e atividades na envolvente, de forma a que, ainda que condicionada, não se impossibilite a circulação e se minimize as possíveis perturbações.

Deverá ser dada especial atenção ao condicionamento físico das principais vias junto aos locais com intervenção à superfície, nomeadamente:

Zona 2 – Avenida da Liberdade, nas duas laterais e faixas centrais, Rua Alexandre Herculano, Rua Rodrigues Sampaio, Rua de Santa Marta e Rua Barata Salgueiro

Zona 3 – Avenida Almirante Reis, Rua Antero de Quental e Travessa do Maldonado

Zona 4 – Rua Museu de Artilharia, Largo Museu de Artilharia e Avenida Infante D. Henrique

Zona 5 – Estrada de Chelas

Zona 6 – Avenida Infante D. Henrique

Na Zona 2 importa garantir especificamente o acesso ao Hospital de Santa Marta, assegurando alternativas de acesso ao local, se necessário, de forma a não comprometer a circulação de veículos de emergência.

Na Zona 4 deverá garantir-se também o acesso à Esquadra da PSP, ao Museu Militar e outros serviços existentes no local e potencialmente afetados pelas intervenções.

ME 5.12-2 Não sendo possível garantir a circulação parcial nas vias afetadas, assegurar alternativas de circulação para as vias com perturbação decorrente das intervenções à superfície.

ME 5.12-3 Ajustar e concertar os trajetos dos transportes públicos afetados com o cronograma das intervenções à superfície. Especial destaque deverá ser dado à necessidade de alterar a localização das paragens de autocarros, dos quais se salienta:

Zona 4 – Paragem “Museu Militar”, autocarros Carris 712 e 734 (afetação física)

Zona 6 – Paragem “Rua do Açúcar”, autocarros Carris 210, 718, 728 (afetação da circulação na Rua do Açúcar)

ME 5.12-4 Assegurar a minimização das perturbações decorrentes do transporte de materiais de e para os locais de intervenção. Para tal deverá assegurar-se que o sentido do transporte seja contrário aos movimentos de trânsitos diários, com especial destaque para o trânsito no Eixo Norte-Sul, Avenida Infante D. Henrique e Estrada de Chelas.

ME 5.12-5 Seleção de trajetos para transporte de materiais e circulação de veículos afetos à obra que evitem a circulação em aglomerados populacionais ou locais com potencial perturbação das atividades existentes.

ME 5.12-6 Informação à população e utilizadores dos locais com intervenções à superfície acerca da tipologia de projeto, objetivos, horários de trabalho, trajetos das viaturas e outras informações que se revelem relevantes, com especial destaque para as zonas da Avenida da Liberdade/Santa Marta, Almirante Reis e Santa Apolónia.

ME 5.12-7 Sempre que possível, privilegiar a contratação local de mão-de-obra.

ME 5.12-8 Monitorização e acompanhamento dos trabalhos nas proximidades do Metropolitano de Lisboa na Av. Almirante Reis e, se necessário, melhoramento da camada de solos entre o TMSA e o túnel do Metropolitano de Lisboa, de forma a reduzir deslocamentos verticais.

5.12.3.3 Fase de Operação

ME 5.12-9 Implementar um sistema de aviso que informe os operadores e entidades portuárias da ocorrência de eventos extremos com características que potencialmente possam induzir impactes mais significativos sobre as atividades do Porto de Lisboa e outras atividades da zona ribeirinha.

5.13 GESTÃO DOS RESÍDUOS DO SISTEMA

5.13.1 Impactes

A gestão adequada dos resíduos e materiais é essencial nas diferentes fases, sobretudo na fase de construção, dada a tipologia de projeto e atividades na fase de operação. A construção dos túneis originará a produção de resíduos cuja gestão implicará o consumo de recursos naturais e energéticos tendo em vista, sobretudo, o seu transporte.

Face ao exposto e considerando que a adoção de medidas de gestão adequadas terá influência direta nos impactes associados à produção de resíduos, procedeu-se à sistematização dos resíduos que se prevê resultarem na fase de construção e operação do projeto.

5.13.1.1 Fase de Construção

As intervenções a realizar das quais resultam essencialmente a produção de resíduos, na fase de construção, consistem na construção do túnel, quer em profundidade, quer à superfície, da qual provem o maior volume de terras. Adicionalmente, importa considerar os resíduos de construção provenientes da construção dos poços de ligação.

Os impactes sobre este descritor dependem fundamentalmente da correta gestão dos resíduos produzidos: condições de armazenagem temporária, deposição em locais apropriados e valorização destes consoante a tipologia dos resíduos produzidos, bem como o seu adequado tratamento e destino final, pelo que a adoção de uma correta política de gestão de resíduos é imprescindível para este processo e minimizará todos os impactes associados ao presente descritor (ME 5.13-1).

Implantação dos estaleiros, limpeza do terreno e operações de construção no geral

Durante a fase de construção serão produzidas algumas quantidades de resíduos, provenientes da implantação dos estaleiros (ME 5.13-2), das atividades limpeza do terreno e das atividades de construção no geral.

Os resíduos provenientes destas operações são na sua maioria terras excedentárias, pedras, rochas, resíduos de embalagem (plástico, metal e papel/cartão), sucata diversa de metais ferrosos e metais não ferrosos, restos de tubagem, tubos e peças em aço, óleos usados provenientes dos sistemas hidráulicos, lubrificantes e fluidos dos travões dos veículos e equipamentos utilizados, e outros produtos utilizados em atividades de manutenção da maquinaria e veículos, absorventes, materiais filtrantes e vestuário de proteção não especificado utilizado na obra, pelo que se terá de proceder à sua remoção do local.

Para o desenrolar de toda a atividade de construção é necessária a existência de equipamento diverso que, pela sua natureza, necessita de manutenções e revisões frequentes. Nestas, incluem-se as mudanças de óleos e outros lubrificantes, constituindo o óleo usado um resíduo resultante da obra. Dado as características dos locais em que se irá proceder ao manuseamento destas substâncias (na sua maioria impermeabilizados ou solo adjacente protegido com geotêxtil) não se espera que ocorram impactes relevantes. Quanto ao tipo de resíduos produzidos, proceder-se-á ao seu tratamento e/ou valorização, adequada, consoante a tipologia dos resíduos, devendo ser conduzidos para um sistema devidamente licenciado para o efeito.

Deve referir-se que existe regulamentação específica relativa à definição das regras de gestão dos óleos novos e óleos usados, particularmente o Decreto-lei nº 153/2003, de 11 de Julho, com as alterações subsequentes. As operações de gestão dos óleos usados, nomeadamente recolha/transporte, armazenagem, tratamento ou valorização, poderão ser transferidas para um operador de gestão deste tipo de resíduos.

A avaliação dos impactes do projeto associados à gestão de resíduos foi desenvolvida tendo como base o disposto na Lista Europeia de Resíduos, LER, publicada pela Decisão 2014/955/UE, que altera a Decisão 2000/532/CE, referida no artigo 7.º da Diretiva 2008/98/CE, possibilitando a caracterização dos resíduos considerando a origem e composição dos mesmos.

No Quadro 5.13-1 apresentam-se as principais tipologias de resíduos resultantes das ações descritas anteriormente, agrupadas conforme a sua classificação na Lista Europeia de Resíduos, sendo identificados pelo respetivo código. Adicionalmente, para cada tipologia de resíduos refere-se a perigosidade (representada por * no respetivo código LER) e a ação da qual provêm. De referir que qualquer resíduo não perigoso se contaminado com substâncias perigosas, passa também a ser considerado resíduo perigoso.

Quadro 5.13-1 – Identificação indicativa das tipologias de resíduos gerados na fase de construção, com base na Lista Europeia de Resíduos

Código LER	Designação	Ação de origem
08	**Resíduos do fabrico, formulação, distribuição e utilização (FFDU) de revestimentos (tintas, vernizes e esmaltes vítreos), colas, vedantes e tintas de impressão**	
08 03 17*	Resíduos de *toner* de impressão, contendo substâncias perigosas	- Funcionamento do estaleiro
08 03 18	Resíduos de *toner* de impressão não abrangidos em 08 03 17	
13	**Óleos usados e resíduos de combustíveis líquidos (exceto óleos alimentares, 05, 12 e 19)**	
13 01 10*	Óleos hidráulicos minerais não clorados	- Operação e circulação de veículos e equipamentos afetos à obra
13 02 05*	Óleos minerais não clorados de motores, transmissões e lubrificação	
15	**Resíduos de embalagens; absorventes, panos de limpeza, materiais filtrantes e vestuário de proteção sem outras especificações**	
15 01 01	Embalagens de papel e de cartão	- Aprovisionamento de materiais usados nas atividades de construção no geral - Funcionamento do estaleiro
15 01 02	Embalagens de plástico	
15 01 03	Embalagens de madeira	
15 01 04	Embalagens de metal	
15 01 05	Embalagens compósitas	
15 01 06	Misturas de embalagens	
15 01 10*	Embalagens contendo ou contaminadas por resíduos de substâncias perigosas	
15 02 02*	Absorventes, materiais filtrantes (incluindo filtros de óleo sem outras especificações), panos de limpeza e vestuário de proteção, contaminados por substâncias perigosas	- Operação e circulação de veículos e equipamentos afetos à obra
16	**Resíduos não especificados noutros capítulos da lista**	
16 01 03	Pneus usados	- Operação e circulação de veículos e equipamentos afetos à obra
16 01 07*	Filtros de óleo	
16 01 11*	Pastilhas de travões contendo amianto	

Código LER	Designação	Ação de origem
16 01 13*	Fluidos de travões	
16 01 14*	Fluidos anticongelantes contendo substâncias perigosas	
16 01 15	Fluidos anticongelantes não abrangidos em 16 01 14	
16 06 01*	Acumuladores de chumbo	
16 06 02*	Acumuladores de níquel-cádmio	
17	**Resíduos de construção e demolição (incluindo solos escavados de locais contaminados)**	
17 01 01	Betão	- Montagem e desativação do estaleiro - Atividades de construção no geral - Operação da tuneladora ou método de escavação sequencial
17 01 02	Tijolos	
17 01 03*	Ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos.	
17 01 06*	Misturas ou frações separadas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos, contendo substâncias perigosas	
17 01 07	Misturas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos, não abrangidas em 17 01 06	
17 02 01	Madeira	
17 02 02	Vidro	
17 02 03	Plástico	
17 02 04*	Vidro, plástico e madeira contendo ou contaminados com substâncias perigosas	
17 04 01	Cobre, bronze e latão	
17 04 02	Alumínio	
17 04 03	Chumbo	
17 04 05	Ferro e aço	
17 04 07	Misturas de metais	
17 04 09*	Resíduos metálicos contaminados com substâncias perigosas	
17 04 11	Cabos não abrangidos em 17 04 10	
17 05 03*	Solos e rochas, contendo substâncias perigosas	
17 05 04	Solos e rochas não abrangidos em 17 05 03	
17 06 04	Materiais de isolamento não abrangidos em 17 06 01 e 17 06 03	
17 09 03*	Outros resíduos de construção e demolição (incluindo misturas de resíduos) contendo substâncias perigosas	
17 09 04	Misturas de resíduos de construção e demolição não abrangidas em 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03	
20	**Resíduos urbanos e equiparados (resíduos domésticos, do comércio, da indústria e dos serviços), incluindo as frações recolhidas seletivamente**	
20 01 01	Papel e cartão	- Funcionamento do estaleiro
20 01 02	Vidro	

Código LER	Designação	Ação de origem
20 01 08	Resíduos biodegradáveis de cozinhas e cantinas	
20 01 21*	Lâmpadas fluorescentes e outros resíduos contendo mercúrio	
20 01 34	Pilhas e acumuladores, não abrangidos em 20 01 33	
20 01 39	Plásticos	
20 01 40	Metais	
20 01 99	Outras frações, sem outras especificações	
20 03 01	Misturas de resíduos urbanos e equiparados	

Após a triagem e acondicionamento, a definição de um local de deposição e armazenamento destes materiais é importante, na medida em que nesse local se tomarão as devidas precauções (armazenamento separativo das diferentes tipologias de resíduos) de forma a evitar o seu derrame e contaminação, tanto ao nível dos próprios resíduos como da envolvente em si.

Quanto ao tipo de resíduos produzidos, proceder-se-á ao seu tratamento e / ou valorização adequada, consoante a tipologia dos resíduos, devendo ser conduzidos para um sistema devidamente licenciado para o efeito.

Após a conclusão das intervenções, é necessário proceder ao desmantelamento dos estaleiros e à desocupação das áreas de intervenção, de onde se irão retirar todos os resíduos que outrora foram sendo armazenados para posteriores reutilizações ou que constituam excedentes do processo construtivo, sendo agora considerados como resíduos (não significando que não possam ser utilizados noutras obras como subprodutos). Este impacte é negativo, temporário e com reduzido significado considerando as quantidades e tipologia de resíduos resultantes.

Resíduos de construção e demolição (RCD)

Relativamente aos resíduos de construção e demolição, deve aplicar-se o disposto na seguinte legislação: Decreto-lei nº 46/2008, de 12 de Março (aprova o regime da gestão de resíduos de construção e demolição), com as alterações subsequentes; Portaria nº 417/2008, de 11 de Junho (aprova os modelos de guias de acompanhamento de resíduos para o transporte de RCD). Deverá ainda ser implementado um Plano de Prevenção e Gestão de Resíduos de Construção e Demolição.

A hierarquia de gestão na obra deverá ser por ordem de prioridade: reutilização, triagem em obra, triagem em local afeto à obra, encaminhamento dos RCD para operador licenciado.

A quantificação de RCD, resíduos de constituição não homogénea, com frações de dimensões variadas, as quais poderão ser classificadas como resíduos perigosos, não perigosos e inertes, tem sido bastante difícil, pelo que urge tomar medidas não só conducentes à sua correta triagem na origem, o que facilitará a sua gestão posterior, como quanto à sua quantificação. Os RCD contêm percentagens elevadas de materiais, inertes, reutilizáveis e recicláveis, cujos destinos deverão ser potenciados, diminuindo-se, assim, simultaneamente a utilização de recursos naturais e os custos de deposição final em aterro, aumentando-se o seu período de vida útil.

A responsabilidade pela gestão extingue-se pela transmissão dos resíduos a operador licenciado de gestão de resíduos/destino autorizado ou pela sua transferência para as entidades responsáveis por sistemas de gestão de fluxos de resíduos.

Em matéria de transporte nacional deverá ser dado cumprimento às disposições da Portaria nº 335/97, de 16 de Maio, a qual fixa as regras a que fica sujeito o transporte de resíduos dentro do território nacional, com a exceção dos nº 5, 6 e 7. O transporte de RCD deverá ser acompanhado de guias de transporte específicas, cujos modelos estão definidos pela Portaria n.º 417/2008, de 11 de Junho, e que, em conformidade com o artigo 6º, se encontram disponíveis no Portal da Agência Portuguesa do Ambiente.

Os produtores de RCD em obra são obrigados:

- "A promoção da reutilização de materiais e da incorporação de reciclados de RCD na obra;
- A existência na obra de um sistema de acondicionamento adequado que permita a gestão seletiva dos RCD;
- A manutenção em obra dos RCD pelo mínimo tempo possível que, no caso de resíduos perigosos, não pode ser superior a 3 meses."

Durante a fase de construção serão produzidas maiores quantidades de resíduos, provenientes quer das atividades de limpeza do local, quer das atividades de construção dos túneis, quer seja em vala ou em profundidade. Os resíduos provenientes destas operações são na sua maioria terras e pedras, madeiras, embalagens, materiais ferrosos e outros materiais de construção, pelo que se terá de proceder à sua remoção do local.

Genericamente, na fase de construção, deverá atuar-se ao nível da prevenção (reutilização de materiais, utilização de materiais que não originem RCD com substâncias perigosas), ao nível da valorização (encaminhamento dos RCD para valorização, utilização de materiais reciclados, utilização de materiais recicláveis), e só em última opção deverá recorrer-se à eliminação (encaminhamento para aterro) (ME 13-3).

Por outro lado, dada a natureza do projeto, relativamente à construção dos túneis em profundidade e dos troços em vala, prevê-se uma grande produção de materiais, nomeadamente as terras escavadas excedentárias, cujo volume se prevê que seja na ordem dos 200 000 m^3.

Resíduos sólidos urbanos (RSU)

Pode também considerar-se, numa segunda fase, os resíduos provenientes das atividades do estaleiro, ou seja, os resíduos equiparados a resíduos sólidos urbanos (RSU), os resíduos hospitalares (provenientes de tratamentos e primeiros socorros) que serão bastante reduzidos, e os resíduos equiparados a industriais (provenientes das atividades do Estaleiro).

Os resíduos produzidos pelos trabalhadores afetos à obra possuem características de RSU ou equiparáveis, resultantes do consumo de bens, nomeadamente no que se refere a embalagens, a resíduos orgânicos, entre outros, resultando essencialmente das suas refeições. A produção destes resíduos induz um impacte negativo, pouco significativo, direto, temporário e certo, podendo ser atenuado se forem adotadas as medidas adequadas de gestão de resíduos.

A produção de resíduos hospitalares advirá, essencialmente, de tratamentos de primeiros socorros a efetuar no âmbito de presumíveis ocorrências de pequenos acidentes que se possam verificar dentro dos estaleiros e na zonas de intervenção. Esta produção de resíduos será muito reduzida, uma vez que depende da ocorrência de pequenos acidentes, que se estima de reduzida probabilidade de ocorrência. Assim, este impacte, a ocorrer, será muito pouco significativo.

5.13.1.2 Fase de Operação

Durante a fase de operação os impactes ao nível da gestão de resíduos decorrem essencialmente das atividades de remoção de inertes que vão sendo acumulados nos filtros de grossos localizados em Campolide, Rua de Santa Marta, Av. Almirante

Reis e Chelas. Dado o caracter esporádico desta ação, considera-se os impactes como muito pouco significativos a inexistentes.

5.13.2 Comparação das Alternativas

À semelhança do que se verificou para outros aspetos ambientais mantendo-se as características do dimensionamento dos túneis (mesmo diâmetro e pequenas variações no comprimento dos troços), também a produção de resíduos será semelhante, pelo que não se perspetivam diferenças significativas nos impactes associados às diferentes alternativas de projeto consideradas.

5.13.3 Medidas

Como medidas específicas a serem consideradas sugerem-se:

5.13.3.1 Fase de Projeto de Execução

ME 5.13-1 Desenvolver tal como definido na legislação um plano de gestão dos resíduos da construção e demolição, numa lógica de assumir estruturalmente a estratégia dos 4Rs, numa hierarquia assente desde logo na redução, reutilização, reciclagem, recuperação de materiais e energia.

5.13.3.2 Fase de construção

ME 5.13-2 Operação, gestão (incidindo o transporte de materiais de/para o estaleiro, gestão de produtos, efluentes e resíduos) e desativação do estaleiro de forma a preservar a qualidade do ambiente e qualidade de vida nas zonas exteriores e minimizar a degradação originada por esta atividade.

ME 5.13-3 Deverão ser adotadas as boas práticas na gestão dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD), bem como dos restantes resíduos produzidos.

ME 5.13-4 Cumprimento das demais disposições legais em matéria de resíduos preconizadas pela Diretiva-Quadro Resíduos (2008/98/EC), de 19 de novembro, transposta para a legislação portuguesa através do Decreto-Lei 73/2011 de 17 de junho, e ainda no que se refere a resíduos de fluxos específicos, como sejam óleos usados, resíduos de construção e demolição, embalagens, entre outros. Deverão ainda ser atendidas as disposições legais em matéria de transporte de resíduos em cumprimento da Portaria nº 335/97, 16 Maio.

ME 5.13-5 Assegurar o correto armazenamento temporário dos resíduos produzidos, de acordo com a sua tipologia e em conformidade com a legislação em vigor. Deve ser prevista a contenção/retenção de eventuais escorrências/derrames.

5.14 ANÁLISE E GESTÃO DOS RISCOS

5.14.1 Enquadramento

O processo de análise de risco pretende estimar a possibilidade de ocorrência dos riscos decorrentes das situações de perigo identificadas. Deste modo, este processo torna-se numa ferramenta útil para identificar a relação causa/efeito associada aos

diversos acontecimentos. A abordagem de análise de risco utilizada pretende identificar e analisar os riscos para o ambiente e populações decorrentes de situações de operação normal e de situações acidentais e súbitas.

Na análise de risco, optou-se por individualizar os riscos em fase de construção e os riscos em fase de operação, permitindo, assim, uma melhor integração no processo de planeamento. Neste caso em especifico, os Riscos Tecnológicos estão relacionados com as intervenções a realizar na fase de construção. Em termos gerais, os principais riscos identificados em fase de construção dizem respeito a acidentes de trabalho e derrames acidentais.

Por outro lado, os riscos em fase de operação estão associados à ocorrência de fenómenos naturais. Dada a tipologia de projeto, considera-se como mais relevante a análise dos que os riscos associados à evolução das alterações climáticas que se traduz no aumento de fenómenos extremos de precipitação e aumento do nível do mar. Analisou-se assim o risco de inundação, considerando as alterações climáticas e evolução decorrente destas.

A análise de riscos que se segue será avaliada de acordo com a probabilidade de ocorrência desse risco e a sua gravidade, tanto em relação à saúde pública como em relação ao ambiente. Em relação à probabilidade de ocorrência, esta foi definida como baixa, média ou elevada. A gravidade do risco será traduzida em termos de danos graves, ou seja, em termos de significância e de probabilidade e irreversibilidade.

5.14.2 Fase de construção – Riscos Tecnológicos

Os principais riscos analisados, estão relacionados com a tipologia de intervenção e zonas intervencionadas, e podem ser para os(1) trabalhadores (acidentes de trabalhos), para o (2) ambiente natural (derrames e contaminação águas superficiais e subterrâneas de forma grave) e para o (3) ambiente humanizado envolvente, nomeadamente as construções (danos graves nas infraestruturas, edificado, património) e comunidade (afetação das atividades e vidas). Estes três principais riscos são analisados seguidamente.

5.14.2.1 Acidentes de trabalho

Durante a fase de construção poderão ocorrer acidentes relacionados com as intervenções a desenvolver. Especial atenção deve ser dada aos trabalhos a desenvolver nos troços em vala e na construção dos poços de ligação à superfície, devendo ser tomadas todas as medidas de precaução associadas a intervenções desta tipologia.

Por sua vez, deve também assegurar-se uma manutenção periódica dos veículos e maquinaria afeta às intervenções a realizar.

De igual modo, deverá dispor-se dos meios necessários para resposta a emergências relacionadas com a tipologia de acidentes referidos, cumprindo a legislação em vigor e dispondo dos meios necessários para prestação de um auxílio rápido e adequado em caso de emergência. Em caso de registo de acidente, deverão ser acionados os devidos meios de emergência e contactadas as entidades competentes.

De acordo com as características do projeto, o traçado é maioritariamente realizado em profundidade, com utilização de escavadora em grande parte da escavação subterrânea, podendo ser utilizados métodos mineiros de escavação sequencial em algumas zonas do traçado do TMSA e, eventualmente, no TCB. Em comparação com os métodos convencionais de escavação, o claro aumento do uso das técnicas mecanizadas em túneis urbanos deve-se a inúmeras vantagens quer técnicas, quer económicas, destas salienta-se a criação de um ambiente de trabalho do tipo "fábrica" e não como se tratasse de uma mina subterrânea, caracterizando-se por níveis mais elevados de conforto e segurança para os trabalhadores (Consórcio Hidra/Engidro, 2016b).

Dado a tipologia de intervenções, sendo a maioria do troço realizado com recurso a tuneladora (ou método de escavação sequencial), o risco de acidente considera-se assim minimizado e com pouca probabilidade de ocorrência. Contudo, a ocorrer, considera-se que os danos decorrentes poderão ser consideráveis, sendo por isso significativo, embora minimizável pela adoção de boas práticas na operação da maquinaria afeta à obra e garantia de cumprimento dos procedimentos definidos para as intervenções.

5.14.2.2 Derrames acidentais

À instalação dos estaleiros, sobretudo em terrenos não impermeabilizados ou intervencionados, poderão estar associados riscos respeitantes à existência de eventuais zonas de depósito de materiais inertes e outros resíduos, ao armazenamento de combustíveis para abastecimento, bem como à manutenção de veículos e equipamentos (óleos, gasóleo, solventes, entre outros.). Durante a fase de construção o incorreto armazenamento destes materiais, bem como o manuseamento de poluentes poderão levar à contaminação dos solos e da água, assim como a degradação da sua qualidade devido a derrames acidentais. Assim, de forma a minimizar estes riscos, importa que as zonas de depósito e armazenamento sejam zonas previamente preparadas e impermeabilizadas.

No que respeita às operações de manutenção de veículos e equipamentos afetos à obra, assim como todas as operações das quais possa resultar risco de derrames acidentais, deverão ser realizadas unicamente nas áreas de estaleiro, ou em zonas destinadas e preparadas para esse efeito, as quais deverão estar convenientemente sinalizadas e equipadas com os sistemas de recolha das águas de lavagem para posterior tratamento ou envio para local onde possam ser tratadas.

No que respeita aos resíduos produzidos e armazenados temporariamente no estaleiro, além de serem colocados nos locais definidos para o seu armazenamento, deverão estar corretamente separados e identificados consoante a sua tipologia.

Relativamente aos riscos de contaminação do solo e da água associados à instalação dos estaleiros, o seu efeito será reduzido, quer devido à baixa frequência com que se perspetiva que possam ocorrer, quer pelo facto de os estaleiros serem desde logo instalados em locais já impermeabilizados ou pela utilização de uma base em geotêxtil sempre que as zonas de estaleiro associadas à potencial ocorrência de derrames sejam instaladas em áreas não impermeabilizadas, diminuindo os danos que poderão decorrer destes derrames/contaminações acidentais. Esta base (geopolímero), não evitando diretamente a ocorrência de possíveis derrames, previne a contaminação do solo decorrente dos mesmos.

Também associada à circulação e operação de equipamentos afetos às intervenções propostas poderão ocorrer derrames acidentais de combusteis, óleos, entre outros. Estes derrames poderão ocorrer à superfície, associados à circulação e operação de veículos e em profundidade, associados à operação da tuneladora. De forma a minimizar estes riscos, deverá efetuar-se a manutenção periódica de todos os veículos e equipamentos utilizados em obra, mantendo-os em perfeitas condições de funcionamento.

A importância dos possíveis danos associados ao risco de derrame acidental depende das características das substâncias derramadas e da área afetada, quantidade e número de vezes que os derrames ocorrem, sendo muito reduzida a probabilidade de ocorrência destes. Deste modo, face à possibilidade de minimizar os danos decorrentes das situações apresentadas, este considera-se um risco com baixa probabilidade de ocorrência, sendo os seus danos pouco significativos e reversíveis, devido às medidas que se perspetiva serem tomadas em fase de construção.

5.14.2.3 Afetação de infraestruturas, edificado, património e atividades humanas

Acidentes que levem a danos graves no ambiente humanizado envolvente, nomeadamente à destruição das construções (danos graves nas infraestruturas, edificado, património) ou danos graves na comunidade (afetação das atividades e vidas), que depende da solução adotada (projeto) e das condições efetivadas no terreno.

A opção dos projetistas e da equipa de projeto, quer na escolha de métodos de escavação em profundidade, como a tuneladora e a escavação mineira sequencial, quer num programa de obtenção de informação a vários níveis, desde a situação das infraestruturas subterrâneas (metro, abastecimento de água e outras), bem como na caracterização geológica aprofundada contratada ao LNEC, e no conhecimento do edificado nas zonas atravessadas, leva a que os níveis de risco desta situação, nesta fase de projeto, tenham sido atenuados.

As intervenções previstas para o presente projeto, nomeadamente a escavação em profundidade, estão acopladas a riscos que precisam de ser minimizados e, quando não for possível evitá-los totalmente, deve optar-se pela escolha de soluções alternativas. Para gerir adequadamente os riscos em túneis urbanos deve-se utilizar o seguinte conjunto de elementos necessários na fase de conceção (Consórcio Hidra/Engidro, 2016b):

- Experiência a definir (ou seja, identificar e quantificar) os riscos do projeto e propor disposições técnicas e soluções tecnológicas, para a conceção da infraestrutura, que sejam consistentes com a necessidade de reduzir os riscos.
- Abordagem e metodologia específica para analisar sistemática e consistentemente as situações de obra e gerir os riscos do projeto em todo o empreendimento.
- Utilizar critérios especiais e ferramentas inovadoras que possam facilitar o processo de tomada de decisão, como por exemplo, proporcionando um fácil acesso e uma disponibilidade atempada a todos os dados de monitorização acumulados e os resultados da investigação para os especialistas envolvidos.

É claro que a resposta ao primeiro risco é a seleção do método de construção mais apropriado. Considerando os enormes avanços tecnológicos alcançados nas últimas décadas, o método de aplicação de tuneladoras mecanizadas pode tornar a construção viável e, ao mesmo tempo, minimizar as interferências indesejáveis. No entanto, esta técnica não é isenta de riscos, mesmo que utilize uma técnica moderna e avançada, e os seus riscos potenciais não podem ser ignorados (Consórcio Hidra/Engidro, 2016b).

Há também ocasiões em que a abordagem de análise de risco assume uma estratégica importância para superar as dificuldades ou condições geológicas imprevistas. A necessidade e uso da abordagem de análise de risco é exemplificada pela construção do Metro do Porto, onde a possibilidade de encontrar no maciço rochoso fraturas preenchidas por água e materiais soltos no granito da chamada classe II não podia ser ignorada e, por conseguinte, a abordagem correta para minimizar o risco de instabilidade da superfície do solo (mesmo em granito) foi aplicar pressão de suporte na frente de avanço do túnel (Consórcio Hidra/Engidro, 2016b).

Em termos gerais, a lógica para a análise de risco (em relação à construção de túneis em áreas urbanas) sugere que, mesmo que a probabilidade de um evento negativo (tal como um colapso ou abertura de uma chaminé sob uma estrutura ou num cruzamento de ruas) possa ser reduzida para valores muito baixos, utilizando as medidas adequadas, os danos resultantes (incluindo o potencial de perda de vidas humanas) podem tornar o nível de risco correspondente absolutamente inaceitável. Portanto, muitas vezes é importante tomar medidas de mitigação adicionais, tais como a consolidação da fundação de uma estrutura ou o encerramento temporário do tráfego automóvel na área afetada, ou ambos (Consórcio Hidra/Engidro, 2016b).

Hoje em dia, no seio da comunidade internacional desta especialidade existe um acordo sobre a gestão dos riscos que é a chave do sucesso para todos os tipos de trabalho em túneis, especialmente para aqueles abertos em áreas urbanas. Na

verdade, a análise e a gestão de risco é um tema relevante, com orientações, procedimentos e modelos que vão sendo estabelecidos para identificação de riscos, sua análise e mitigação, bem como para encontrar a melhor prática de gestão de riscos que se desenvolveu e aplicou em vários projetos de túneis mecanizados urbanos, sob a designação de Plano de Gestão de Risco (PGR) (Consórcio Hidra/Engidro, 2016b). A implementação de um PGR aplicado a cada projeto é, portanto, um requisito essencial para as empresas que concorrem à execução destes empreendimentos de Engenharia (Consórcio Hidra/Engidro, 2016b).

Assim, ao longo do traçado do túnel, este risco é muitíssimo reduzido (nunca existe risco zero, por definição) dado que o traçado está em profundidade e os métodos são considerados seguros. No aproximar da superfície das intervenções o risco coloca-se, mas como os dados existentes evidenciam os seus níveis são reduzidos. Em zonas muito especificas, como a zona ribeirinha, nomeadamente zona portuária, embora a possibilidade de danos humanos e edificado relevante seja mais reduzido, a presença de uma geologia onde os lodos se afirmam e as marés têm influência, coloca situações que devem ser devidamente geridas em termos de soluções, métodos e riscos.

No entanto, importa que, especialmente na fase de projeto de execução, e com o conhecimento preciso dos equipamentos e elementos de projeto disponibilizados (estudo do LNEC e outros) seja efetuada uma análise do risco e identificação dos ambientes construídos a serem monitorizados e modos de assegurar a gestão do riscos.

5.14.3 Fase de operação - Riscos Ambientais

5.14.3.1 Alterações climáticas e impactes no sistema de drenagem

As implicações das alterações climáticas refletem-se quer em aspetos dependentes da dinâmica marítima, quer pelo aumento de fenómenos extremos de precipitação, podendo vir a manifestar-se de uma forma intensa com danos significativos, afetando atividades económicas e pondo em risco pessoas e bens. Em Portugal continental, as consequências mais importantes das alterações climáticas são a subida do nível médio do mar, a modificação do regime de agitação marítima e da precipitação que têm originado um aumento, quer em número, quer em intensidade, de fenómenos causadores de eventos extremos.

Com a evolução prevista, os impactes das alterações climáticas no sistema de drenagem estão, sobretudo, associados à subida do nível médio das águas do mar nas zonas baixas da cidade de Lisboa e ao possível aumento da frequência e magnitude dos fenómenos extremos de precipitação em curtas durações. Acresce o impacte do aumento da variabilidade do regime de precipitação, com o provável aumento da duração dos períodos secos que, associado ao aumento da temperatura do ar, condicionará as condições de autolimpeza dos coletores e proporcionará a ocorrência de odores, seticidade, toxicidade e corrosão (Consórcio Hidra/Engidro, 2015). Refira-se, no entanto, que no caso específico dos túneis em estudo, de acordo com a sua área e profundidade, prevê-se que não se irá verificar problemas de odores, estando prevista a sua ventilação adequada.

O estuário do rio Tejo está sujeito a um regime de marés do tipo semidiurno, sendo o período de enchente ligeiramente superior ao de vazante. A amplitude média no Terreiro do Paço é de 3.2 m em maré viva e 1.5 m em maré morta. Esta amplitude traduz-se numa variação diária da altura da maré, que pode oscilar entre os 0.5 e os 4.0 m, podendo atingir, em situações extremas, valores da ordem dos 0.2 m e 4.4 m, respetivamente. Uma vez que o zero hidrográfico se situa 2.08 m abaixo do nível médio adotado em Cascais (zero hidrográfico do Instituto Hidrográfico), a cota da mais alta em preia-mar no estuário do rio Tejo é da ordem dos 2.3 m (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

Os troços terminais da rede de coletores da cidade de Lisboa, situados nas zonas baixas, são já afetados pelo nível da maré. Por esta razão, estes coletores têm a sua capacidade de escoamento reduzida e o risco de erosão aumentado, devido à entrada de água do mar e ao aumento da concentração de sulfatos no esgoto (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

O fenómeno da sobrelevação positiva do nível das águas associado a um temporal (*storm surge*) reveste-se de uma especial acuidade atendendo às características geomorfológicas da cidade – frente ribeirinha estreita delimitada em toda a sua extensão pelo sistema de colinas que definem uma série de pequenas bacias de drenagem na maioria a confluir para o estuário (CML, 2016a).

Atendendo a que os cenários climáticos para o século XXI projetam o agravamento da subida do nível médio do mar, este fenómeno poderá ter no futuro impactes agravados – galgamento de costa, inundações, afetação na mobilidade, estacionamento, efeitos em estruturas e infraestruturas. Mais ainda, a magnitude das consequências deste evento poderá ser potenciada quando se verificar a simultaneidade com a preia-mar, principalmente de águas vivas (CML, 2016a).

Para efeitos de pré-dimensionamento dos túneis considerou-se desde já um cenário de aumento do nível médio do mar de 70 cm. O valor do aumento do nível do mar é um valor que se situa entre as projeções apresentadas para a segunda metade do século XXI. **Num contexto de adaptação, o projeto considera desde já as alterações climáticas projetadas, pelo que contribui significativamente para a minimização do risco através de uma resposta adaptativa**.

5.14.3.2 Alterações climáticas e a vulnerabilidade ao risco de inundação

As alterações climáticas projetadas, já identificadas no capítulo 3, poderão agravar, minorar ou manter as atuais vulnerabilidades climáticas do município de Lisboa. Estas alterações poderão ainda potenciar o aparecimento e desenvolvimento de outras vulnerabilidades e riscos, nas áreas e sectores já afetados ou em novas. A evolução e interação entre os fatores climáticos e não-climáticos (sociais, ocupação do território, planeamento, económicos, entre outros) são de particular importância uma vez que podem alterar as condições de exposição e sensibilidade a eventos meteorológicos futuros (CML, 2016a).

Como referido, no presente e a curto médio prazo, prevê-se que os fenómenos de precipitação intensa decorrentes da evolução climática sejam cada vez mais intensos e com impactes mais significativos.

De acordo com a situação atual e a projeção futura (CML, 2016a), identificaram-se diversos impactes negativos diretos decorrentes dos fenómenos de precipitação intensa e do risco de inundação associado, nomeadamente (CML, 2016a):

- Danos em edifícios. Foram identificados cinco grupos de impactos com incidência no edificado, isto é:
    a) colapso (fachadas associado a deslizamento de vertentes);
    b) colapso ou danos em coberturas (terraços, claraboias, antenas e chaminés);
    c) danos ao nível dos pisos térreos (lojas) e caves (garagens e fossos de elevador);
    d) quedas de revestimentos de fachada;
    e) danos no recheio.
- Danos no espaço público/vegetação. Este impacte refere-se à queda de ramadas e/ou árvores;
- Danos nas infraestruturas. Consistem em episódios de: abatimento/rotura de pavimentos (inclui anomalias em tuneis e passagens inferiores); danos na rede de drenagem (coletores, deslocamento de tampas de coletor); danos em cabos elétricos;
- Alterações na mobilidade: condicionamentos de tráfego podendo ocorrer mesmo o encerramento temporário de vias ou faixas de rodagem; interrupção no funcionamento de operadores de transportes públicos (Metro, Comboios, Travessia Tejo, entre outros.);

- Interrupção no funcionamento de equipamentos/serviços públicos (escolas, hospitais, entre outros.);
- Danos em viaturas (devido a inundação);
- Outras alterações aos estilos de vida (falhas de energia; cancelamento de eventos, entre outros.).

Poderão ainda ocorrer impactes negativos indiretos induzidos pelos fenómenos de precipitação intensa e inundações decorrentes, dos quais se salientam (CML, 2016):

- Danos no espaço público devido a queda de estruturas e arvoredo;
- Perigo para a população (devido a quedas de revestimentos, arvoredo e deslizamento de vertentes e muros de suporte);
- Transtornos diversos no funcionamento da cidade / interrupção de atividades económicas (fecho de lojas, curto-circuito, interrupção do fornecimento de energia, entre outros.), atrasos nos transportes e transtorno na afetação de meios para aumento do número de efetivos por reforço de equipas de socorro;
- Financeiros (seguros, fundos e orçamentos). Destaca-se neste quadro os encargos com indemnizações, decorrentes da reparação de danos diversos, ao nível da responsabilidade do município - Lei 67/2007, 31 de Dezembro, com as alterações introduzidas pela Lei 31/2008 de 17 de Julho, que aprova o Regime da Responsabilidade Civil Extracontratual do Estado e Demais Entidades Públicas;
- Reputação do município – divulgação de notícias de imagens negativas para o município.

Figura 5.14-1 - Inundações na Praça do Comércio, em Lisboa, em 22 de setembro de 2014

Fotografia: CML

Impacte do projeto nas zonas com vulnerabilidade ao risco de inundação

O aumento da variabilidade do regime de precipitação poderá conduzir a um aumento da frequência e magnitude dos valores extremos de precipitação e, por consequência, ao aumento das solicitações dos sistemas de drenagem de águas pluviais. A eventual incapacidade de escoar os caudais gerados poderá dar origem a situações de inundação urbana mais frequentes e de maior dimensão (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

Os cenários sobre a evolução da precipitação em Lisboa avançados pelas várias equipas de investigação e de modelação do clima apresentam uma dispersão muito significativa o que dificulta a identificação de uma tendência clara desta variável. É,

no entanto, mais consensual que os valores extremos de precipitação que podem ocorrer em durações curtas tenderão a aumentar (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

Em face dos cenários apresentados, e no âmbito do PGDL 2016-2030 e especificamente para o presente projeto dos túneis de drenagem, optou-se por considerar, para efeitos de pré-dimensionamento, um cenário de aumento do nível médio do mar de 70 cm e um aumento da precipitação em períodos curtos de 5%, referidos ao ano 2100. O valor do aumento do nível do mar situa-se entre as projeções apresentadas para a segunda metade do século XXI, para o cenário RCP8.5 (Figura 3.14-1). O valor do aumento da precipitação é uma estimativa por precaução, no quadro da enorme incerteza associada às projeções desta variável (Consórcio Hidra/Engidro, 2015).

Numa perspetiva de adaptação e prevenção dos riscos provenientes da potencial evolução que deriva das alterações climáticas os seus efeitos foram integrados na conceção do projeto. **Face a um cenário de projeção que já considera estes efeitos, reduz-se a vulnerabilidade ao risco de inundação, obtendo-se a redução da probabilidade de ocorrência dos riscos e impactes associados.**

No caso da precipitação intensa e da subida do nível do mar, que originam inundações, sobretudo nas zonas identificadas com vulnerabilidade, os principais impactes negativos diretos que se prevê possam vir a ser significativamente reduzidos com a operação dos túneis de drenagem estão relacionados com danos em edifícios e em infraestruturas, danos no espaço público, ao nível do mobiliário e da vegetação, alterações na mobilidade na cidade e interrupção no funcionamento de equipamentos/serviços públicos. Prevê-se também a minimização de impactes indiretos, dos quais se realça o risco para a população, transtornos diversos no funcionamento da cidade, bem como impactes financeiros e ao nível da reputação do município.

De acordo com os resultados obtidos através das simulações realizadas no âmbito do pré-dimensionamento do projeto é possível comprovar a eficácia dos túneis em estudo.

No caso específico do túnel Monsanto-Santa Apolónia a interceção dos caudais na Av. Da Liberdade, Rua de Santa Marta e Av. Almirante Reis traduz-se numa melhoria significativa das condições de escoamento da rede existente a jusante e, consequentemente, na redução de risco de ocorrência de inundações na Baixa de Lisboa (Consórcio Hidra/Engidro, 2016b).

A interceção dos caudais pelo túnel, independentemente da intensidade da precipitação e nível de maré considerados (incluindo agravamentos resultantes das alterações climáticas), irá aliviar o Caneiro e o sistema de drenagem a jusante do túnel, contribuindo para reduzir significativamente os extravasamentos/inundações que atualmente ocorrem ao longo da Rua Santa Marta, Rua de São José, Portas St.º Antão e de outras zonas críticas, tais como a Praça da Figueira, Rossio e a zona da Baixa Pombalina (Consórcio Hidra/Engidro, 2016b).

Acresce salientar que as zonas referidas (Praça da Figueira, Rossio, Baixa Pombalina, entre outros) dizem respeito a importantes zonas de comércio (Figura 3.14-4) e turismo (Figura 3.14-5), figurando também em destaque na Figura 3.14-6 relativamente à localização de património de interesse público, e atualmente são consideradas zonas com muito elevada suscetibilidade a inundações. Dada a comprovada eficácia na redução dos constrangimentos identificados nas zonas referidas, a operação do túnel Monsanto-Santa Apolónia permitirá minimizar os atuais impactes decorrentes de fenómenos extremos (que serão cada vez mais frequentes) e os danos e prejuízos decorrentes.

De igual modo, o túnel Chelas-Beato permitirá o desvio de caudais, aliviando a rede atualmente existente e minimizando o risco de ocorrência de inundações. Com a intervenção proposta será possível aliviar toda a rede a jusante do cruzamento da Estrada de Chelas com a Av. Santo Condestável.

Através dos resultados obtidos no modelo, foi possível constatar que o túnel permite eliminar os problemas na Estrada de Chelas, Rua Gualdim Pais e Largo Marquês de Nisa. Estas são zonas com menor incidência de estabelecimentos comerciais e atividades económicas no geral, contudo são zonas de muito elevada suscetibilidade ao risco de inundação, pelo que a melhoria estrutural que se irá verificar nas condições de drenagem se traduz num impacte muito positivo, minimizando os impactes por exemplo no que respeita a danos em edifícios, infraestruturas e no espaço público, alterações na mobilidade, risco para a população, entre outros.

Considera-se, portanto, que o dimensionamento dos túneis permite, mesmo tendo em consideração os efeitos de agravamento devido às alterações climáticas, assegurar bons níveis de desempenho para fenómenos de precipitação intensa.

Resultante da implementação do projeto **prevê-se a redução das zonas atualmente vulneráveis ao risco de inundação.** Decorrente da diminuição das zonas de risco de inundação ou minimização da sua frequência decorrem impactes muito positivos sobretudo ao nível socioeconómico e ocupação do solo pela potenciação e valorização das zonas atualmente fustigadas pela ocorrência de inundações e consequentes danos e prejuízos. Esta situação carece de acompanhamento continuado em função da evolução do risco, destacando-se a necessidade de avaliar as zonas com vulnerabilidade ao risco de inundação, ajustando se necessário a carta risco da cidade de Lisboa.

5.14.4 Medidas

5.14.4.1 Fase de Projeto de Execução

ME 5.14-1 Assegurar o desenvolvimento das soluções previstas no PGDL e, em concreto, no projeto dos túneis, tendo em vista potenciar a redução do risco e assegurar os benefícios previstos.

ME 5.14-2 Assegurar que as propostas integram a evolução ao nível dos possíveis riscos ambientais e preparam o projeto face aos seus desafios desde logo na vertente da prevenção e monitorização.

ME 5.14-3 Deverá ser elaborado em fase do projeto de execução uma análise de riscos e um Plano de Gestão de Riscos contendo medidas de prevenção e reação/gestão de acordo com os riscos previstos. Esta análise aprofundada deve assegurar as medidas preventivas e de atuação em resposta a emergências.

ME 5.14-4 Assegurar a informação dos modos de operação e redução do riscos aos vários agentes relevantes, como proteção civil, seguradoras, entre outros, sendo os mesmos envolvidos no processo de gestão dos riscos da inundação nas zonas abrangidas de Lisboa e que tal seja integrado em todos as futuras fases do projeto.

ME 5.14-5 Considerar o desenvolvimento de sistemas de informação e alerta acrescidos (face aos existentes) desde logo durante o período em que vão ser construídos os túneis e que integre os riscos fluviais nas zonas ribeirinhas.

5.14.4.2 Fase de Construção

ME 5.14-6 Os trabalhadores afetos à obra deverão ser formados e estar aptos a agir em caso de derrame acidental envolvendo, por exemplo, derrame de óleos e hidrocarbonetos, águas residuais, entre outros, contactando também as entidades competentes, de forma a reduzir a área afetada e a quantidade de produto derramado.

ME 5.14-7 Assegurar que são tomadas as medidas necessárias de prevenção de riscos no que se refere à instalação do estaleiro, de modo a evitar os riscos respeitantes à existência de eventuais zonas de depósito de materiais inertes e outros resíduos, ao armazenamento de combustíveis para abastecimento, bem como à manutenção de veículos e equipamentos (óleos, gasóleo, solventes, entre outros.).

ME 5.14-8 Deverá assegurar-se que são tomadas todas as medidas necessárias para a prevenção de derrames acidentais, como sejam: o adequado manuseamento e impermeabilização dos locais de manuseamento e armazenamento de possíveis poluentes. Se, apesar disso, ocorrerem derrames, deverão ser acionados todos os mecanismos para controlar e minimizar a contaminação do solo ou recursos hídricos.

ME 5.14-9 Definir procedimentos a executar face à necessidade de socorro em caso de acidentes humanos ou ambientais.

ME 5.14-10 Garantir que são concretizadas as medidas e propostas definidas no Plano de Gestão de Riscos, minimizando a probabilidade de ocorrência e danos associados aos riscos previstos, quer ambientais, quer tecnológicos.

ME 5.14-11 Assegurar as medidas e plano para a gestão de riscos de acidentes.

5.14.4.3 Fase de Operação

ME 5.14-12 Concretização do Plano de Gestão de Riscos contendo medidas de prevenção e correção/mitigação de acordo com os riscos previstos para a boa gestão dos riscos e resposta adequada a emergências.

ME 5.14-13 Privilegiar, sempre que possível, a prevenção e controlo dos riscos enunciados, em caso de emergência, aplicação do Plano de Gestão de Riscos e contacto com as entidades responsáveis, se necessário.

ME 5.14-14 Em função da evolução do risco de inundação, deverão avaliar-se as zonas com vulnerabilidade ao risco de inundação, ajustando se necessário a carta risco da cidade de Lisboa.

5.15 BENEFÍCIOS DA POTENCIAL REDUÇÃO DO RISCO DE INUNDAÇÃO DECORRENTE DA OPERAÇÃO DOS TÚNEIS

5.15.1 Enquadramento

5.15.1.1 Tipologia de benefícios

Os dois túneis previstos (TMSA e TCB) são elementos estruturantes do PGDL que permitem melhorar estruturalmente a gestão da drenagem das águas pluviais urbanas (controlando inundações, incluindo as cheias rápidas urbanas) e reduzir os riscos de inundação.

Assim, os túneis e o PGDL (que inclui os túneis e outras intervenções complementares) pretendem contribuir para dar resposta aos desafios atuais e futuros da drenagem da cidade, com prioridade para a melhoria da gestão da água, proteção de pessoas e bens, num quadro de sustentabilidade económica, social e ambiental. Nesse sentido a sua implementação irá contribuir para minimizar o risco de inundações e diminuir os prejuízos associados, incorporando uma componente de adaptação relativamente à evolução climática prevista e assegurando o bom funcionamento do espaço urbano.

As propostas dos túneis e do PGDL vão contribuir para atenuar ou eliminar os prejuízos a diferentes níveis e para criar valor pelos seguintes efeitos:

1. Redução da probabilidade de fatalidades e feridos decorrentes das inundações;
2. Redução da probabilidade de danos nas infraestruturas de drenagem e melhoria do sistema;
3. Redução de danos nas infraestruturas do subsolo;
4. Redução da probabilidade de danos nos espaços públicos;
5. Redução da probabilidade de danos nos ecossistemas / zonas verdes;
6. Redução da destruição de património cultural classificado;

7. Redução da probabilidade de danos nos bens privados;
8. Menor perturbação das atividades sociais;
9. Reduzir as alterações e restrições de mobilidade;
10. Reduzir a perturbação das atividades económicas (não turísticas);
11. Reduzir a perturbação nas atividades do turismo;
12. Redução nos custos acrescidos de seguros;
13. Evitar danos da imagem do município;
14. Criar resiliência no sistema;
15. Gerar oportunidades na gestão do ciclo da água (embora não seja o seu foco, a presença da infraestrutura pode contribuir para este modo de gestão).

Estes benefícios podem ser quantificados e transformados em valores quantitativos e económicos (benefícios tangíveis), sendo que outros são classificados como não tangíveis, como risco de mortalidade e destruição de património. Seguidamente explica-se a metodologia proposta para a quantificação dos benefícios.

5.15.1.2 Metodologia

No sentido de avaliar se os benefícios equilibram os custos (tangíveis), a metodologia adotada compreende a estimativa dos benefícios do projeto, na perspetiva de quais podem ser os custos evitáveis (danos que não ocorrem já que o projeto reduz a ocorrência de inundações nesse lugar). Várias são as formas de categorizar os custos, podendo abranger por exemplo custos de danos (1) diretos, (2) associados à interrupção de atividades e (3) indiretos, bem como custos de mitigação (4) diretos e (5) indiretos (Meyer et al., 2013).

Quadro 5.15-1 - Categorização dos custos

Adaptada da fonte: (Penning-Rowsell et al., 2003; Smith and Ward, 1998)

		Custos tangíveis	Custos intangíveis
Custos de danos	**Diretos**	• Danos físicos em ativos: - Edifícios - Conteúdos - Infraestruturas	• Perdas de vidas • Efeitos na saúde • Perda de bens ambientais
	Interrupção de atividades	• Interrupção de produção por destruição de equipamentos	• Paragem e perda de serviços do ecossistema
	Indiretos	• Perdas de produção induzidas aos fornecedores e clientes de empresas diretamente afetadas pelo perigo	• Inconvenientes na recuperação pós-inundação • Aumento da vulnerabilidade dos sobreviventes
Custos de mitigação de riscos	**Diretos**	• Desenvolvimento de infraestruturas • Custos de operação e manutenção	• Danos ambientais: - Devido ao desenvolvimento de infraestruturas de mitigação - Devido a uma mudança nas práticas agrícolas
	Indiretos	• Custos induzidos noutros setores	

Muitos dos investimentos que estão a ser efetuadas no PDGL (e no projeto) podem ser categorizados como custos de mitigação dos riscos, designadamente associados ao investimento do projeto (85 M€) e custos de operação.

A determinação dos custos pode ser efetuada de acordo com diferentes abordagens, sendo algumas das mais utilizadas a determinação da redução dos danos (evitar os eventos que provocam esses danos) ou a disponibilidade para pagar (designado na literatura anglo saxónica como *willingness to pay*).

A análise dos benefícios é realizada considerando o período de funcionamento dos sistemas correspondente a 100 anos.

Estimar os custos tangíveis?

A modelação dos danos das inundações pode ser efetuada por uma variedade de modelos de avaliação de danos, que diferem substancialmente nas suas aproximações e estimativas económicas (B. Jongman, Kreibich, et al., 2012), sendo que todas as estimativas dos custos dispõem de um nível de incerteza importante (Meyer et al., 2013), desde logo na disponibilidade de dados fiáveis. Assim, pretende-se desenvolver uma abordagem numa lógica de possibilidade de inundação, área afetada, danos associados e custos. Para tal estimam-se os valores dos danos associados a inundações ocorridas, para casos internacionais e nacionais; identificam-se as zonas criticas da cidade de Lisboa em que se atenua a vulnerabilidade ao risco de inundação, analisa-se ainda a situação futura, após a construção dos túneis, para determinação das perdas evitáveis.

Estimar dados globais incluindo os intangíveis?

No caso dos custos intangíveis (ou não desejavelmente transformados nesse valor, como perdas de vidas humanas) utilizam-se os valores determinados no PGDL decorrentes da disponibilidade para pagar dos vários utentes (munícipes, trabalhadores e turistas).

A metodologia e estrutura considerada no subcapítulo é esquematizada na figura seguinte.

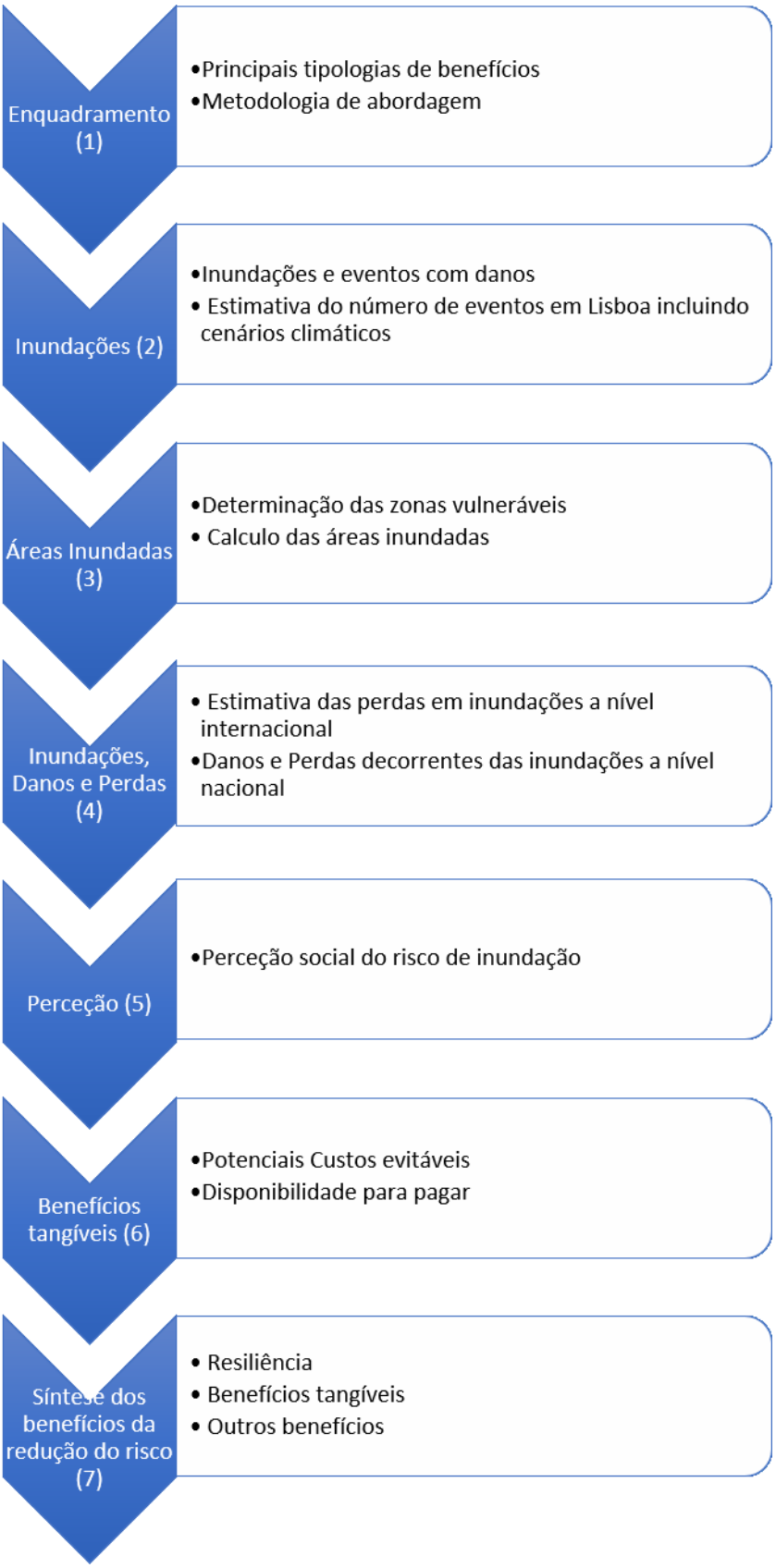


Figura 5.15-1 - Metodologia considerada na abordagem deste subcapítulo

Seguidamente referencia-se a metodologia e especificam-se os eventuais valores dos benefícios decorrentes das duas abordagens enunciadas, para o operação dos túneis.

5.15.2 Inundações

5.15.2.1 Inundações e eventos danosos em Portugal

Historicamente, e devido a características climáticas, Portugal tem frequentemente registado ocorrências de inundações, quer fluviais, quer urbanas. De acordo com Quaresma (2008), no período entre 1900 e 2006, a média anual de ocorrências hidro-geomorfológicas com perdas no território continental português tem vindo a crescer. Para um período semelhante (1900-2008), Quaresma e Zêzere (2011) concluíram que 82% dos eventos hidro-geomorfológicos em Portugal continental foram inundações (fluviais e urbanas) (Jacinto et al., 2015a).

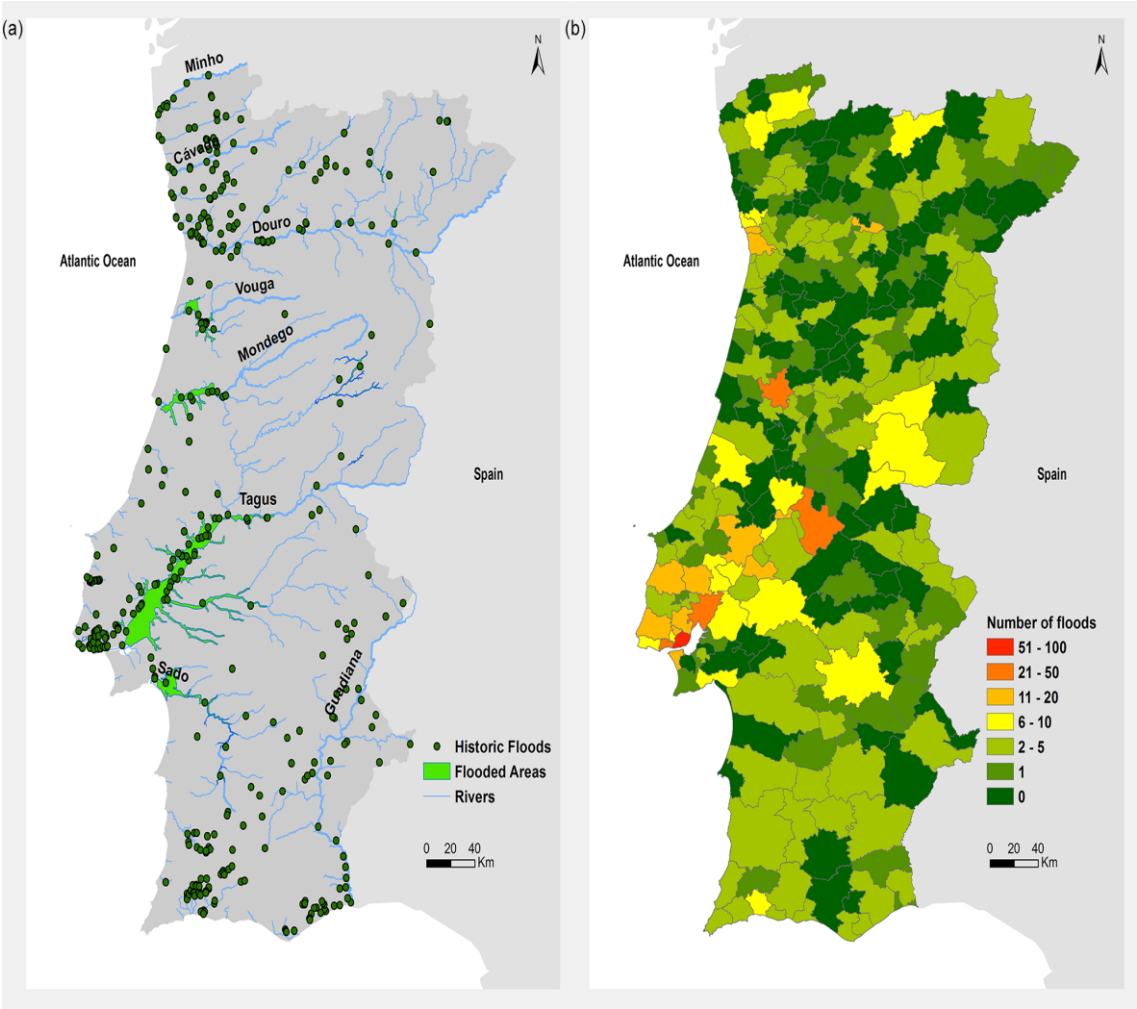


Figura 5.15-2 - Conjunto de dados externos sobre inundações fluviais utilizados neste trabalho: a) área inundada para o período de retorno de 100 anos nos principais rios portugueses e pontos com inundações históricas, baseado em registos da proteção civil e informação obtida em jornais; b) número de ocorrências com danos consideráveis que ocorreram no último século, por município
Adaptado de (Quaresma, 2008) e (Jacinto et al, 2015)

Embora não sejam o evento com maiores responsabilidades na mortalidade (veja-se por exemplo que, em 2015, segundo a avaliação dos desastres naturais, as temperaturas extremas foram responsáveis pela mortalidade em mais de 95 % dos casos), as inundações fluviais são o fenómeno de desastres naturais com maior frequência, isto é, 29.6 % (GAR, 2016).

Segundo Quaresma (2008), durante o último século, Lisboa foi a região com o maior número de eventos hidrológicos com danos registados (enquadrada na classe de 51 a 100 inundações). **Assim, Lisboa é o concelho com mais ocorrências de**

eventos hidrológicos associados à ocorrência de inundações fluviais registadas em Portugal, com um total de 84 casos nos 107 anos considerados na análise (Quaresma, 2008: 63)

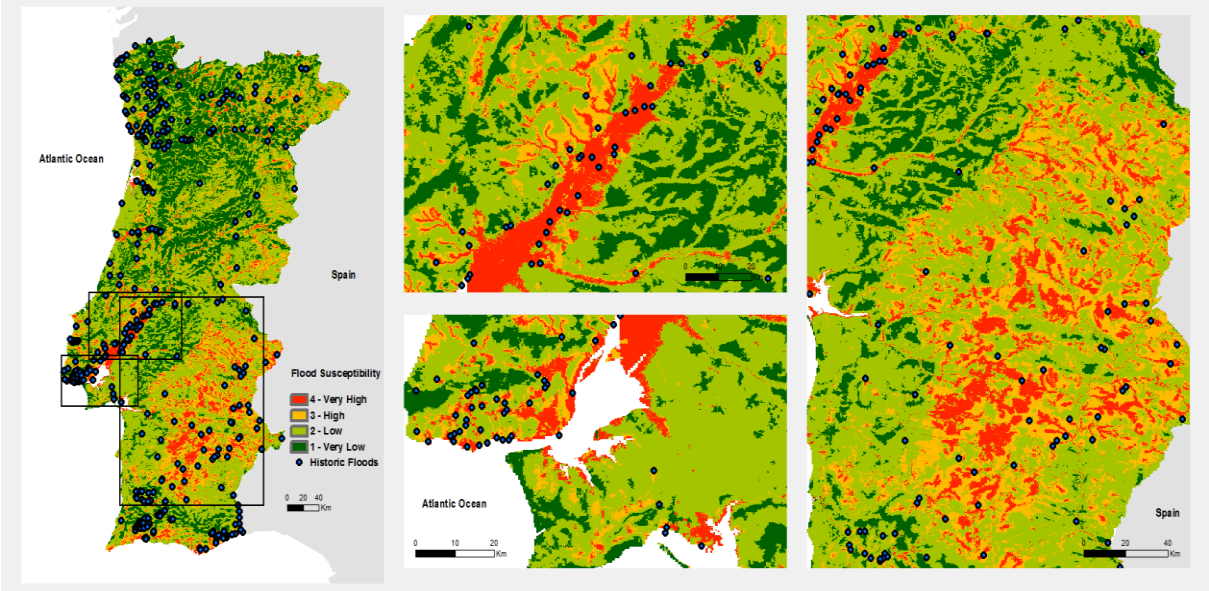


Figura 5.15-3 - Comparação do índice de suscetibilidade à inundação com eventos de cheia, cedido pelo Instituto da Água para a) Portugal, b) Bacia do Tejo, c) cidades de Lisboa e Setúbal e d) Região do Alentejo

5.15.2.2 Inundações e eventos danosos em Lisboa

No âmbito do projeto CIRAC, Garrett, (P. Garrett, Grosso L., & Dias, 2013), entre outros, descreve a metodologia usada para a análise de eventos extremos de precipitação e a respetiva construção de cenários climáticos. Para tal, apresenta uma metodologia para cálculo dos períodos de retorno de uma determinada precipitação, aplicado a vários casos, incluindo Lisboa.

A análise de dados tem como objetivo fornecer informações gerais sobre eventos extremos de precipitação relacionados com inundações. A cidade de Lisboa é uma zona urbana com elevada densidade populacional e um tecido urbano igualmente denso. Nesta área, as inundações, geralmente, ocorrem devido a fortes chuvadas em curtos períodos de tempo causando perdas em bens e edifícios.

A precipitação máxima em 24 horas, por ano, em Lisboa, foi utilizada para ajustar uma função de densidade de probabilidade que reflete a probabilidade de não-excedência de uma determinada precipitação. A Figura 5.15-4 mostra a variabilidade interanual da precipitação máxima entre 1961 e 2001, enquanto a Figura 5.15-5 diz respeito ao número de eventos acima do percentil 99 como um indicador da frequência anual de eventos extremos de precipitação para o mesmo período.

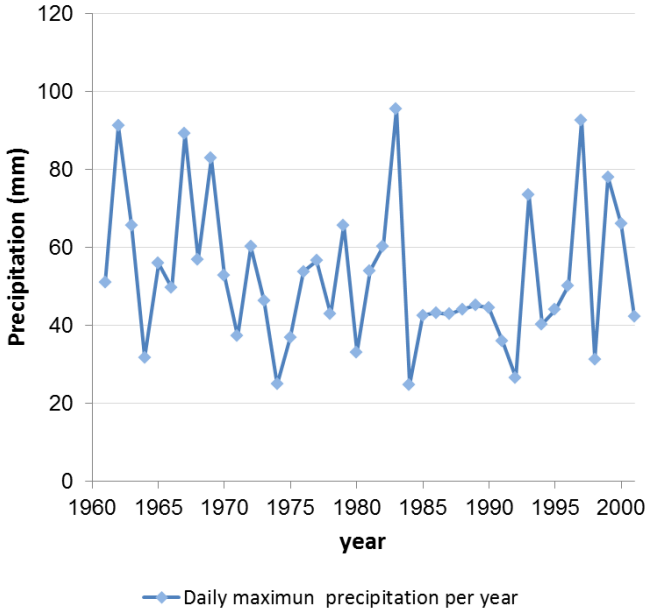


Figura 5.15-4 – Precipitação máxima anual (mm) entre 1961 e 2001 para a estação meteorológica Lisboa-Geofísico

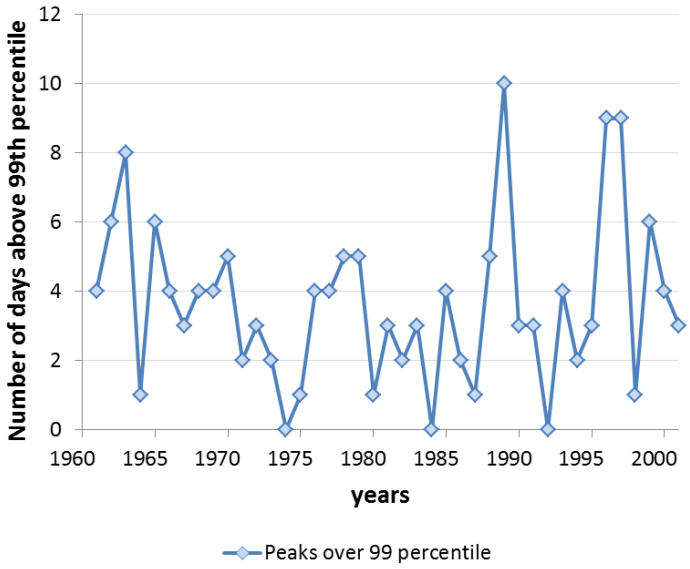


Figura 5.15-5 - Número de dias acima do percentil 99 entre 1961 e 2001 para a estação meteorológica Lisboa-Geofísico

A análise do número de dias de precipitação acima do percentil 99, em Lisboa, durante o período de 40 anos em estudo (1961-2001), mostra que na maior parte dos anos se verifica, pelo menos, um dia acima do referido percentil (exceção em 3 anos que não ocorrem). Em diversos anos existem mais do que 4 dias de precipitação acima do percentil 99, por ano.

Número de inundações relevantes (análise histórica)

Um sistema de drenagem, com vários anos e dimensionado para períodos de retorno reduzidos, conjugado com uma elevada impermeabilização das zonas urbanas, como Lisboa, terá sempre as chamadas cheias rápidas quando houver grandes chuvadas (Matos, 2014).

No estudo (Oliveira, 2005) sobre o número de inundações ao longo do período de 80 anos (1918/19-1997/98), em Lisboa, é possível obter algumas conclusões acerca da frequência anual destes eventos, bem como da localização das zonas com maior

registo de inundações na cidade de Lisboa. O levantamento das inundações foi realizado com base numa pesquisa da imprensa diária, complementada por uma lista de dias em que a precipitação diária foi igual ou superior a 10 l/m^2.

Dividindo o período de 1918/19-1997/98 em três subperíodos: I de 1918/19 a 1934/35, II de 1935/36 a 1969/70 e III de 1970/71 a 1997/98, **verificou-se que nos períodos I e III ocorreram, em média, apenas 3 inundações por ano, enquanto no período II a frequência foi mais elevada, com 8 inundações por ano. No período dos 80 anos considerados, verificaram-se 415 inundações.** Sendo que as zonas mais baixas da cidade, zona baixa de Alcântara, Cais do Sodré, Rossio, Martim Moniz, Xabregas e Chelas, mantêm-se com valores maiores relativos de inundações no período III (Oliveira, 2005).

A análise do período de 1918/19 a 1997/98 (Figura 5.15-18) mostra que, a partir dos anos 70, as inundações diminuíram consideravelmente, ao mesmo tempo que aumentou o volume total das chuvadas e a precipitação máxima horária correspondente (Oliveira & Ramos, 2002). A diminuição do número de inundações reflete a melhoria efetiva que se verificou no sistema de drenagem de águas residuais e pluviais na cidade a partir do início da década de 70, facto que levou a que as inundações passassem a ocorrer mais pontualmente no tempo e de uma forma mais localizada no espaço (Oliveira, 2005).

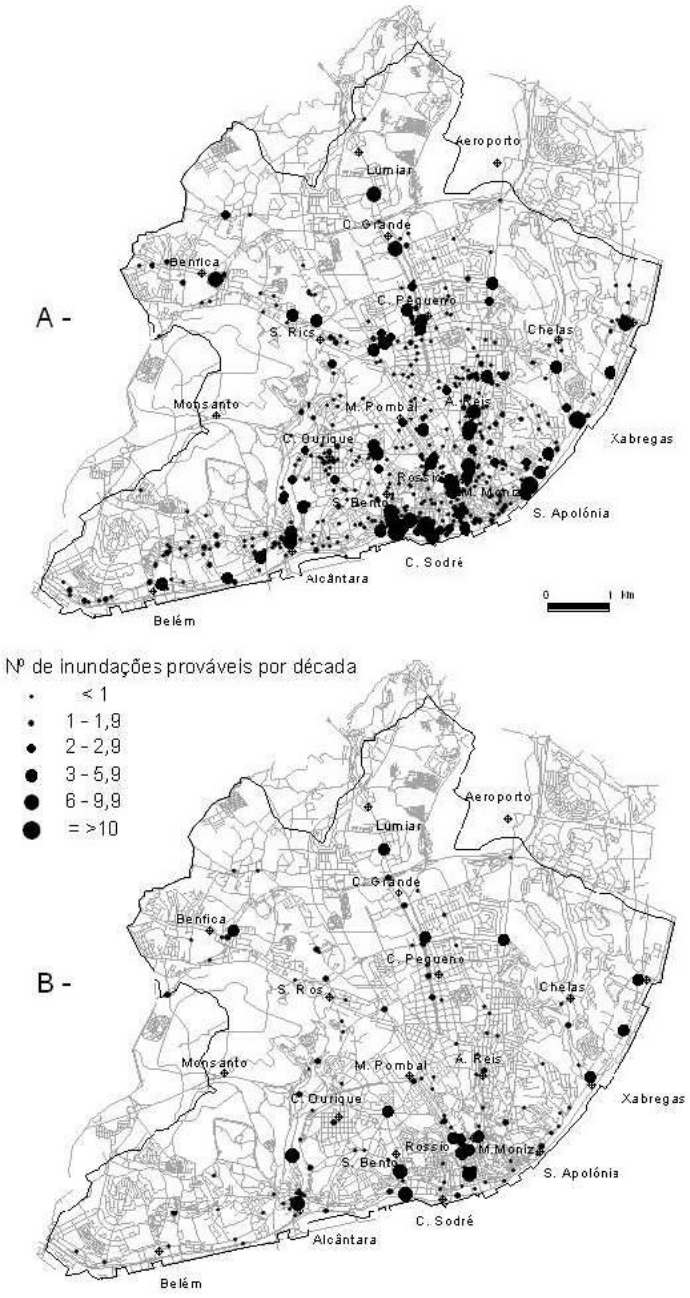


Figura 5.15-6 - Nº médio de inundações por década em cada local inundado na cidade de Lisboa:
A- (com mais de dois episódios) entre 1918/19 e 1997/98; B - entre 1970/71 e 1997/98
Fonte: (Oliveira, 2005)

Analisando o número médio de inundações por década, no período mais recente, evidencia-se que em zonas como baixa de Alcântara, Baixa Pombalina, Xabregas e Beato, ocorrem, em média, 3 ou mais inundações por década, ou seja, com um período de retorno associado na ordem dos 3 anos.

Características dos eventos de precipitação

Os eventos de precipitação que estiveram na origem das inundações ao longo do período de 60 anos (1930 a 1997/98) foram caracterizadas por Oliveira e Ramos, através de quatro parâmetros distintos: duração do evento de precipitação, valor total do evento de precipitação, precipitação horária máxima e hora de ocorrência desta, definidos a partir do valor da precipitação

ocorrida em cada hora específica (0-1h, 1-2h,..., 23-24h), referente ao período exato em que o episódio ocorreu (Oliveira & Ramos, 2002).

A grande maioria dos episódios de inundação, cerca de 84% (324 ocorrências), tiveram origem em eventos de precipitação de duração ≤ 6 horas (fig. A), situando-se as mais frequentes (43%) entre 2 e 3 horas. O valor máximo ocorreu em janeiro de 1958 (24h de duração) (Oliveira & Ramos, 2002).

O valor total do evento de precipitação foi inferior a 40 l/m² em 92% das ocorrências (Figura 5.15-19 - B), registando a classe entre 10 e 20 l/m², por si só, 38% dos episódios. O valor máximo ocorreu em 19 de novembro de 1983 e foi de 95.1 l/m² (numa evento de precipitação que durou 12h) (Oliveira & Ramos, 2002).

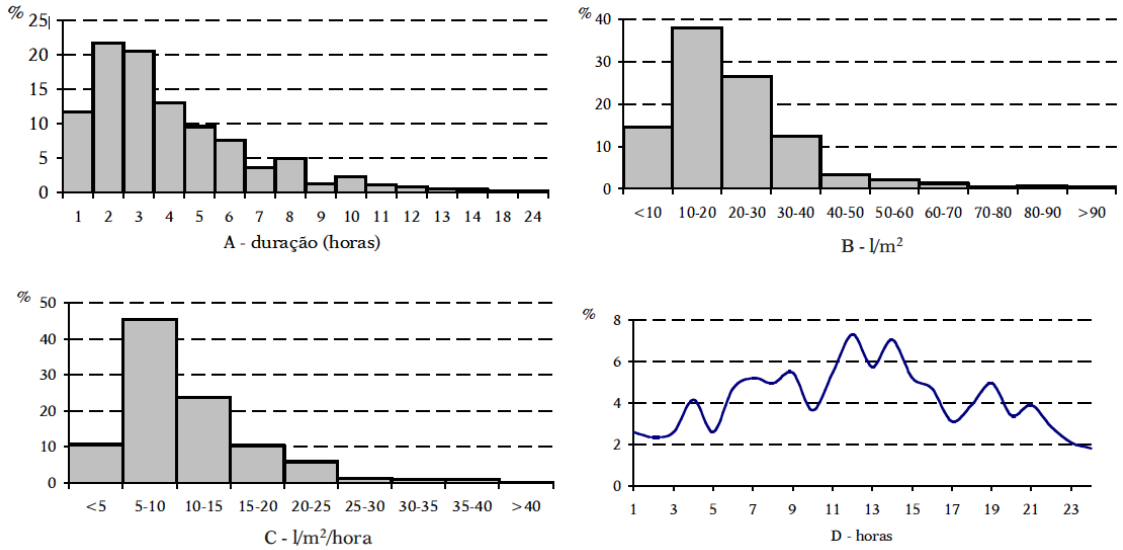


Figura 5.15-7 - Frequência relativa da duração dos eventos de precipitação (A), do valor total dos eventos de precipitação (B), da precipitação máxima horária (C) e da hora de ocorrência desta (D), entre 1930-31 e 1997-98

Fonte: (Oliveira & Ramos, 2002).

No Quadro 5.15-2 estão representados os 12 episódios em que se registaram os valores mais elevados dos três parâmetros pluviométricos, a saber: valor total da chuvada > 50 l/m², duração superior a 4h e precipitação máxima horária > 15 l/m² (Oliveira & Ramos, 2002).

Quadro 5.15-2 – Eventos de precipitação mais significativos entre 1930/31 a 1997/98, na cidade de Lisboa

Fonte: (Oliveira & Ramos, 2002)

Data da ocorrência	Valor Total (l/m²)	Duração (h)	P. Máx. Horária (l/m²/h)	P. Máx. Horária em relação ao valor total	Precipitação média horária (l/m²)
23/09/43	62.4	11	23.7	38	5.7
22/01/59	55.8	11	18.8	32	5.3
10/10/62	63.7	5	30.2	47	12.7
14/10/65	53.6	8	24.5	46	6.7
25/11/67	88.6	14	26.1	29	6.3
09/01/69	77.0	13	17.5	23	5.9
31/01/72	51.0	8	15.8	31	6.4
10/02/79	67.8	11	38.1	56	6.2
19/11/83	95.1	12	35.1	37	7.9

Data da ocorrência	Valor Total (l/m²)	Duração (h)	P. Máx. Horária (l/m²/h)	P. Máx. Horária em relação ao valor total	Precipitação média horária (l/m²)
18/05/97	52.5	6	28.8	55	8.8
18/10/97	84.9	5	42.6	50	17.0
02/11/97	87.8	8	36.1	41	11.0

Durante 68 anos houve 12 inundações de elevada magnitude de precipitação/duração o que, se projetado para um século, se traduz em 18 inundações de elevada magnitude, ou seja uma de 5.6 em 5.6 anos (Oliveira & Ramos, 2002).

Apresentam-se na Figura 5.15-20 registos da precipitação horária ocorrida no dia 25 e 26 de novembro de 1967 (TRIGO et al., 2016), que deu origem a inundações muito graves, com 522 mortos e elevados prejuízos materiais. O evento foi caracterizado por uma intensidade de precipitação horária relativamente moderada, maioritariamente, abaixo dos 30 mm (Figura 5.15-8), associada a uma duração elevada (das 19 às 23 horas, do dia 25 de novembro).

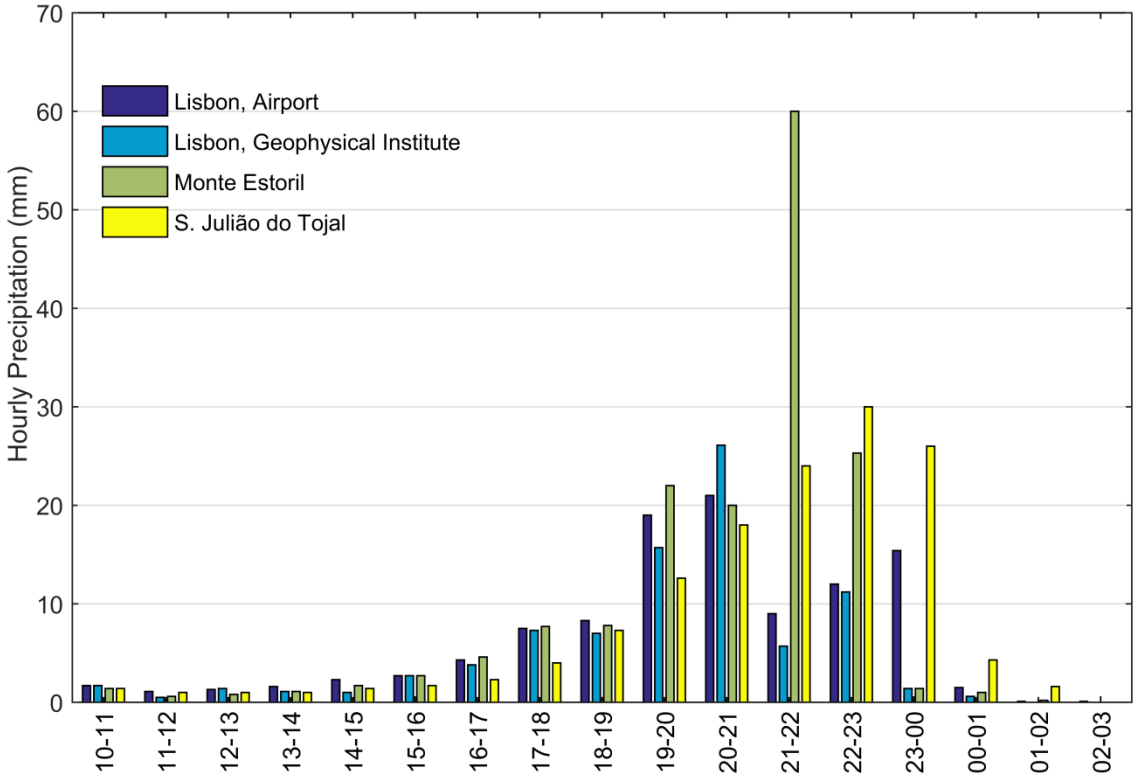


Figura 5.15-8 – Precipitação horária registada em quatro estações existentes na região de Lisboa iniciando-se às 10:00 (UTC) de 25 novembro e terminando às 3:00 (UTC) de 26 de novembro às 1967

Fonte: Instituto Português do Mar e da Atmosfera citada por (TRIGO et al., 2016)

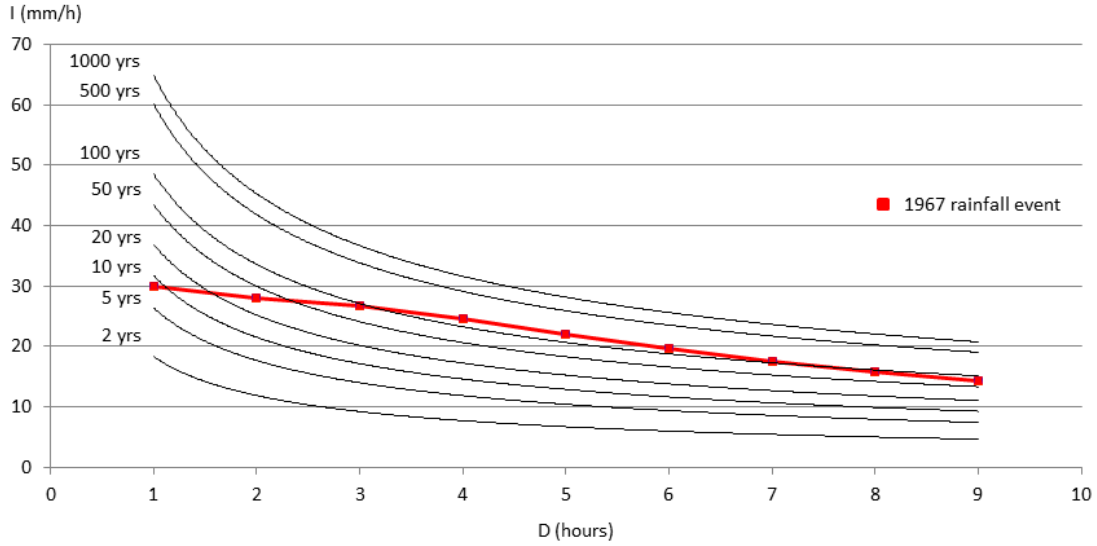


Figura 5.15-9 – Curva IDF para o período de retorno de 2 a 1 000 anos em São Julião do Tojal e registos do evento de precipitação de 25 e 26 de novembro de 1967

Fonte: (TRIGO et al., 2016)

Analisando conjuntamente as curvas IDF estabelecidas para a Estação Meteorológica de S. Julião do Tojal e os registos do evento de precipitação de 25 e 26 de novembro de 1967 (Figura 5.15-21), na mesma estação, é possível verificar que, para uma duração de 4 horas, o período de retorno associado é de 100 anos. O mesmo acontece para durações superiores (4 a 9 horas). Tal determina que este evento seja, de facto, considerado excecional.

Modelação de inundações urbanas em Lisboa

Uma boa compreensão de todos os processos que originam inundações urbanas pode ajudar a identificar as áreas onde o risco é elevado e realizar uma avaliação das medidas de mitigação (Jha et al., 2011). Os modelos numéricos podem ser usados para simular processos envolvidos durante as inundações urbanas, sendo, portanto, ferramentas valiosas para suportar a tomada de decisões (Action Modulers, 2013).

Na análise das inundações urbanas em Lisboa foi utilizada uma versão integrada do MOHID Land e do Modelo SWMM. Foram estabelecidos regimes de precipitação considerando diferentes períodos de retorno (2, 5, 10, 20, 50, 100 e 500 anos) segundo os registos históricos e os hietogramas de projeto Intensidade-Duração-Frequência (IDF). Os registos históricos de precipitação foram obtidos em estações meteorológicas próximas (Action Modulers, 2013). Embora o projeto abranja várias áreas, como Baixa de Lisboa, zona baixa de Alcântara, Beato e Xabregas, sistematiza-se a análise efetuada para uma destas áreas, nomeadamente a Baixa de Lisboa.

A Baixa de Lisboa está localizada na confluência de dois pequenos rios, um localizado sob a Avenida Almirante Reis e outro localizado sob a Avenida da Liberdade. A bacia hidrográfica definida por estes dois pequenos rios tem uma dimensão aproximada de 3 km^2. Esta bacia localiza-se na sua totalidade no município de Lisboa e está quase completamente urbanizada (Action Modulers, 2013). A Figura 5.15-10 mostra os limites da bacia hidrográfica considerada, sendo o sistema de drenagem de águas pluviais apresentado na Figura 5.15-11.

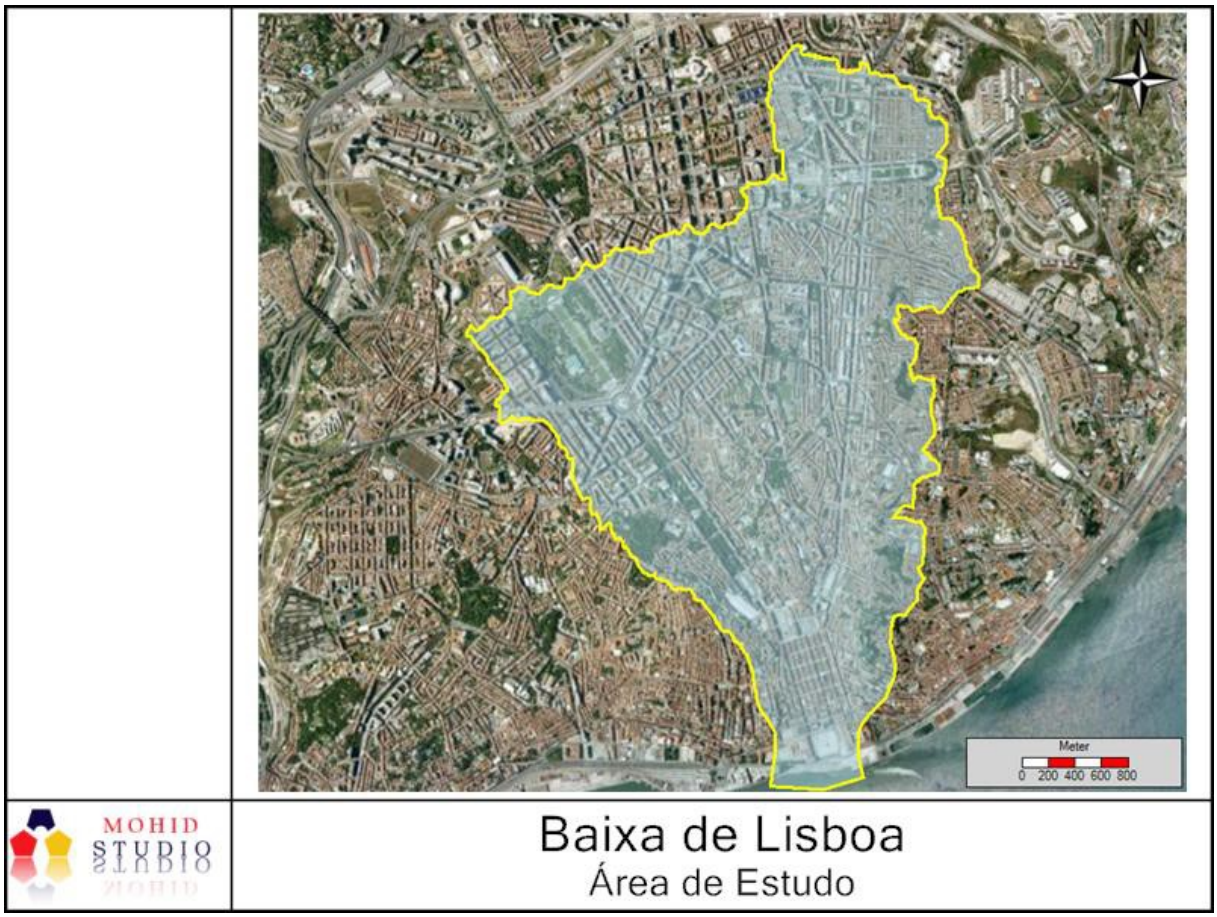


Figura 5.15-10 - Bacia hidrográfica localizada na Baixa de Lisboa

Fonte: (Action Modulers, 2013)

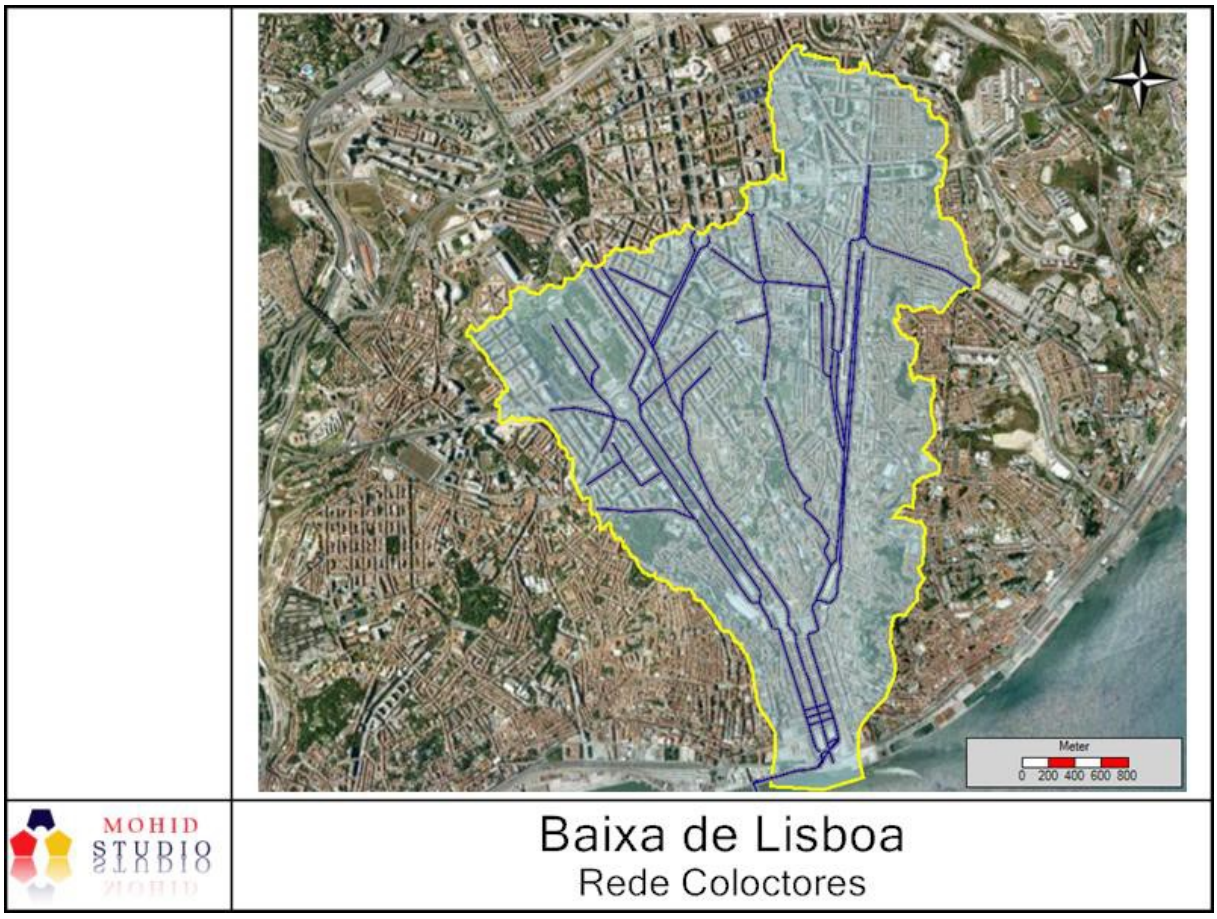


Figura 5.15-11 – Sistema de drenagem de águas pluviais com o modelo SWMM

Fonte: (Action Modulers, 2013)

A titulo de exemplo nas figuras seguintes apresenta-se o modelo digital de terreno (Figura 5.15-12) e a impermeabilização do solo (Figura 5.15-13) utilizados como dados de entrada no MOHID Land.

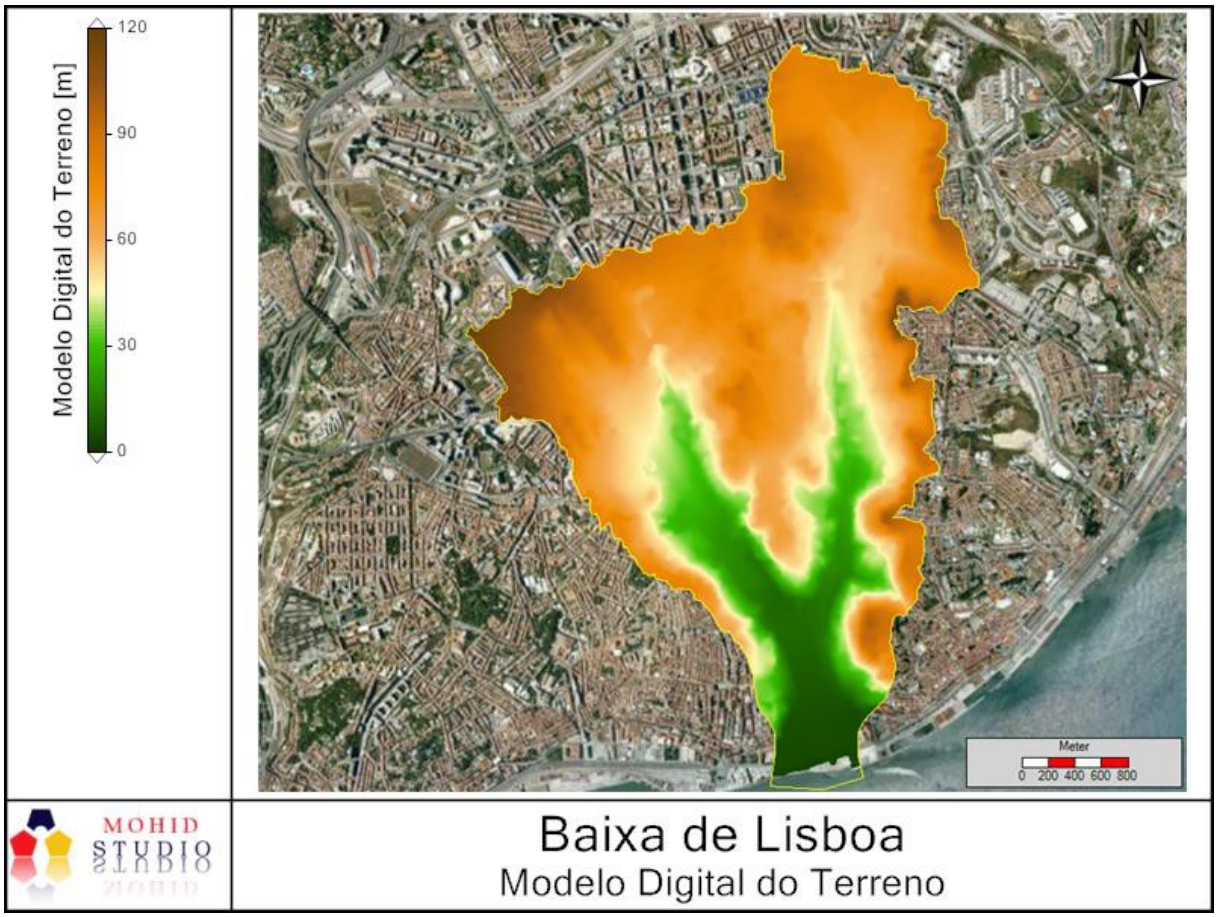


Figura 5.15-12 - Modelo digital do terreno utilizado no MOHID Land

Fonte: (Action Modulers, 2013)

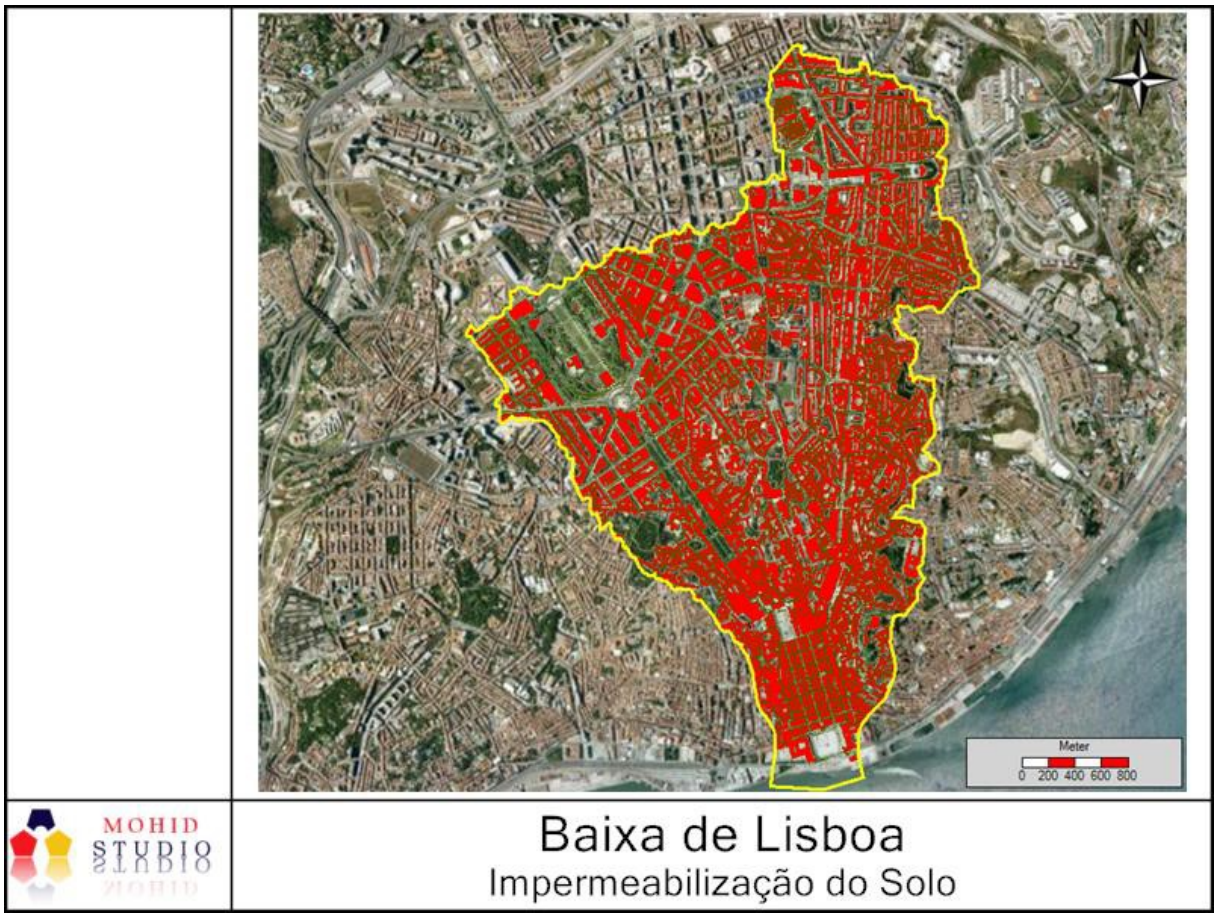


Figura 5.15-13 – Impermeabilização do solo estimada (obtida considerando os edifícios e estradas)

Fonte: (Action Modulers, 2013)

A modelação do comportamento hidráulico foi desenvolvida para os períodos de retorno 2, 5, 10, 20, 50, 100 e 500 anos e para um evento recente (19 de outubro de 2008).

A Figura 5.15-14 e Figura 5.15-15 mostram alguns dos resultados obtidos, nomeadamente a propagação de uma inundação com período de retorno de 100 anos, na Baixa de Lisboa. O nível de inundação à superfície está representado na escala com tons de azul e a percentagem de ocupação no sistema de drenagem está representada na escala de cores que varia entre o verde (vazio) e vermelho (cheio). Pela análise da Figura 5.15-14 e da Figura 5.15-15 é possível observar a gravidade associada à ocorrência de um evento de precipitação com período de retorno de retorno de 100 anos no centro da cidade de Lisboa. Dos resultados apresentados destaca-se a dimensão da inundação na Baixa de Lisboa.

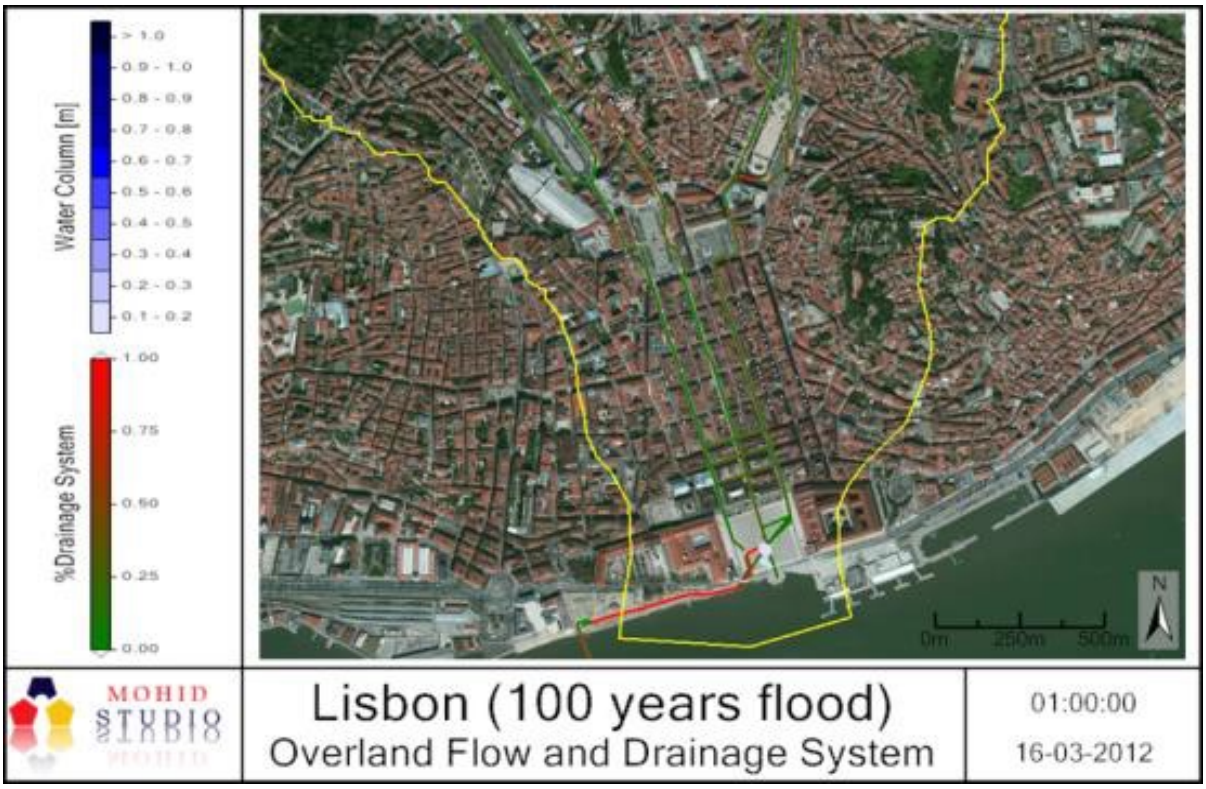


Figura 5.15-14 – Representação do desempenho do sistema quando solicitado por um evento de precipitação de projeto com um período de retorno de 100 anos na Baixa de Lisboa (após 1h)

Fonte: (Action Modulers, 2013)

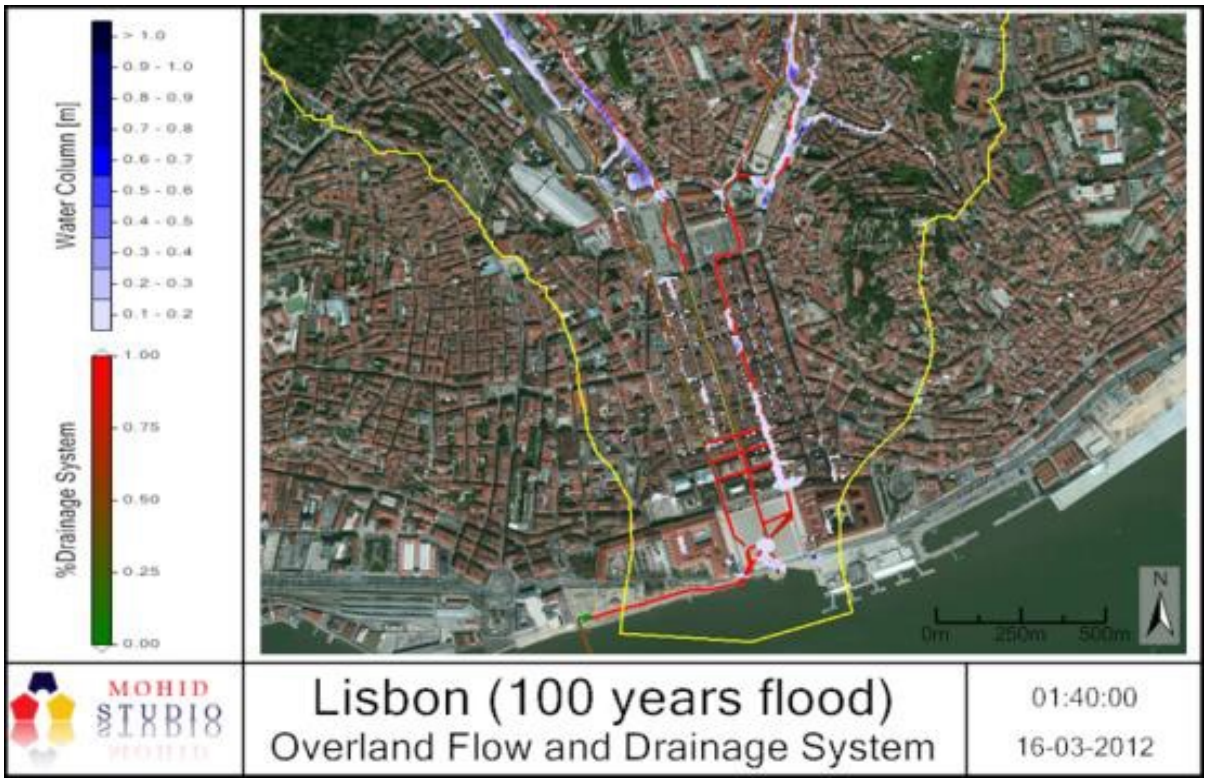


Figura 5.15-15 – Representação do desempenho do sistema quando solicitado por um evento de precipitação de projeto com um período de retorno de 100 anos na Baixa de Lisboa (após 1h 40min)

Fonte: (Action Modulers, 2013)

A 19 de outubro de 2008 ocorreu em Lisboa um evento de precipitação que causou inundações na Baixa da cidade. Este evento foi utilizado para validação do modelo. Na Figura 5.15-16 apresentam-se os níveis máximos de inundação simulados (nota: a legenda da figura indica 2012, mas os dados utilizados correspondem ao evento de 2008).

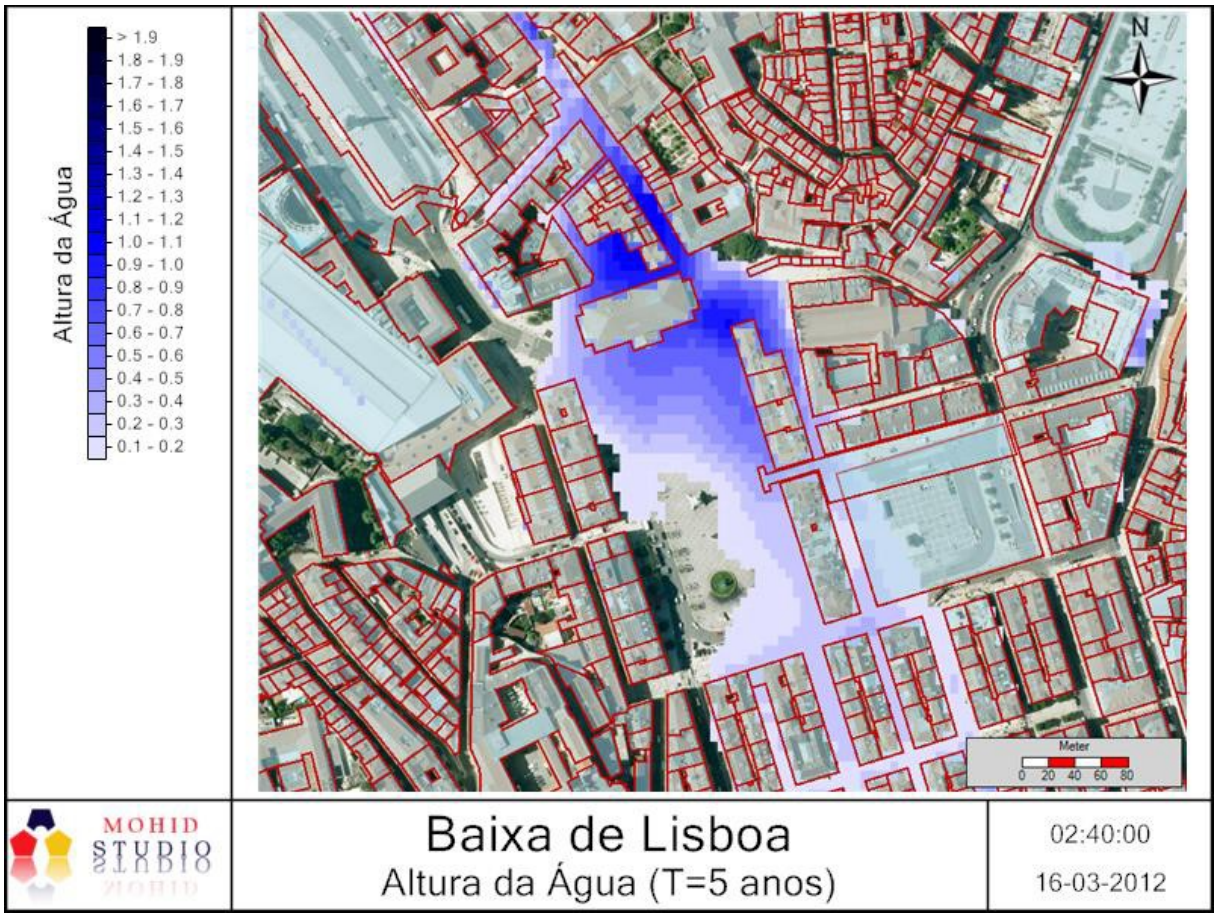


Figura 5.15-16 - Simulação dos níveis máximos de inundação para o evento de 19 de outubro de 2008

Fonte: (Action Modulers, 2013)

As Figuras 5.15-17 a 5.15-19 correspondem a fotografias obtidas perto do Teatro Dona Maria, na Baixa de Lisboa durante a inundação de 2008. A Figura 5.15-17 mostra os danos causados pela inundação na rua do Coliseu de Lisboa, onde os carros estão submersos. Os resultados do modelo mostram para esta rua uma altura de água de aproximadamente 1 metro. A Figura 5.15-18 corresponde à zona em frente ao Teatro Dona Maria onde a altura de água parece menor, o que está de acordo com os resultados do modelo (altura de água de aproximadamente 0.3 metros). Por último, a Figura 5.15-19 mostra a Praça do Rossio parcialmente submersa, revelando novamente coerência com o observado nos resultados do modelo.

Figura 5.15-17 – Inundações decorrentes do evento de precipitação de 2008 (Rua do Coliseu), T = 5 anos

Figura 5.15-18 – Inundações decorrentes do evento de precipitação de 2008 (em frente ao Teatro Dona Maria), T = 5 anos

Figura 5.15-19 – Inundações decorrentes do evento de precipitação de 2008 (Praça do Rossio), T = 5 anos

De acordo com o estudo da modelação numérica efetuado no âmbito do projeto CIRAC (Action Modulers, 2013) para a zona da Baixa de Lisboa, cujos resultados **permitem reproduzir ocorrências reais,** tal como se evidencia no caso da inundação de 2008 em Lisboa, pode afirmar-se que o modelo está adequadamente calibrado. Os resultados obtidos permitem, assim, concluir que:

- a inundação ocorrida a 19 de outubro de 2008, se traduz em efeitos significativos, denunciando a necessidade de uma intervenção estrutural no sistema drenagem;
- o sistema de drenagem já não dispõe de capacidade de drenagem mesmo com períodos de retorno reduzidos, como por exemplo de cinco anos sendo que já ocorrem inundações significativas;
- a inundação abrange grande parte da área da Baixa de Lisboa, afetando a via pública, edifícios, metro, entre outros;
- numa inundação com período de retorno de 100 anos, a situação agrava-se estruturalmente já que ao fim de 1h40 o sistema ultrapassa largamente a sua capacidade.

Cenários climáticos para Lisboa

As projeções climáticas para Lisboa até ao final do século apontam, entre outros cenários, para uma potencial diminuição anual do número de dias com precipitação, bem como um aumento da frequência de eventos de precipitação intensa ou muito intensa (CML, 2016a).

As alterações na precipitação não se preveem uniformes. Por exemplo, em muitas das regiões secas das latitudes médias e subtropicais, é provável que se observe uma diminuição da precipitação média anual, enquanto nas regiões húmidas das latitudes médias a precipitação provavelmente aumentará. À medida que a temperatura global à superfície aumenta, é também muito provável que os eventos de precipitação extrema se tornem mais frequentes e intensos, na maioria das superfícies continentais das latitudes médias e nas regiões tropicais húmidas (CML, 2016a).

No âmbito da EMAAC foi simulada a resposta do sistema climático a diferentes alterações naturais e/ou antropogénicas. Para tal, foram utilizados modelos climáticos específicos. Deste modo, foi possível elaborar projeções do clima futuro para diferentes escalas temporais e espaciais.

As projeções climáticas apresentadas na EMAAC foram elaboradas com base em dois modelos regionalizados para a Europa pelo projeto CORDEX[4] a partir de dois modelos globais:

- Modelo 1: SMHI-RCA4 (regional), a partir do MOHC-HadGEM2 (global);
- Modelo 2: KNMI-RACMO22E (regional), a partir do ICHEC-EC-EARTH (global).

A elaboração de projeções climáticas pressupõe a utilização de cenários de emissões de GEE como dados de entrada (*inputs*) nos modelos climáticos, designados por *Representative Concentration Pathways* (RCP) (IPCC, 2013). Estes cenários representam possíveis evoluções socioeconómicas e respetivas emissões de GEE.

A partir de uma concentração atual de CO_2 que ronda as 400 ppm (partes por milhão) dois RCPs foram utilizados na EMAAC:

- RCP4.5: uma trajetória de aumento da concentração de CO_2 atmosférico até 520 ppm em 2070, aumentando de forma mais lenta até ao final do século;
- RCP8.5: uma trajetória de crescimento semelhante ao RCP4.5 até meio do século, seguida de um aumento rápido e acentuado, atingindo uma concentração de CO_2 de 950 ppm no final do século.

De forma a identificar as potenciais alterações (anomalias) projetadas entre o clima atual e futuro, todos os cálculos foram simulados para três períodos de trinta anos (normais climáticas):

- 1976-2005 (clima atual);
- 2041-2070 (médio-prazo);
- 2071-2100 (longo-prazo).

A anomalia climática consiste na diferença do valor de uma variável climática, num dado período de 30 anos, relativamente ao período de referência (neste caso os dados simulados para 1976-2005) (CML, 2016a).

Com base nos modelos e cenários climáticos referidos, projetaram-se as anomalias climáticas para a precipitação média anual (mm) e para o número médio de dias de chuva por ano, simuladas para os períodos correspondentes a médio (2041-2070) e longo prazo (2071-2100), relativamente ao período de referência, correspondente ao clima atual (1976-2005).

Projeções climáticas médias

Ambos os cenários e modelos projetam uma diminuição da precipitação média anual no município de Lisboa, até ao final do século (Quadro 5.15-3). Consoante o cenário e modelo escolhido, as projeções apontam para uma redução que pode variar entre 4% a 51%, relativamente aos valores observados no período 1976-2005, durante o qual foi registada uma precipitação média anual de 708 mm no município (CML, 2016a).

[4] http://wcrp-cordex.ipsl.jussieu.fr/

Quadro 5.15-3 - Projeção das anomalias da precipitação média anual (mm), para ambos os modelos e cenários, até ao final do século para o município de Lisboa

Fonte: (CML, 2016a)

	Modelo climático	Histórico modelado (1976-2005)	Anomalias			
			RCP4.5		RCP8.5	
			2041-2070	2071-2100	2041-2070	2071-2100
Precipitação média anual (mm)	1	708	↘ -147	↘ -185	↘ -266	↘ -361
	2		↘ -51	→ -27	↘ -54	↘ -76

As anomalias projetadas até ao final do século relativamente às médias sazonais da precipitação, apontam para reduções na primavera (com variações entre 9% a 66%), verão (13% a 88%) e outono (6% a 50%), como apresentado na Figura 5.15-20. Em relação ao inverno, as projeções não apresentam um sinal inequívoco, com as anomalias para o final do século a variarem entre uma diminuição de até 40% e um aumento de 6% (CML, 2016a).

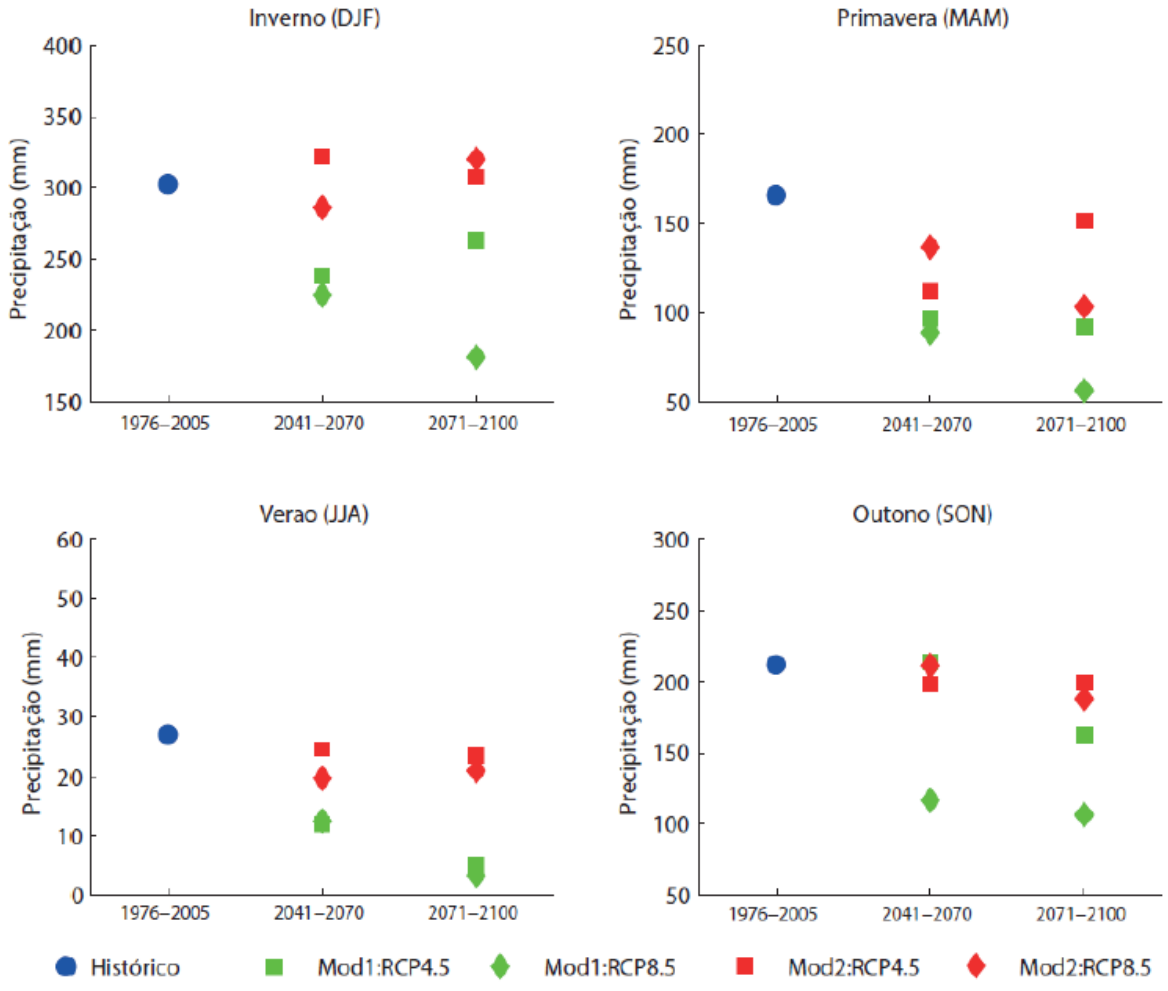


Figura 5.15-20 - Projeções da precipitação média (mm) por estação do ano (medias sazonais), para ambos os modelos e cenários, até ao final do século

Fonte: (CML, 2016a)

Projeções climáticas (indicadores e índices extremos)

Em ambos os modelos e cenários é projetada uma diminuição (entre 11 e 35 dias) no número médio anual de dias com precipitação, até ao final do século (Quadro 5.15-4). Em termos sazonais, é projetado um decréscimo no número de dias com precipitação em todas as estações, sendo esta diminuição mais acentuada no inverno (até 10 dias) (CML, 2016a).

Quadro 5.15-4 - Projeção das anomalias dos indicadores de extremos para a precipitação, para ambos os modelos e cenários, até ao final do século para o município de Lisboa

Fonte: (CML, 2016a)

	Modelo climático	Histórico modelado (1976-2005)	Anomalias			
			RCP4.5		RCP8.5	
			2041-2070	2071-2100	2041-2070	2071-2100
N° médio de dias de chuva por ano	1	102	↘ -16	↘ -19	↘ -22	↘ -35
	2	95	↘ -12	↘ -11	↘ -7	↘ -15

No contexto dos extremos de precipitação, existem vários estudos (ver e.g. Dias, 2016; Soares, Cardoso, Ferreira, & Miranda, 2015) que concluem um aumento de episódios de precipitação intensa ou muito intensa para a cidade de Lisboa. Esta situação verifica-se não só para a intensidade como para a frequência desses episódios, uma vez que a precipitação associada a um período de retorno de 100 anos no presente passará a ocorrer em média de 20 em 20 anos, no meio do século, e a precipitação associada a um período de retorno de 2 anos, no presente, terá um aumento de 18% também para o meio do século (Dias, 2016).

Assim, relativamente à precipitação intensa, tanto a frequência como a magnitude tendem a aumentar até ao final do século (Soares et al., 2015; Dias, 2016), apesar de diminuir o número total de dias com precipitação.

Avaliação do risco climático

Com o intuito de avaliar de forma mais sistemática a potencial evolução dos riscos climáticos para o município de Lisboa, assim como apoiar a priorização dos diferentes riscos climáticos relativamente a potenciais necessidades de adaptação, foi elaborada uma análise baseada em matrizes de risco (CML, 2016a).

São considerados como prioritários todos os impactes que apresentem valores de risco climático iguais ou superiores a 6, no presente ou em qualquer um dos períodos futuros considerados (médio ou longo prazo).

Os resultados da análise de risco para a precipitação intensa são sumarizados no Quadro **5.15-5**.

Quadro **5.15-5** - Avaliação da evolução do risco climático para a precipitação intensa, para o município de Lisboa

Fonte: (CML, 2016a)

	Atual	**Médio prazo (2041-2070)**	**Longo prazo (2071-2100)**
Risco climático	4	6	6

Como referido, a precipitação intensa também vai aumentar tanto na frequência de ocorrência como na quantidade. Apesar de se projetar uma diminuição da precipitação média anual, o aumento da frequência de fenómenos extremos - precipitação excessiva, com aumento da sua intensidade e tempestades de inverno mais intensas, acompanhadas de chuva e vento forte – leva a um aumento, a médio prazo do nível de risco (CML, 2016a).

Pela análise da evolução do risco climático associado à ocorrência de precipitação intensa pode concluir-se que a médio prazo este risco aumenta 50 % face ao período atual.

Com base no número de inundações relevantes e características dos eventos de precipitação apresentados anteriormente, bem como considerando a evolução do risco climático prevista para Lisboa, definiu-se um cenário de inundações para o horizonte de projeto.

Cenário de inundações para o horizonte de projeto

No âmbito do EIA procedeu-se à definição de um cenário de referência a utilizar para determinação dos benefícios associados ao projeto. Para esse efeito considera-se um horizonte de projeto de 100 anos e estabelece-se uma tipologia de eventos a ocorrer durante esse período com diferentes períodos de retorno associados, fazendo-lhes corresponder danos de diferentes magnitudes.

A geração de um cenário é sempre complexo e depende de múltiplos fatores, como a precipitação, duração, evolução climática prevista, entre outros. Com base nos dados analisados é possível assumir um modo de análise distinto, que consiste em considerar a aplicação e explorar o conceito do período de retorno.

De acordo com estudos anteriores (Oliveira & Ramos, 2002), com base no número de inundações relevantes e suas características, uma inundação com significado pode ocorrer com um período de retorno de 3 anos, por exemplo. Se considerarmos a evolução do risco climático para a cidade de Lisboa, que prevê um aumento, a médio prazo, de 50% do risco climático associado à precipitação intensa, o cenário definido para o horizonte de projeto, utilizado para a determinação dos benefícios, constitui um cenário conservador.

Com base no cenário definido e seguindo o mesmo racional, uma inundação com período de retorno de 50 anos ocorre 2 vezes em 100 anos. De igual modo, uma inundação com um período de retorno igual ou superior a 10 anos ocorre 10 vezes; inundações com período de retorno igual ou superior a 5 anos ocorrem cerca de 20 vezes; e inundações com períodos de retorno superiores a 3 anos ocorrem cerca de 33 vezes. Naturalmente, nas 33 inundações com períodos de retorno superiores a 3 anos estão incluídas inundações com períodos de retorno de 5, 10 e 50 anos.

De acordo com as premissas assumidas, apresenta-se no Quadro 5.15-6 a estimativa do número de inundações por classe de período de retorno.

Quadro 5.15-6 - Estimativa do número de inundações por classe de período de retorno

Período de retorno	Nº inundações	Valor acumulado
50 anos ou mais	2	2
10 e menos de 50 anos	8	10
5 e menos de 10 anos	10	20
3 e menos de 5 anos	13	33

Pela análise efetuada estima-se que ocorra uma inundação com alguns danos de 3 em 3 anos. Por conseguinte, para a classe de período de retorno entre 3 e menos de 5 anos, para o horizonte de projeto considerado, uma inundação com estas características ocorre 13 vezes. **No entanto, esta análise concentra-se em inundações com danos de maior significado, pelo que se consideram as inundações com períodos de retorno superiores a 5 anos como inundações que provocam danos significativos.**

Assim, tendo em conta o racional anterior e a avaliação pericial efetuada, para o horizonte de projeto de 100 anos, estima-se que ocorram as seguintes inundações com danos significativos:

- **10 inundações com danos elevados, enquadradas na classe de período de retorno entre 5 e 10 menos de anos;**
- **8 inundações com danos muito elevados, enquadradas na classe de período de retorno entre 10 e menos de 50 anos;**
- **2 inundações com danos catastróficos, enquadradas na classe de período de retorno de 50 anos ou mais.**

Considera-se que em 100 anos existem três tipologias de danos associados à ocorrência de inundações, dos quais resultam prejuízos proporcionais à sua magnitude. De acordo com os danos associados às classes de período de retorno apresentadas, assume-se que vão ocorrer 10 inundações com prejuízos elevados, 8 inundações com prejuízos muito elevados e 2 inundações com prejuízos de grande dimensão. Assim, para o horizonte de projeto de 100 anos, com base no cenário definido, considera-se que os túneis vão contribuir para reduzir os efeitos (danos e prejuízos decorrentes) de inundações com significado em cerca de 33 situações, sendo que, destas, 20 apresentam danos elevados ou superiores.

Para cálculo dos benefícios associados à operação dos túneis consideram-se as inundações com danos elevados ou superiores, num total de 20 situações para as quais os túneis vão contribuir para reduzir os efeitos resultantes.

Áreas vulneráveis à inundação

Em Lisboa, as áreas classificadas na Planta de Riscos Naturais I e Antrópicos do Plano Diretor Municipal com elevada e muito elevada vulnerabilidade ao risco de inundação atingem um valor de 6 413 700 m², o que corresponde a cerca de 6 % da área total do concelho (CML, 2012)**.**

Zonas com vulnerabilidade ao risco de inundação

Como referido anteriormente, o impacte resultante da operação dos túneis proporciona uma melhoria estrutural das condições de drenagem na cidade de Lisboa, que se traduz na redução significativa dos extravasamentos/inundações que atualmente ocorrem em zonas críticas da cidade.

Além do alivio do sistema a montante, os principais benefícios serão evidentes nas zonas a jusante das interceções de caudais pluviais excedentários pelos túneis, pelo que se procedeu à identificação das principais zonas beneficiadas. Para este efeito consideraram-se apenas as zonas com vulnerabilidade elevada e muito elevada, calculando-se as áreas em que a vulnerabilidade ao risco de inundação é reduzida por via da operação dos túneis.

Na figura seguinte apresentam-se as zonas com vulnerabilidade muito elevada, elevada e moderada ao risco de inundação, com base na Planta de Riscos Naturais I e Antrópicos do PDM de Lisboa. As zonas identificadas com limite vermelho correspondem às zonas em que se irá reduzir significativamente os extravasamentos/inundações resultando, portanto, numa redução da vulnerabilidade ao risco de inundação.

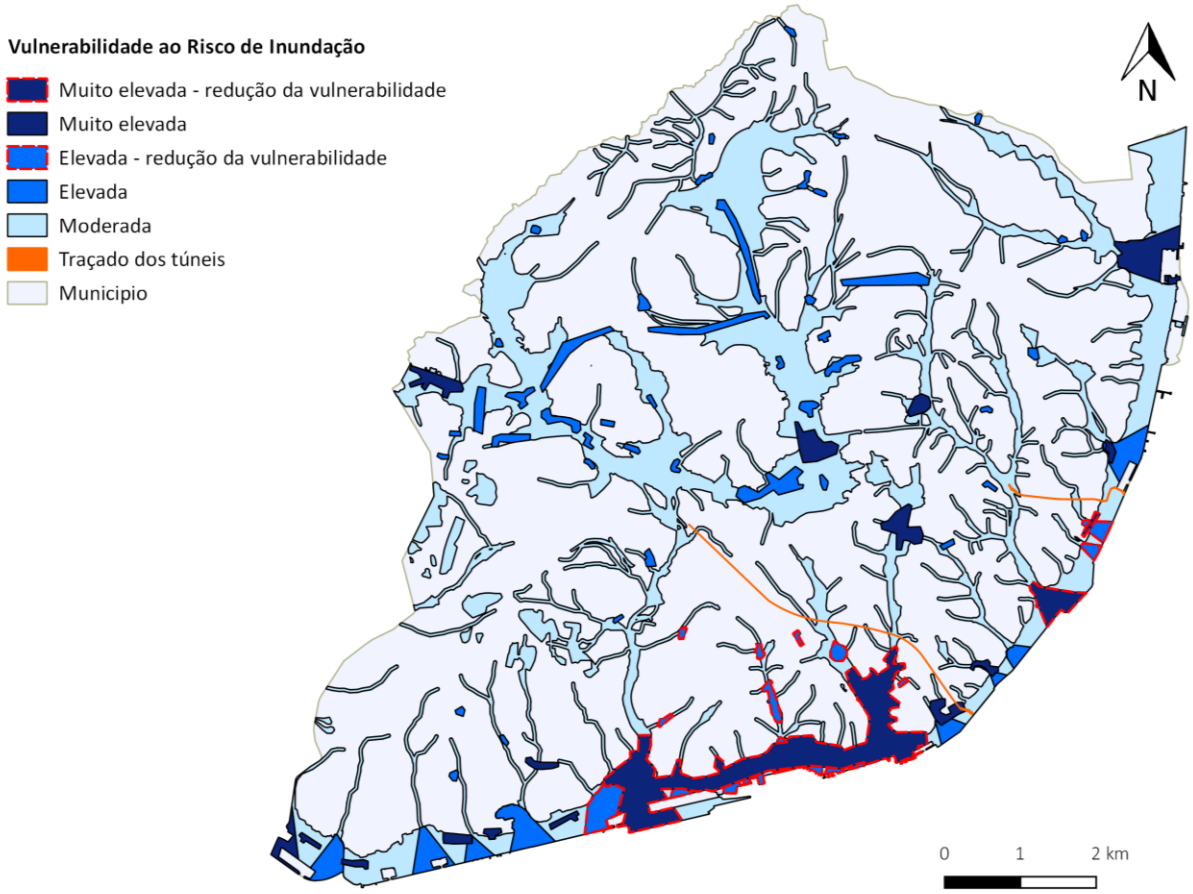


Figura 5.15-21 - Vulnerabilidade ao risco de inundação na cidade de Lisboa e potenciais zonas com redução da vulnerabilidade ao risco decorrente da operação dos túneis

Fonte: Planta de Riscos Naturais I e Antrópicos do PDM de Lisboa – Vulnerabilidade às Inundações (PDM Lisboa, 2012)

As principais zonas que beneficiam da operação dos túneis são, para o TMSA, a zona da Baixa Pombalina e zona da baixa de Alcântara e, para o TCB, a zona de Xabregas (Largo Marquês de Nisa e Rua Gualdim Pais).

Na sua totalidade, a redução de risco de inundação incide sobre uma área de cerca de 2 207 200 m^2 para zonas atualmente classificadas como zonas com muito elevada vulnerabilidade e 570 300 m^2 para zonas atualmente classificadas com elevada vulnerabilidade, sendo as mesmas identificadas no Quadro 5.15-1.

Quadro 5.15-1 – Identificação das áreas com redução de vulnerabilidade ao risco de inundação decorrente da operação dos túneis

Fonte: Carta de Riscos Naturais I do PDM de Lisboa – Vulnerabilidade às Inundações (PDM Lisboa, 2012)

Vulnerabilidade ao risco de inundação	Localização	Área (m²)
Muito elevada	Baixa até Alcântara	1 995 448
	Rua Gualdim Pais/ Largo Marquês de Nisa (Xabregas)	192 328
	Beato	19 381
	Total	**2 207 156**
Elevada	Beato	39 302
	Alcântara	233 708
	Outras zonas	297 331
	Total	**570 341**
TOTAL		**2 777 498**

Das áreas classificadas com elevada ou muito elevada vulnerabilidade ao risco de inundação, referenciadas anteriormente, os túneis contribuem para reduzir a ocorrência de inundações e dos respetivos impactes em cerca de 278 ha.

A operação dos túneis permite a redução de aproximadamente 19 % das áreas classificadas com elevada vulnerabilidade e cerca de 64 % das áreas classificadas com muito elevada vulnerabilidade. Como referido, atualmente o concelho de Lisboa tem cerca de 6 % da sua área classificada com elevada ou muito elevada vulnerabilidade ao risco de inundação, com a operação dos túneis esta área poderá ser reduzida para cerca de 4 %.

5.15.3 Inundações, danos e perdas

5.15.3.1 Perceção social do risco de inundação

As respostas humanas a uma ameaça natural estão dependentes das características físicas do fenómeno (frequência, magnitude, possibilidade de previsão) e do estado de desenvolvimento de uma determinada sociedade (condições socio-económicas, grau de instrução da população, acesso à tecnologia, experiência acumulada). Estas respostas têm como principal objetivo tentar minimizar as perdas provenientes do perigo a que as populações estão sujeitas, através de comportamentos que levem à diminuição dessas perdas (Lima, 1992) (Duarte, Borges, Ramos, Pedro, & Pancada, 2005).

Já em 1994, um estudo exploratório (Lima & Faísca, 1994) realizado em zonas portuguesas que sofreram inundações importantes, nomeadamente a zona de Vale do Tejo e a zona de Algueirão-Mem Martins, sobre o ajustamento das populações ao risco de inundação (cheias tradicionais de rio e cheias rápidas urbanas), tipificava o modo como são vividas as inundações. Em algumas zonas, as inundações "são vividas mais como uma festa do que como um desastre", o que pressupõe uma adaptação da sociedade ao fenómeno; ainda nestas zonas, identifica-se um padrão de "partilha de perdas" que consiste na mobilização e organização informal da comunidade na altura da inundação, o que permite minimizar perdas e danos; por outro lado, num contexto de cheias rápidas urbanas, a forma como é pensado o desatre é comparado a "um pesadelo que já passou e que não se quer lembrar mais", o que revela a procura da eliminação cognitiva do perigo pela fuga à questão (Lima & Faísca, 1994).

A perceção do risco é um aspeto importante para a reação. Um estudo sobre a perceção do risco relativamente ao risco associado à ocorrência de cheias rápidas, assente em inquéritos (Duarte et al., 2005), mostra que mais de 60 % dos inquiridos já viveu um a cinco episódios de inundações, sendo que a grande maioria dos inquiridos (86 %) tem perfeita consciência do tipo de inundações que já vivenciou, classificando-as como cheias rápidas. Em 50 % das respostas (Figura 5.15-22) é referida como a causa mais importante a existência de deficiência dos sistemas de drenagem das águas residuais e pluviais (mau dimensionamento, entupimento), enquanto 32 % atribuem a ocorrência de inundações a problemas nos canais fluviais (estrangulamentos, entulhos); os restantes 18 % ligam a ocorrência das inundações a fatores agravantes tão diversos como: a simples existência de uma linha de água, os declives acentuados que influenciam a velocidade do escoamento, a posição topográfica deprimida que favorece a acumulação das águas, ou o desordenamento do território, como a construção em leito de cheia (Duarte et al., 2005).

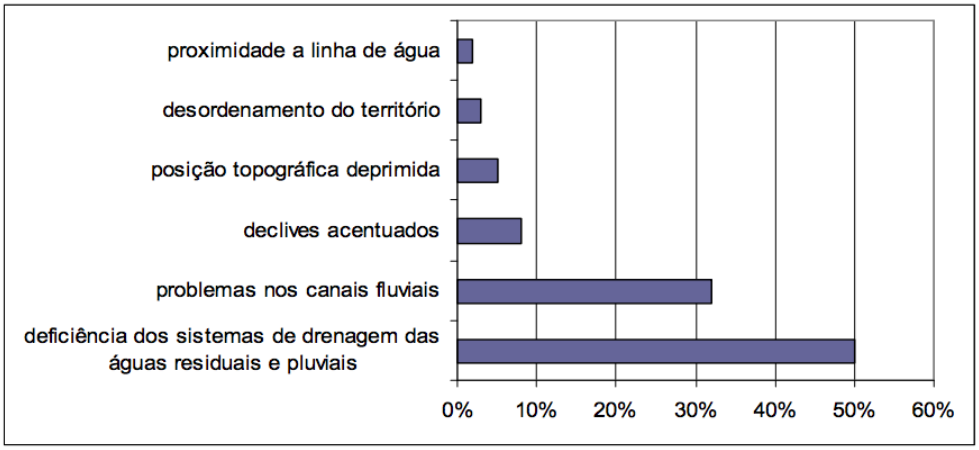


Figura 5.15-22 - Fatores agravantes das inundações, segundo os inquiridos

Fonte: (Duarte et al., 2005)

A perceção geral dos inquiridos em relação às consequências das inundações varia (Figura 5.15-23). As consequências apontadas como mais importantes são: prejuízos materiais vários (35 %), inundação das casas ao nível do rés-do-chão (25 %) e perigo de afogamento ou ferimento (13 %). Apenas 2 % dos inquiridos consideram não haver prejuízos e 9 % não sabe que tipo de prejuízos são provocados pelas inundações (Duarte et al., 2005).

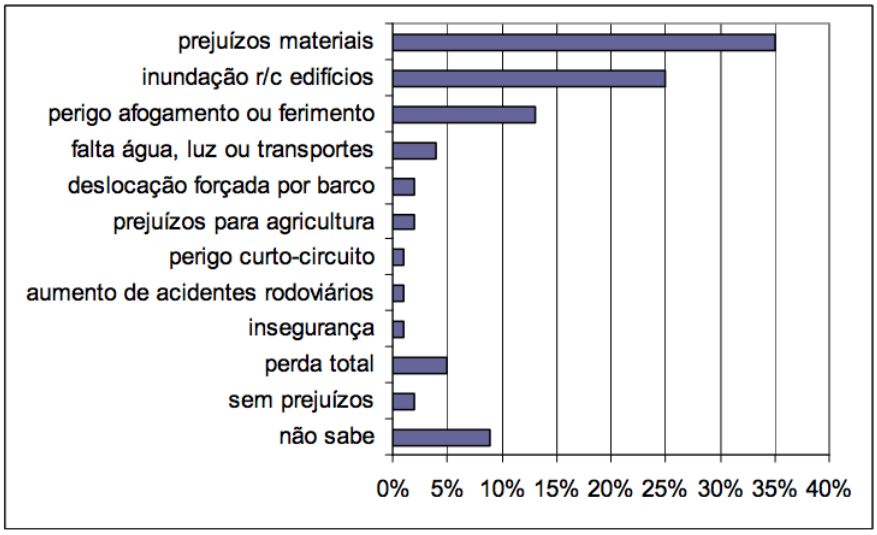


Figura 5.15-23 - Consequências das inundações, segundo os inquiridos

Fonte: (Duarte et al., 2005)

Dado que os custos de prevenção de inundações podem ser substanciais e, embora seja uma aposta política difícil de executar por não apresentar relevância imediatista, os benefícios, no geral, ainda que dependentes da solução, podem superar os custos (Brenden Jongman et al., 2014).

Ainda no inquérito realizado no âmbito do estudo sobre a perceção do risco associado à ocorrência de cheias rápidas, 62 % dos inquiridos considera que a população não está preparada para este tipo de fenómeno. Mais de metade dos inquiridos não sabe de que forma as pessoas se devem preparar, 15 % apontam para obras de beneficiação em canais fluviais e rede de drenagem, 13 % acham que devia haver mais informação, enquanto 12 % consideram que não há preparação possível (Duarte et al., 2005).

Os resultados dos inquéritos mostram que a perceção da população face ao risco de inundação é condicionada pela frequência e magnitude das inundações a que cada um assistiu. Assim, a população que há mais tempo está estabelecida num local, para além de ter uma memória mais viva, tem uma maior perceção do risco e um maior conhecimento das medidas mitigadoras implementadas (Duarte et al., 2005).

Quanto à prevenção, a população não se considera preparada, atribuindo a responsabilidade à insuficiência de informação, embora a maioria acredite que o risco que ocorre durante uma inundação é diminuto ou mesmo nulo (naturalmente dependente da área em que se inserem) (Duarte et al., 2005).

5.15.3.2 Perdas associadas às inundações a nível internacional

Os dados apresentados no último Global Assessment Report (GAR) (UNISDR, 2015) salientam a relevância das inundações como processo causador de elevadas perdas no globo. Com efeito, de um total de perdas anuais médias estimadas em 314 mil milhões de dólares devidas a terramotos, maremotos, tempestades tropicais e inundações fluviais, este último é responsável por cerca de 33% do valor total (104 mil milhões de dólares) (Santos, 2015). As perdas médias anuais devidas a inundações fluviais são cerca de 28 vezes superiores quando comparadas com as perdas associadas à ocorrência de maremotos (3.7 mil milhões de dólares) e relativamente próximas às que resultam de terramotos (113 mil milhões de dólares). Esta relação passará porventura despercebida à população e mesmo aos decisores, abrindo questões pertinentes na área da perceção do risco (Santos, 2015).

As inundações são responsáveis por danos graves e perdas que atingem valores muito elevados. A análise dos dados sobre perdas mais onerosas associadas a eventos de precipitação extrema na base de dados internacional da Munich RE (Munich RE, 2017) revela a existência de eventos com diferentes dimensões, dos quais decorrem danos com diferentes magnitudes.

Loss events worldwide 1980 – 2015

10 costliest flood events ordered by overall losses

Date	Event	Affected area	Overall losses in US$ m original values	Insured losses in US$ m original values	Fatalities
1.8-15.11.2011	Floods, landslides	Thailand: Phichit, Nakhon Sawan, Phra Nakhon Si Ayuttaya, Pathumthani, Nonthaburi, Bangkok	**43,000**	16,000	813
27.6-15.8.1993	Floods	United States: MS, MO, IA, IL, ND, IN, MN, WI, KS, NE, SD	**21,000**	1,300	48
June - September 1998	Floods (Jangtze River)	China: Hubei, Hunan, Chongqing, Jiangxi, Anhui, Sichuan, Yunnan, Jiangsu, Zhejiang, Guangdong	**16,000**	300	3,600
12-22.8.2002	Floods, flash floods	Germany, Austria, Czech Republic, Hungary, Moldova, Switzerland, Slovakia	**16,500**	3,400	39
24.7-18.8.1995	Floods	North Korea	**15,000**		68
May - September 1991	Floods	China: Anhui, Jangsu, Hubei	**13,600**	410	2,630
30.5-19.6.2013	Floods	Austria, Czech Republic, Germany, Hungary, Poland, Switzerland	**12,500**	3,000	25
June 2008	Floods	United States: IA, IL, IN, KS, MI, MN, MO, WI	**10,000**	500	24
4-6.11.1994	Floods	Italy: Piedmont, Lombardy, Liguria, Aosta valley, Emilia-Romagna	**9,300**	65	68
July - August 1993	Floods	Bangladesh, India, Nepal	**8,500**		2,953

Source: Munich Re, NatCatSERVICE, 2016

© 2016 Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, Geo Risks Research, NatCatSERVICE

As at: March 2016

Figura 5.15-24 - Perdas mais onerosas associadas à ocorrência de inundações, entre 1980 e 2015

Fonte[5] : (Munich RE, 2017)

Na Europa, os impactes associados a inundações têm registado um aumento considerável nas últimas décadas, sobretudo devido ao aumento da população, bens e atividades em áreas propensas a inundação (Barredo, 2009; Barredo, 2007; Jongman et al., 2012). Os valores das inundações normalizadas[6] na Europa, no período de 1970 a 2006, atingem um valor anual de 3.8 mil milhões de dólares (J. I. Barredo, 2009).

No período de 1980 a 2011 foram reportadas 2 500 vítimas mortais e mais de 5.5 milhões de pessoas afetadas. No mesmo período, as perdas monetárias diretas (associadas a custos diretos), e apenas estas, ascenderam a mais de 90 mil milhões de euros, em valores de 2009 (o que corresponde, à taxa de conversão atual, a cerca de 96 mil milhões de dólares) (EEA, 2012).

Entre 1990 e 2016 registou-se a ocorrência de várias inundações na Europa das quais resultaram valores muito significativos de perdas seguradas (Figura 5.15-25). Destas, destacam-se as inundações na Alemanha, em 2002 e 2013, das quais resultaram 3 080 e 4 260 milhões de dólares de perdas seguradas, respetivamente.

[5] https://www.munichre.com/site/touch-naturalhazards/get/documents_E-111857635/mr/assetpool.shared/Documents/5_Touch/_NatCatService/Significant-Natural-Catastrophes/2015/1980_2015_Ueberschwemmungen_eco_e.pdf

[6] A normalização fornece uma estimativa das perdas que ocorreriam se as inundações que aconteceram no passado ocorressem sob as condições atuais da sociedade.

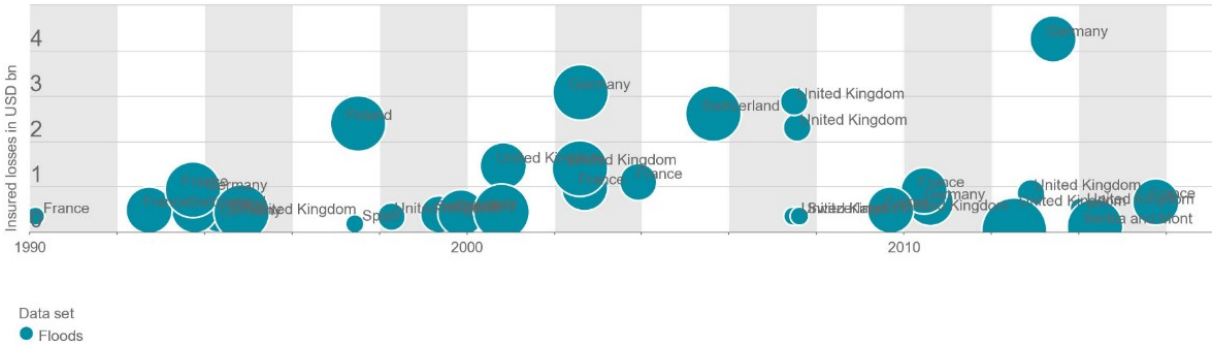


Figura 5.15-25 - Inundações e perdas seguradas entre 1990 e 2016

Fonte: (Swiss Re, 2017)

Evidenciando igualmente os elevados valores associados a perdas resultantes da ocorrência de eventos de precipitação significativa, as perdas nas propriedades seguradas decorrentes das inundações que ocorreram no Reino Unido, a 29 de outubro e 10 de novembro de 2000, (Swiss RE, 2016) atingiram:

- perdas seguradas a preços de 2000: 1 045.7 milhões de dólares;
- perdas seguradas a preços de 2015: 1 438.8 milhões de dólares.

Em França, as inundações de 3 de outubro de 2015, resultado de chuvas torrenciais e chuvas rápidas, causaram 20 vitimas mortais e tiveram 940 milhões de dólares de perdas, sendo 660 milhões de perdas seguradas (Swiss Re, 2017).

As inundações incluindo cheias rápidas urbanas de 12 a 22 de agosto de 2002 que afetaram a Alemanha, Áustria, República Checa, Hungria, Polónia e Suíça provocaram 39 vitimas mortais e atingiram perdas totais de 13.6 mil milhões de dólares (a valores de 2002), dos quais 3.4 foram perdas seguradas (Munich RE, 2017).

As inundações de 27 de maio de 2013 na Alemanha (Figura 5.15-26) provocaram 25 vitimas mortais e atingiram 17 mil milhões de dólares de perdas (Swiss Re, 2017).

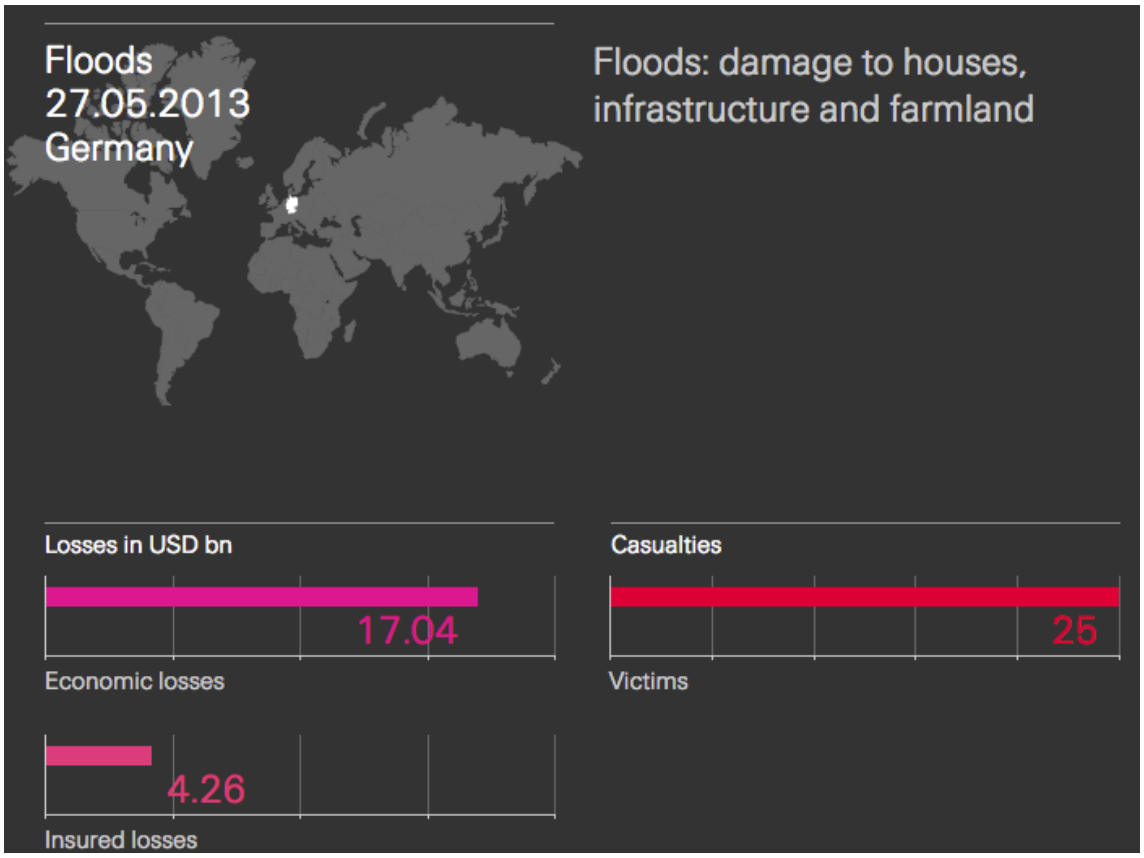


Figura 5.15-26 - Perdas das inundações de 27 de maio de 2013 na Alemanha

Fonte: (Swiss Re, 2017)

Em 2016, a nível mundial, as catástrofes naturais e os desastres causados pelo Homem foram responsáveis por perdas no valor de cerca de 149 mil milhões de euros. Deste montante global, 46 mil milhões de euros estavam cobertos por seguros. Neste mesmo ano, o número de mortos contabilizados foi de, pelo menos, 10 mil, devido a catástrofes naturais ou desastres causados pelo Homem[7]. Em 2015, o montante de perdas económicas foi de 88.4 mil milhões de euros, enquanto o valor segurado foi de 34.8 mil milhões de euros.

De acordo com os dados apresentados na Figura 5.15-27, as perdas por eventos relacionados com clima têm vindo a aumentar (Swiss Re, 2017).

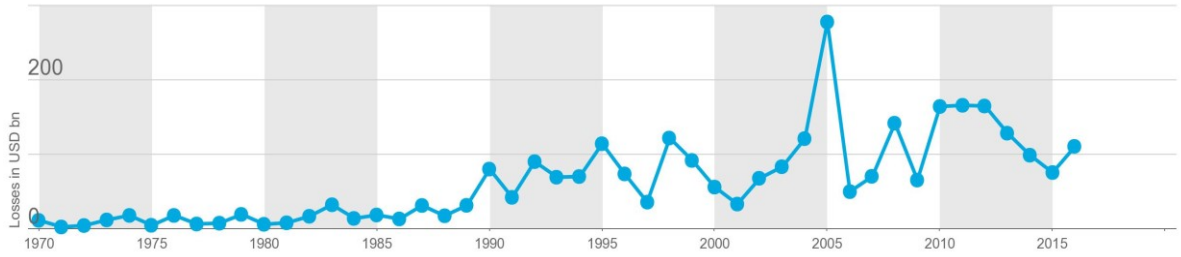


Figura 5.15-27 - Perdas por eventos relacionados com o clima

Fonte: (Swiss Re, 2017)

[7] http://sicnoticias.sapo.pt/economia/2016-12-15-Catastrofes-responsaveis-por-149-mil-milhoes-de-euros-em-prejuizos-em-2016

Várias inundações de grande escala atingiram os EUA em 2016. A maior foi em agosto, quando fortes chuvas causaram inundações generalizadas em Louisiana e Mississippi. As perdas económicas resultantes deste evento totalizaram 10 biliões de dólares, enquanto as perdas de seguros privados foram de, pelo menos, 1 bilião de dólares.

Na Europa e na Ásia também ocorreram fortes inundações. Na Ásia, fortes chuvas ao longo do ano levaram a inundações na China e outros países. De acordo com fontes públicas, as perdas económicas totais causadas pelas inundações ao longo do rio Yangtze foram de, pelo menos, 16 biliões de dólares. Na Europa, no final de maio e início de junho, dois sistemas de baixa pressão de movimento lento causaram tempestades, inundações rápidas e inundações fluviais, com a França e a Alemanha a serem as mais atingidas. As tempestades e inundações levaram a perdas totais de 3.9 biliões de dólares e perdas seguradas de 2.9 biliões de dólares (Swiss Re, 2017).

5.15.3.3 Perdas associadas às inundações em Portugal

Dados desde 1865 até 2010, obtidos através dos relatos noticiados pela imprensa escrita, demonstram a severidade e a frequência das ocorrências de desastres com perdas humanas relacionados com a ocorrência de inundações em Portugal (Zêzere et al., 2014). Neste período contabilizam-se 1 083 vítimas mortais e desaparecidos, 478 feridos, 40 283 desalojados e 13 372 evacuados, divididos por um total de 1 621 ocorrências relacionadas com inundações (Santos, 2015).

A base de dados *DISASTER* (Zêzere et al., 2014) revela ainda as seguintes tendências:

- o número de dados mortais ao longo dos últimos anos tem vindo a reduzir-se;
- as perdas materiais têm vindo a aumentar, sendo explicável pela concentração urbana.

Para Portugal, o Global Assessment Report (UNISDR, 2015) estima um valor de perdas anuais médias de 141.38 milhões de dólares, só devidas a inundações fluviais, um valor seguido de longe por aquele atribuído a terramotos (7.35 milhões de dólares).

Na base de dados sobre desastres naturais de referência internacional EM-DAT (CRED, 2017) estão identificadas em Portugal várias inundações fluviais, sendo de destacar:

- inundações na Madeira em 20 de fevereiro de 2010 que tiveram danos da ordem dos 1 350 milhões de dólares (valores na data do evento);
- inundações na zona de Lisboa em 18 de novembro de 1983 que tiveram danos da ordem dos 90 milhões de dólares (valores na data do evento);
- inundações na zona de Santarém em fevereiro de 1979 que tiveram danos da ordem dos 30 milhões de dólares (valores na data do evento).

De acordo com a mesma base de dados (EM-DAT) ocorreram muito poucas catástrofes naturais do tipo hidro-geomorfológico no território Português, no decurso dos séculos XX e XXI. No entanto, esta referência tem de ser entendida à luz dos critérios, razoavelmente restritivos, utilizados pelos gestores desta base de dados para a caracterização de uma catástrofe natural: ocorrência de 10 ou mais mortes; existência de 100 ou mais pessoas afetadas, declaração do estado de emergência e pedido de ajuda internacional (Ivânia Quaresma, 2008).

Entre os eventos mais onerosos na Europa, em 2009/2010 (Figura 5.15-28), encontra-se o que ocorreu em Portugal, França e Itália no dia 27 de fevereiro de 2010 e que envolveu ventos muitos fortes e precipitações muito elevadas. Deste evento resultaram danos e perdas seguradas superiores a 2.8 mil milhões de euros (Willis, 2011).

THE MOST COSTLY INSURED EUROPEAN LOSSES IN 2009/2010

INSURED LOSSES (IN € M)	DATE (START)	EVENT	REGION
2,854	27.2.2010	Winter Storm Xynthia – High Winds – Heavy Rain	– Portugal – Spain – France
2,361	24.01.2009	Winter storm Klaus; – Winds up to 170 kmh – Heavy rain	– France – Spain
833	23.07.2009	Hail storm Wolfgang – Hail – Thunderstorms – Damage to buildings and some crops	– Switzerland – Austria – Poland – Czech Rep.
579	26.5.2009	Hail storm Felix – Hail – Thunderstorms	– France – Germany – Belgium
382	6.4.2009	– Earthquake	– Italy

Figura 5.15-28 - Lista das maiores perdas seguradas na Europa em 2009/2010

Fonte: (Willis, 2011)

Para uma inundação com período de retorno de 100 anos, em Portugal, foi estimado que os danos podem ascender a cerca de 1 232 milhões de euros (Alfieri, Feyen, Dottori, & Bianchi, 2015).

Portugal tem uma exposição elevada a fenómenos naturais, nomeadamente a sismos e inundações, sendo referenciada especificamente a zona de Lisboa como sensível nestes dois aspetos (Willis, 2011).

Uma das consequências desta exposição ao risco de ocorrência de fenómenos naturais traduz-se no custo significativo dos prémios dos seguros, estando definido no perfil de Portugal e de algumas zonas específicas, como Lisboa, essa indicação explicita.

Veja-se, a titulo indicativo, que as companhias seguradoras em Portugal registaram, de 2006 a 2014, anualmente, um sinistro grave por ano relacionado com o clima (tempestades, tornados, inundações ou outros fenómenos meteorológicos e climáticos), o que levou ao pagamento de cerca 320 milhões de euros a 65 mil segurados (DN, 2014).

5.15.3.4 Tendência para aumentar os danos e custos das inundações

A dinâmica associada à ocorrência de inundações em zonas urbanizadas (Sofia, Roder, Dalla Fontana, & Tarolli, 2017) decorre da profunda metamorfose que a urbanização efetuou no espaço, sendo que as alterações climáticas aumentam a vulnerabilidade.

Um estudo de 2014 (Brenden Jongman et al., 2014) estimou que as inundações na União Europeia, em média, estão associadas a perdas de 4.9 biliões de euros, por ano, de 2000 a 2012 (Figura 5.15-29). Em 2050, estas perdas médias podem aumentar até 23.5 biliões de euros. Além disso, prevê-se também o aumento da frequência com que ocorrem os grandes eventos. Até 2050, eventos como as inundações que ocorreram na Europa em 2013 são suscetíveis de aumentar em frequência de uma vez a cada 16 anos para uma probabilidade de ocorrência de uma vez a cada 10 anos.

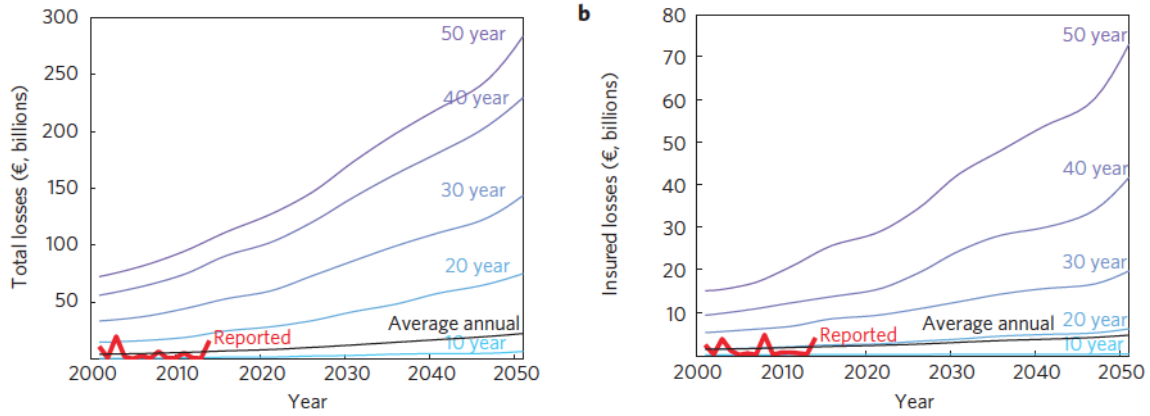


Figura 5.15-29 - Evolução das perdas por inundações

Fonte: (Brenden Jongman et al., 2014)

As perdas devido a inundações extremas na Europa podem quadruplicar em 2050 decorrentes das alterações climáticas e do desenvolvimento sócio económico. Atualmente, os danos anuais associados à ocorrência de inundações, na Europa, rondam 5.3 mil milhões de euros, sendo projetado que possam aumentar para 30 a 100 mil milhões em 2080, dependendo do futuro crescimento económico (Brenden Jongman et al., 2014). Se a Europa investir 1.75 biliões de euros nesta área, a projeção dos danos resultantes das inundações para o continente, em 2050, poderá ser reduzida em cerca de um terço (Brenden Jongman et al., 2014).

5.15.3.5 Inundações e Risco em Cenários de Alterações Climáticas em Lisboa (CIRAC)

Recentemente foi desenvolvido um projeto pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL), em colaboração com a Associação Portuguesa de Seguradores (APS) (Associação Portuguesa de Seguradores, 2017), tendo em vista a avaliação dos riscos e inundações em cenário de alterações climáticas. No âmbito do referido projeto foi elaborada a Carta de Inundações e de Risco em cenários de Alterações Climáticas (CIRAC).

Análise de dados da Associação Portuguesa de Seguradores

No âmbito do projeto CIRAC (Associação Portuguesa de Seguradores, 2017; CIRAC, 2013) foram efetuados inquéritos, nomeadamente através da recolha de informação junto das seguradoras sobre os sinistros das respetivas carteiras de "Incêndio e Elementos da Natureza" e de "Multirriscos" associados a eventos de precipitação que deram lugar à ocorrência de inundações entre 2000 e 2011. Foi utilizada a seguinte informação:

i) número de sinistros;

ii) custo dos sinistros, agrupados pelos quatro primeiros dígitos do código postal, entre 1 de janeiro de 2000 e 27 de outubro de 2011.

Com os, aproximadamente, 12 anos de dados foram construídas funções de densidade de probabilidade como um exemplo para calcular a probabilidade de não-excedência de:

iii) número de inundações por ano;

iv) número máximo de sinistros por inundação;

v) custo máximo por inundação.

A mesma abordagem foi utilizada para o:

vi) número total de sinistros por ano;

vii) custo anual das inundações.

Idealmente, são necessários trinta anos de dados para que os mesmos sejam representativos da variabilidade da população. No entanto, o objetivo deste estudo é explorar a informação que pode ser extraída à escala nacional e usá-la no futuro, numa abordagem nacional de análise de risco. Assim, assumiu-se que a variável "número de inundações por ano" tem uma distribuição normal e para as variáveis "número máximo de sinistros por inundação" e "custo máximo por inundação" foi aplicada uma distribuição de Valores Extremos Tipo I (CIRAC, 2013).

A análise da Figura 5.15-30 mostra que a estimativa de inundações e o número de sinistros têm tendências anuais idênticas. Atingem, em média, por ano, mais de 800 sinistros e mais de 90 inundações apenas durante os meses de inverno (dezembro, janeiro e fevereiro).

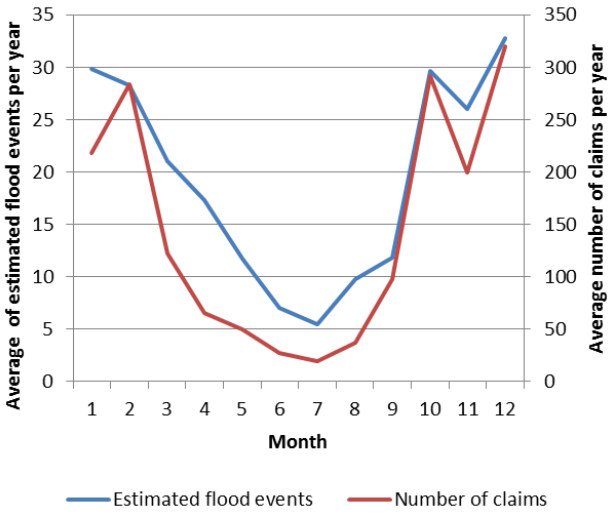


Figura 5.15-30 – Número estimado de inundações e sinistros por ano

Fonte: (CIRAC, 2013)

A análise histórica (Figura 5.15-31) mostra que fevereiro de 2008 teve as maiores perdas seguradas causadas por inundações, atingindo cerca de 6 milhões de euros, a nível nacional. Neste mês, entre os dias 17 e 23, um evento de inundação afetou quase todos os municípios costeiros de Alcobaça a Grândola (Figura 5.15-32) e provocou 895 sinistros com perdas seguradas, num total de 5.4 milhões de euros (CIRAC, 2013).

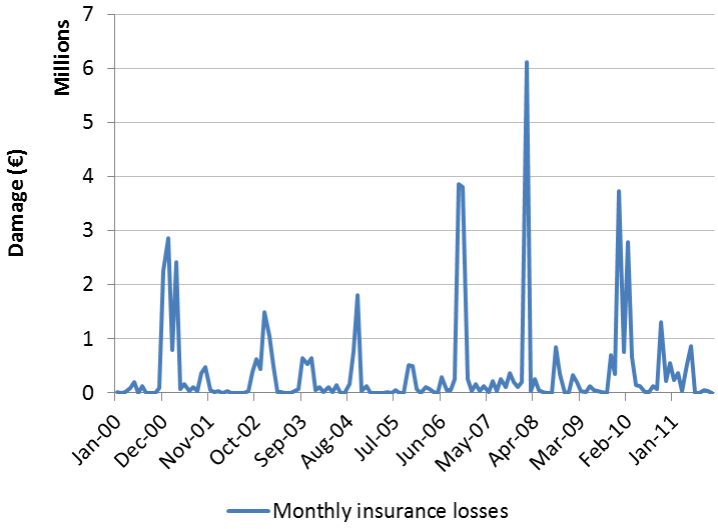


Figura 5.15-31 – Perdas seguradas mensais causadas por inundações

Fonte: (CIRAC, 2013)

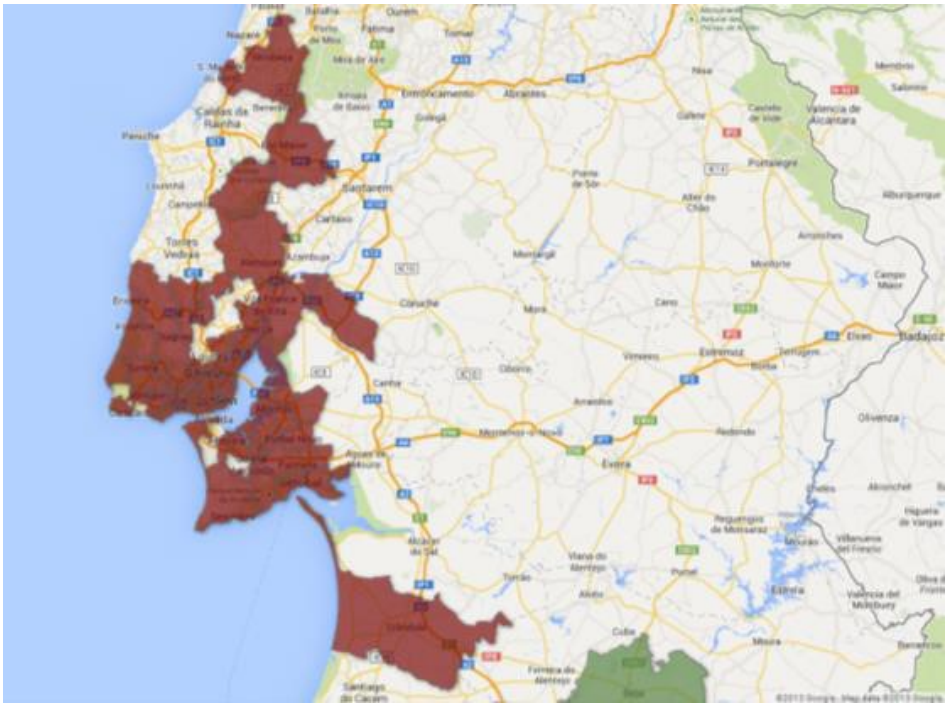


Figura 5.15-32 – Municípios afetados pelas inundações de fevereiro de 2008

Fonte: (CIRAC, 2013)

A Figura 5.15-33 e Figura 5.15-34, bem como o Quadro 5.15-7 mostram a tipologia de resultados que é possível obter assumindo uma distribuição normal do número de inundações por ano.

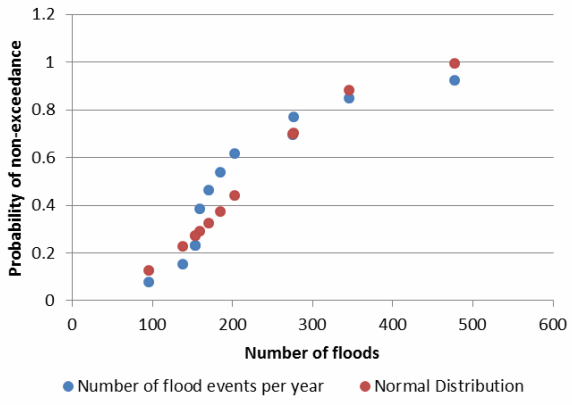


Figura 5.15-33 – Comparação da distribuição normal com o número de inundações por ano

Fonte: (CIRAC, 2013)

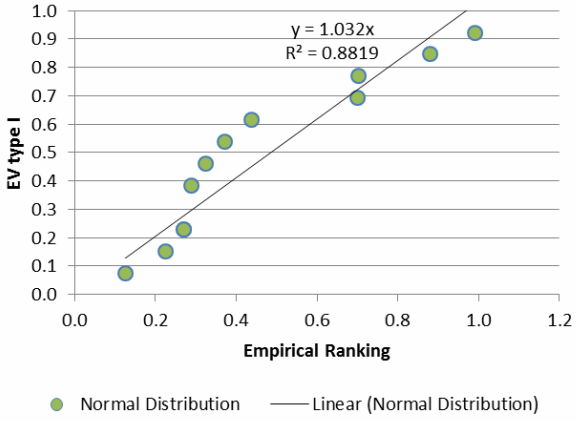


Figura 5.15-34 – Ajustamento linear entre a distribuição normal e o número de inundações por ano

Fonte: (CIRAC, 2013)

Quadro 5.15-7 - Período de retorno dos eventos de inundação estimados

Fonte: (CIRAC, 2013)

Período de Retorno	Eventos de inundação estimados
1.5	174
5	310
10	358
15	381
20	397
30	417
40	431
50	441
60	449
80	461
100	470
500	529

A Figura 5.15-35 e Figura 5.15-36, bem como o Quadro 5.15-8 mostram a mesma abordagem para o número máximo de sinistros por inundação assumindo uma distribuição de Valores Extremos Tipo I (CIRAC, 2013).

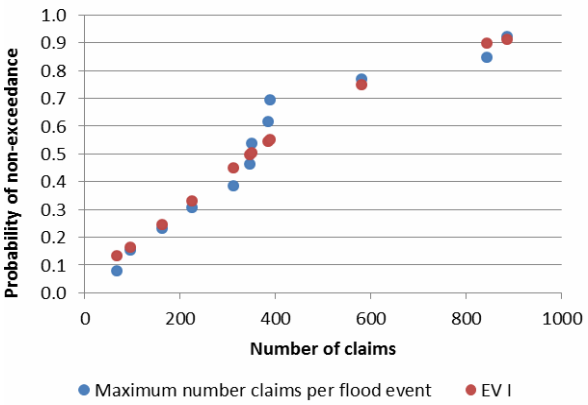


Figura 5.15-35 – Comparação dos Valores Extremos Tipo I com o número máximo de sinistros por inundação

Fonte: (CIRAC, 2013)

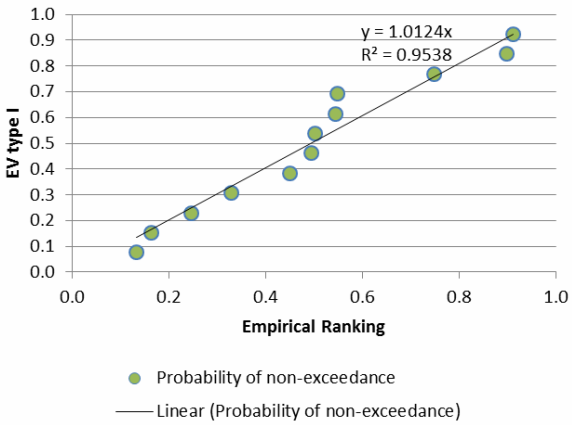


Figura 5.15-36 – Ajustamento linear entre a função densidade dos Valores Extremos Tipo I e o número máximo de sinistros por inundação

Fonte: (CIRAC, 2013)

Quadro 5.15-8 – Período de retorno do número máximo de sinistros por inundação

Fonte: (CIRAC, 2013)

Período de Retorno	Número máximo de sinistros por inundação
1.5	229
5	651
10	849
15	961
20	1 040
30	1 149
40	1 227
50	1 286
60	1 335
80	1 412
100	1 471
500	1 898

A Figura 5.15-37 e Figura 5.15-38, bem como o Quadro 5.15-9 mostram a mesma abordagem para as perdas seguradas estimadas por inundação, assumindo uma distribuição de Valores Extremos Tipo I (CIRAC, 2013).

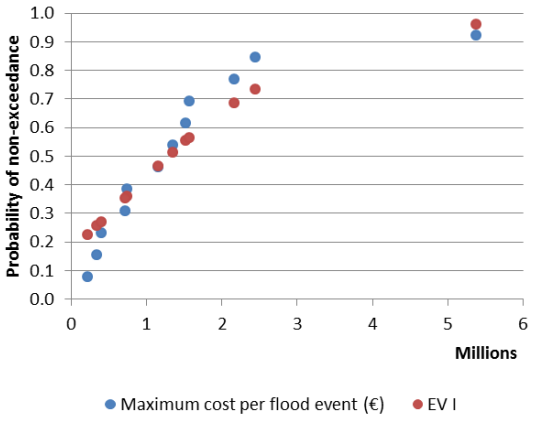


Figura 5.15-37 – Comparação dos Valores Extremos Tipo I com o custo máximo por inundação

Fonte: (CIRAC, 2013)

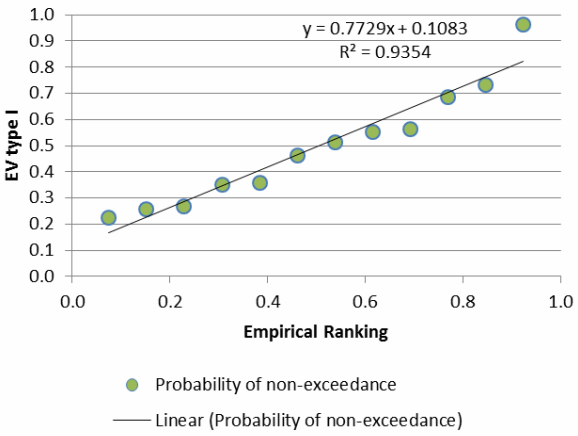


Figura 5.15-38 – Ajustamento linear entre a função densidade dos Valores Extremos Tipo I e o custo máximo por inundação

Fonte: (CIRAC, 2013)

Quadro 5.15-9 – Período de retorno do máximo de perdas seguradas estimadas por inundação

Fonte: (CIRAC, 2013)

Período de Retorno	Custo máximo estimado por inundação (milhões de euros)
1.5	0.65
5	2.90
10	3.97
15	4.56
20	4.98
30	5.57
40	5.98
50	6.30
60	6.56
80	6.97
100	7.29
500	9.57

Da análise do Quadro 5.15-9 destaca-se que, a nível nacional, em média, se estimam perdas seguradas máximas causadas por inundações com valores que variam, por evento, entre 0.65 milhões de euros para período de retornos de 1.5 anos, 2.9 milhões para períodos de retorno de cinco anos e cerca de 6 milhões para períodos de retorno de 40 anos. Em Lisboa, dada a situação de maior urbanização os valores serão acrescidos, sendo que em muitos casos o valor segurado é apenas uma pequena parte dos prejuízos.

A metodologia apresentada mostra que é possível obter uma frequência para a ocorrência de inundações e as respetivas perdas seguradas à escala nacional. No entanto, importa mencionar o facto de que o trabalho apresentado é uma análise exploratória baseada em cerca de 12 anos de dados, o que é claramente insuficiente para tirar conclusões finais. O cenário ideal seria ter, pelo menos, 30 anos de dados para poder enquadrar a variabilidade climática (CIRAC, 2013).

O projeto CIRAC efetuou a avaliação de risco, mediante a disponibilização de índices que possibilitaram a aferição de diferentes tipos de vulnerabilidade. Por exemplo, o Índice Combinado de Vulnerabilidade à Inundação (Suscetibilidade Física ∩ Exposição ∩ Precipitação) efetua a interseção das características de suscetibilidade física, exposição e precipitação num índice combinado. Com esta abordagem é possível ponderar a contribuição de cada componente de vulnerabilidade (APS, 2017).

A análise do sistema de informação do CIRAC revela que Lisboa (e a maior parte das suas freguesias, considerando o percentil 75) se insere num nível elevado (6 em 9) de vulnerabilidade à inundação neste indicador (APS, 2017).

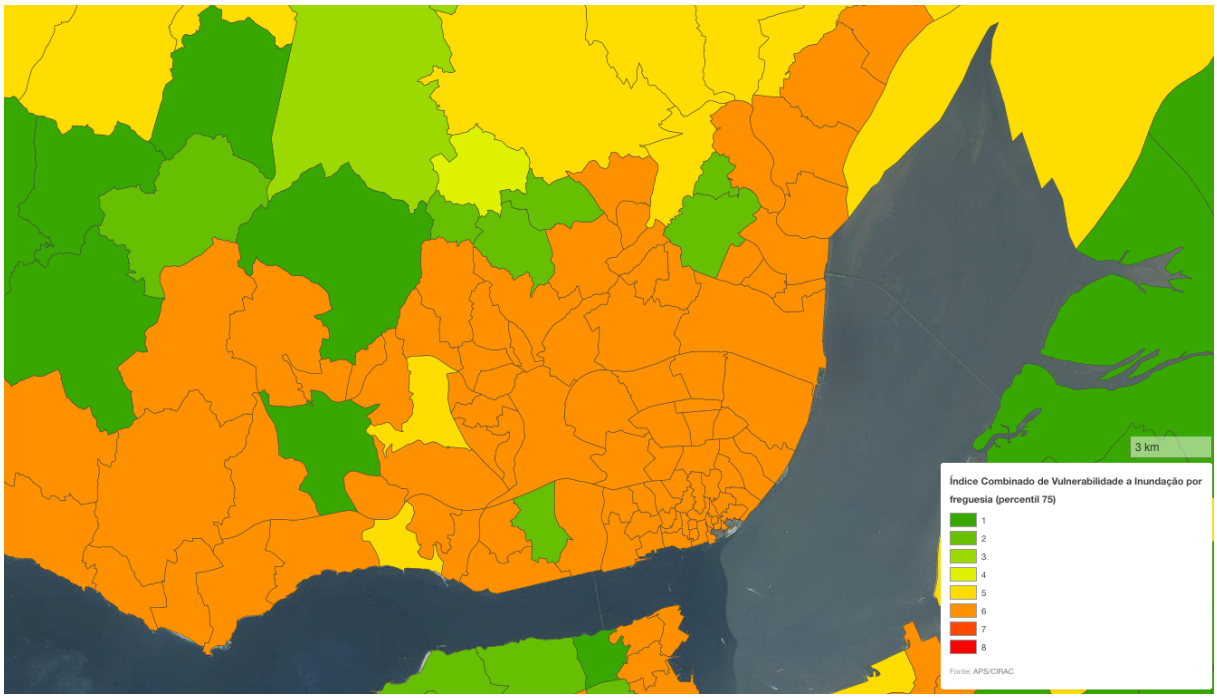
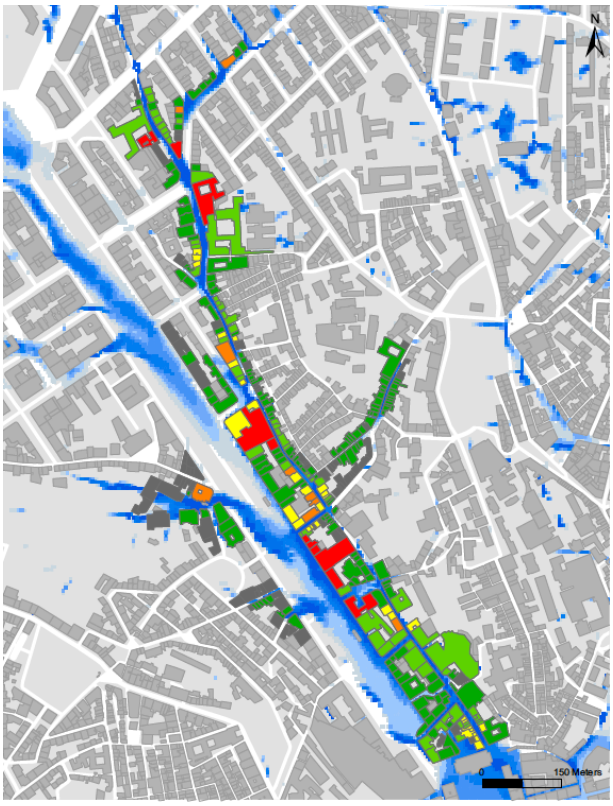


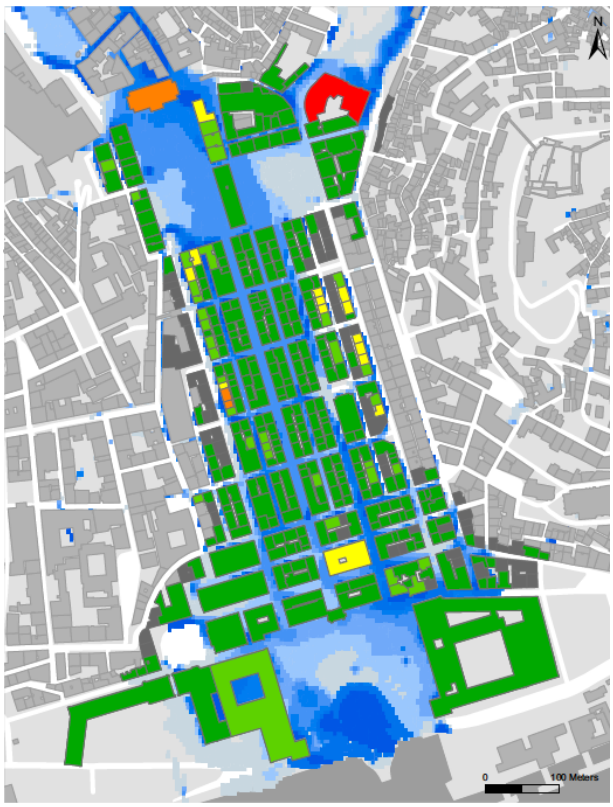
Figura 5.15-39 - Índice Combinado de Vulnerabilidade à Inundação (percentil 75) do CIRAC, por freguesia, em Lisboa
Fonte: (APS, 2017)

Entre as análises e levantamentos efetuados e tendo em consideração o elevado número de inundações, foi analisado o centro urbano de Lisboa, nomeadamente a sub-bacia da Avenida da Liberdade e Avenida Almirante Reis.

No conjunto de edifícios avaliados e para o presente (Figura 5.15-40), quanto aos danos médios anuais (DMA) na estrutura na sub-bacia da Avenida da Liberdade verifica-se uma perda média anual ligeiramente superior a 100‰ nos ativos fixos não industriais localizados ao nível do rés-do-chão, diminuindo este valor nas restantes categorias avaliadas (frações dedicadas à habitação no rés-do-chão, ativos fixos industriais, entre outras). No entanto, o valor de dano médio anual para a sub-bacia da Avenida Almirante Reis tem um valor mais baixo, rondando os 77‰ (Pedro & Santos, 2014a).



a) Sub-bacia da Avenida da Liberdade, Lisboa



b) Sub-bacia da Baixa de Lisboa

c) Sub-bacia da Avenida Almirante Reis, Lisboa.

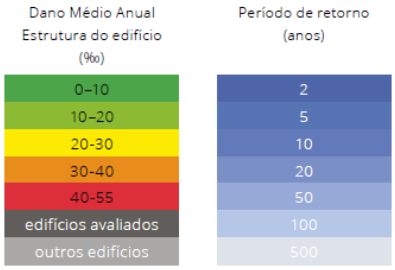


Figura 5.15-40 - Risco de inundação - Dano médio anual na estrutura dos edifícios (em permilagem)

Fonte: (Pedro & Santos, 2014b)

5.15.4 Benefícios tangíveis

5.15.4.1 Potenciais custos evitáveis

A determinação do potencial valor resultante da redução de danos pela operação dos túneis assenta no racional explicado na Figura 5.15-1. A metodologia consistiu assim, numa primeira fase, na identificação das principais tipologias de benefícios; análise e caracterização dos eventos extremos de precipitação que levam à ocorrência de inundações e respetivas perdas e danos; bem como análise da perceção social do risco de inundação. De seguida procede-se ao cálculo e identificação dos benefícios (tangíveis e intangíveis, respetivamente). Recorde-se que os benefícios resultam dos custos (danos) evitáveis com a operação dos túneis.

Uma análise de potenciais danos (Begum, Selina, Marcel J.F. Stive, 2007), (van Alphen, Martini, Loat, Slomp, & Passchier, 2009) revela que os mesmos variam nas zonas mais atingidas entre 2, 20 e 50 €/m^2, sendo esses os valores considerados para o caso em que as inundações são de dimensão/magnitude menor, maior e mais elevada, respetivamente.

Como já referenciado anteriormente (subcapítulo 5.15.2.2) a análise das inundações em Lisboa (1918/19 a 1997/98) mostra que **o número das inundações, por década, passou de 6 para 3,** decorrente das melhorias no sistema de drenagem artificial após os anos 70 (Oliveira, 2005), tendo ocorrido 415 ocorrências de inundação no período dos 80 anos analisados (Oliveira & Ramos, 2002).

A geração de um cenário é sempre complexa e depende de múltiplos fatores (precipitação, duração, etc.), com base nos dados analisados é possível assumir, pericialmente, que:

- **o número de inundações com significado corresponde a 3, em cada 10 anos** (de acordo com os estudos existentes, por exemplo (Oliveira & Ramos, 2002), o que corresponde a um período de retorno de 3 anos, n**o entanto, esta análise concentra-se em inundações com danos de maior significado, pelo que se consideram as inundações com períodos de retorno superiores a 5 anos como inundações que provocam danos significativos.**
- **para a repartição entre as inundações com significado e prejuízos elevados (2 €/m^2), muito elevados (20 €/m^2) e de grande dimensão ou catastrófico (50 €/m^2), considerou-se que teriam uma ocorrência de acordo com o racional apresentado no subcapítulo 5.15.2.2;**

A aplicação deste cenário significa a ocorrência de uma inundação com danos de 3 em 3 anos, sendo que se considera que os danos elevados decorrem de inundações com período de retorno de, pelo menos, 5 anos (sendo estas utilizadas para o cálculo dos prejuízos tangíveis). Assim, é possível dividir a ocorrência de inundações em três tipologias de danos que, a não existir projeto, são:

- **uma inundação com danos elevados (6 M€) com períodos de retorno entre 5 a menos de 10 anos, sendo estimado que ocorra 10 vezes durante 100 anos, caso não exista o túnel;**
- **uma inundação com danos muitos elevados (56 M€) com períodos de retorno entre 10 a menos de 50 anos, sendo estimado que ocorra 8 vezes durante 100 anos, caso não exista o túnel;**
- **uma inundação com danos catastróficos (139 M€) com um período de retorno de 50 anos que ocorre 2 vezes durante 100 anos, caso não exista o túnel.**

Considera-se, assim, que em 100 anos (horizonte de projeto) serão evitáveis pelo projeto 10 inundações com prejuízos elevados (periodicidade de 10 em 10 anos, se acumuladas com as restantes será de 5 em 5), 8 inundações com prejuízos muito elevados (periodicidades de 12.5 em 12.5 anos) e 2 inundações com prejuízos potencialmente catastróficos (periodicidade de 50 anos). **Assim, para o cenário de inundações considerado para o horizonte de projeto, considera-se que**

o sistema vai contribuir para reduzir os efeitos das inundações em pelo menos 20 situações. Neste caso, o potencial de redução de danos pode atingir cerca de 780 milhões de euros.

Acresce ainda que o projeto pode ainda contribuir para atenuar os efeitos para 13 inundações com períodos de retorno entre 3 a 5 anos, mas que não se considera nas determinações analisadas.

5.15.4.2 Disponibilidade para pagar

A disponibilidade para pagar varia em função do tipo de agentes envolvidos e da sua perspetiva. Nesse sentido consideraram-se três tipos de agentes, nomeadamente os munícipes que vivem na cidade de Lisboa, os que se deslocam a Lisboa para trabalhar e os turistas.

Em relação aos munícipes, considerou-se que a globalidade dos residentes na cidade de Lisboa são perturbados e estão disponíveis para pagar o mesmo valor, não se distinguindo os residentes nas zonas afetadas, que estariam dispostos a pagar valores superiores.

Para determinar o valor da disponibilidade para pagar, no âmbito do PGDL, foram efetuados inquéritos exploratórios para obter eventuais valores da disponibilidade para pagar. Estes valores são mais reduzidos para os munícipes (justificado pelo hábito e adaptação), são superiores para os que vêm trabalhar na cidade, já que pode afetar o seu rendimento e para os turistas que veem o seu dia perturbado, tornando quase impossível a realização de atividades.

Quadro 5.15-10 - Caracterização dos agentes envolvidos

Agentes envolvidos	Nº	Fonte
Cidadãos munícipes de Lisboa	547 733	Censos 2011
Trabalhadores entram em Lisboa	425 747	Censos 2011
Trabalhadores que vão para fora de Lisboa	47 521	Censos 2011
Saldo líquido de trabalhadores	378 226	Censos 2011
Turistas (*) dia	6 934 874	Turismo Portugal

* Assume-se que 60 % dos turistas da AML visitam ou estão em Lisboa

Com base nos inquéritos realizados apuraram-se os valores de disponibilidade para pagar, por dia, de 4 cêntimos para os munícipes (14.6 € por ano), 6 cêntimos para os trabalhadores e 20 cêntimos no caso dos turistas. O valor no horizonte de projeto (100 anos) atinge o total de 1 438 milhões de euros.

Importa ainda referir que, face aos cenários das alterações climáticas, em que se prevê um aumento da intensidade máxima de precipitação diária entre 5% a 50 % e de 25 a 50 %, na maior parte dos cenários, a perceção social do risco tenderá a aumentar, aumentando também a disponibilidade para pagar dos diferentes agentes.

Este valor é superior em mais de três vezes relativamente ao investimento previsto para as soluções propostas no PGDL, pelo que se pode afirmar que, com base neste racional, os benefícios são claramente superiores ao investimento e custos de operação decorrentes da implementação do PGDL, sendo os túneis os elementos estruturantes.

5.15.5 Síntese benefícios do Projeto

5.15.5.1 Aumentar a resiliência

Os custos suportados até à data pela seguradoras, associados à ocorrência de inundações, são muito elevados, tal como referido no subcapítulo 5.15.3. Face ao aumento esperado do número de ocorrências e da gravidade das mesmas, em cenários de alterações climáticas, reforça-se a importância de criar resiliência nos sistemas. Acresce que várias companhias de seguros declararam não dispor de capacidade para compensar as perdas resultantes das inundações, o que potencia a importância de conferir maior resiliência ao sistema (Pettersson, Rijswick, & Ek, 2016).

A capacidade de resiliência pode ter múltiplas perspetivas e interpretações. Para (Hegger et al., 2016) a resiliência dispõe de três dimensões:

- **capacidade de resistência:** a capacidade de não ser afetada negativamente pelas inundações, aumentando o limiar acima do qual as inundações podem causar danos. Implementação atempada de medidas efetivas que permitem resistência às inundações: por exemplo medidas estruturais ou retenção a montante;
- **capacidade de absorver e recuperar**: a capacidade de um sistema afetado pelas inundações de permanecer a funcionar e de responder a uma inundação e recuperar (sem mudanças significativas no estado do sistema). Por exemplo, ocorrência de sensibilização inundação a inundação, sistemas de seguros, sistemas de previsão, sistema de aviso ou gestão de crises;
- **capacidade de transformar e adaptar:** a capacidade de um sistema se ajustar a *drivers* externos que afetam a exposição de pessoas e ativos económicos a inundações (incluindo mudanças climáticas, variabilidade climática e mudanças nos extremos, mudanças demográficas e mudanças nos padrões de urbanização). Oportunidades, mudanças deliberadas em pequena escala, ou lidar com as consequências. Por exemplo, presença de mecanismos institucionais de aprendizagem ou capacidade dos agentes locais da comunidade em adotar novas aproximações e perspetivas.

Os túneis contribuem de forma estrutural e positiva para aumentar a resiliência na perspetiva da capacidade de resistência do sistema.

5.15.5.2 Benefícios tangíveis

De acordo com a análise efetuada, considera-se que em 100 anos existem três tipologias de danos decorrentes da ocorrência de inundações, assumindo-se que virão a existir 10 inundações com danos elevados, 8 inundações com danos muito elevados e 2 inundações com danos catastróficos. Assim, para o cenário considerado nos 100 anos do horizonte de projeto, considera-se que o sistema vai contribuir para reduzir os efeitos das inundações em, pelo menos, 20 situações. Neste caso, o potencial de redução de danos pode atingir cerca de 780 milhões de euros.

Com base nos valores obtidos relativamente à disponibilidade para pagar para cada agente envolvido, num cenário de 100 anos, os valores de disponibilidade para pagar determinados no âmbito do PGDL (que incluem os túneis e outras soluções complementares) atingem um total de 1 438 milhões de euros.

Os túneis são a componente estruturante do sistema e asseguram a redução do risco mais significativa, abrangendo uma parte importante das zonas da cidade que dispõem de zonas residenciais, comerciais e turismo, pelo que se considera que estão associados a 75 % dos benefícios decorrentes da implementação das propostas do PGDL. Segundo esta metodologia o valor para a componente dos túneis atinge cerca de 1 080 milhões de euros.

Os valores apresentados parecem ser muito elevados, mas quando contrapostos com a elevada densidade urbana da maior parte das zonas de Lisboa, valor dos edifícios, infraestruturas e atividades económicas, começam a ser razoáveis e esbatem-se, por exemplo, quando comparados com os prejuízos das inundações que ocorreram na Madeira, a 20 de fevereiro de 2010, que estão estimados em 1 325 milhões de euros.

Em síntese, os valores atingidos pelos benefícios ultrapassam significativamente o investimento do projeto dos túneis (85 milhões de euros) e do PGDL (170 milhões de euros), revelando a importância e necessidade do projeto também nesta dimensão.

5.15.5.3 Outros Benefícios

Da operação dos túneis decorrerão vários benefícios e dado o seu dimensionamento hidráulico para uma inundação com período de retorno de 100 anos, é possível reduzir significativamente a ocorrência de inundações e potenciais vitimas mortais associadas a estas ocorrências. Refira-se que, embora num contexto completamente diferente (de ordenamento e gestão de recursos hídricos), a inundação de 25 e 26 de novembro de 1967 causou na região de Lisboa mais de 522 mortos (TRIGO et al., 2016).

Os efeitos das alterações climáticas e de fenómenos extremos colocam a possibilidade ocorrência de eventos gravosos cada vez mais na agenda, sendo que as zonas intervencionadas e beneficiadas de Lisboa dispõem de património classificado que, em caso de ocorrência de inundações significativas, poderá ser destruído de forma irreversível.

A possibilidade de ocorrência de uma inundação de elevada gravidade, na ausência dos túneis, poderá dar origem a outros danos muitíssimo graves, como mortalidade nos munícipes, turistas e outros utentes; a destruição de zonas com património classificado; ou a colocação da cidade em situação de emergência e catástrofe. Nesse sentido a execução deste projeto reveste-se de importância extrema e urgência, podendo mesmo dizer-se que é uma emergência.

Os túneis têm benefícios nem sempre fáceis de percecionar, que decorrem do facto de assegurar nas zonas a montante da interceção de caudais uma drenagem rápida. Deste modo, mesmo fora das áreas mais beneficiadas – zona baixa de Alcântara, Baixa de Lisboa, Beato, Xabregas, entre outras – permite a redução dos caudais presentes e o ganho de tempo, contribuindo também para reduzir inundações, ou pelo menos perturbações nessas zonas da cidade.

A análise da tipologia de benefícios referenciados no inicio do subcapítulo (Quadro 5.15-11) vem a confirmar-se na generalidade dos benefícios identificados para os túneis, maioritariamente através dos seguintes aspetos:

- **redução da vulnerabilidade ao risco de inundação;**
- **criação de condições para fechar o ciclo da água (sistemas para encaminhar a água tratada na ETAR de Alcântara);**
- **intervenções (e obras) são, na generalidade, em profundidade, sendo um contributo muito positivo e essencial à Cidade e seus utentes.**

Retenha-se como limitação que as análises e valores determinados têm incerteza associada (tal como referido). Destaque-se ainda que os benefícios foram determinados considerando que são independentes de outros fenómenos extremos (sismos, tornados ou outros), mas que o sistema de gestão de riscos deve considerar a sua ocorrência de forma integrada.

Quadro 5.15-11 – Avaliação dos benefícios decorrentes da operação dos túneis

Benefícios	Fundamentação sumária	Avaliação
Redução da probabilidade de fatalidades e feridos decorrentes das inundações	As zonas onde se prevê ter reduções têm elevada presença populacional, pelo que esta situação é crítica, tendo um contributo decisivo	Forte contributo positivo
Redução da probabilidade de danos nas infraestruturas de drenagem	Não só reduz a possibilidade de afetação, como valoriza a rede com este investimento. A rede de drenagem de Lisboa tem o valor estimado de reposição superior a 950 milhões de euros, sendo uma parte na zona abrangida	Forte contributo positivo
Redução de danos nas infraestruturas do subsolo	Na zona definida de risco, as inundações terão reflexo em várias dimensões	Contributo positivo
Redução da probabilidade de danos nos espaços públicos	Na zona definida de risco, as inundações terão reflexo em várias dimensões	Forte contributo positivo
Redução da probabilidade de danos nos ecossistemas / zonas verdes	Na zona definida de risco, as inundações terão reflexo em várias dimensões	Contributo positivo
Redução da destruição de património cultural classificado	Na zona definida de risco, as inundações terão reflexo em várias dimensões	Forte contributo positivo
Redução da probabilidade de danos nos bens privados	Na zona definida de risco, as inundações terão reflexo em várias dimensões	Forte contributo positivo
Menor perturbação das atividades sociais	Na zona definida de risco, as inundações terão reflexo em várias dimensões	Forte contributo positivo
Reduzir as alterações e restrições de mobilidade	Na zona definida de risco, as inundações terão reflexo em várias dimensões	Forte contributo positivo
Reduzir a perturbação nas atividades económicas (não turísticas)	Na zona definida de risco, as inundações terão reflexo em várias dimensões	Forte contributo positivo
Reduzir a perturbação nas atividades do turismo	Na zona definida de risco, as inundações terão reflexo em várias dimensões	Forte contributo positivo
Redução nos custos acrescidos de seguros	A ser conjugado com outras dimensões de controlo do risco, o reflexo depende do contexto e das seguradoras, possível mas não certo	Positivo
Evitar danos na imagem do município	As zonas onde se prevê ter reduções têm importância em termos de imagem do município e mesmo do País	Forte contributo positivo
Criar resiliência no sistema drenagem	Assegura a resiliência, introduzindo capacidade de resistência no sistema	Forte contributo positivo
Gerar oportunidades na gestão do ciclo da água	Potencia a oportunidade de incluir a reutilização das águas tratadas para as zonas a montante, com possibilidade de rega, lavagem das ruas, entre outros.	Forte contributo positivo

5.16 IMPACTES GLOBAIS DOS DOIS SISTEMAS DE TÚNEIS

Na generalidade, os principais impactes identificados são de caracter localizado e ocorrem durante a fase de construção, principalmente de acordo com as intervenções a realizar à superfície. Considerando as principais intervenções à superfície, nomeadamente a construção dos troços em vala, poços de entrada da tuneladora e poços de ligação, analisou-se os impactes de forma integrada para os locais onde estas ocorrem (integrando os vários fatores ambientais).

Projeto dos dois túneis

A análise efetuada assenta nas áreas de intervenção do projeto dos dois túneis separada em função das zonas de intervenção, nomeadamente a construção de grande parte dos dois túneis em profundidade desenvolvidos pela tuneladora (ou método

de escavação sequencial) (T) e depois intervenções que têm implicações à superfície. Assim, considera-se oito áreas de análise:

A) Intervenções em profundidade que ocorrem com escavação subterrânea (TBM e/ou NATM), nomeadamente:

- Zona T1 - Intervenções em profundidade entre Campolide – Santa Apolónia;
- Zona T2 - Intervenções em profundidade entre Chelas – Beato.

B) Intervenções com reflexo à superfície:

- Zona 1 – Campolide;
- Zona 2 – Avenida Liberdade / Santa Marta;
- Zona 3 – Almirante Reis;
- Zona 4 – Santa Apolónia;
- Zona 5 – Chelas;
- Zona 6 – Beato.

Em cada uma das zonas os impactes têm particularidades e especificidades que devem ser analisadas. Face aos impactes identificados importa considerar um conjunto de potenciais medidas que permitam a minimização ou prevenção dos impactes negativos e a valorização dos positivos, que são sumariamente referenciadas, tendo já sido identificadas ao longo da análise por fator ambiental.

5.16.1 Túnel Monsanto- Santa Apolónia

5.16.1.1 Túnel Monsanto- Santa Apolónia (T1)

Os principais impactes nesta intervenção ocorrem nos fatores ambientais geologia e hidrogeologia e na socio economia, nomeadamente na potencial aproximação à superfície, nas infraestruturas e património construído (ou arqueológico) pelas vibrações e/ou proximidade e passagem física. Esta aproximação à superfície ocorre pontualmente, sendo de destacar a Rua de Santa Marta, a Avenida Almirante Reis e, no troço final do túnel, em Santa Apolónia.

Do ponto de vista hidrogeológico foram identificadas duas áreas com alguma vulnerabilidade. A primeira diz respeito à zona da Estufa Fria de Lisboa no Parque Eduardo VII, e a segunda às antigas Alcaçarias de Alfama na Rua do Terreiro do Trigo.

A primeira zona deve a sua sensibilidade à proximidade ao traçado proposto poder provocar uma potencial alteração temporária dos padrões de fluxo subterrâneo durante o período de construção do túnel poderá levar a um rebaixamento temporário dos níveis piezométricos no poço existente no interior da Estufa Fria. No final do traçado do túnel existe um sistema de falhas geológicas, que o traçado intercetará, acidentes estes que estão na origem do grupo das Alcaçarias de Alfama. Embora as Alcaçarias de Alfama estejam atualmente desativadas e não se confirme à superfície a existência destas nascentes com características termominerais, estas constituem ainda hoje um potencial recurso geotérmico e hidrotermal com potencial reaproveitamento e que poderá, no futuro, ser intercetado em profundidade. Assim, esta zona deve a sua sensibilidade ao facto de durante a escavação do túnel se poder aumentar a recarga subterrânea nesta área sensível potenciando a mistura de águas antigas com circulação ascendente com águas de circulação recente e de má qualidade química, resultantes da mistura de águas pluviais com águas resultantes das perdas das redes (pluviais e esgotos).

Por outro lado, em termos de Património, os locais mais relevantes considerados dizem respeito à aproximação à superfície em Santa Apolónia, que atravessa, ainda em profundidade, a Cerca Fernandina. As sondagens realizadas permitiram

determinar a localização e a cota a que os elementos que constituem a Cerca se encontram, dos quais se salienta o torreão com cota de fundação de cerca de 5.20 m abaixo da cota do pavimento atual e a muralha.

De forma a minimizar estes impactes, está proposta para o local uma alternativa com ajustes no traçado do túnel que permitem que o mesmo passe abaixo da muralha e não intercete o torreão.

De forma a minimizar potenciais impactes na fase de construção, importa garantir o acompanhamento arqueológico na fase de projeto de execução e obra, incluindo o levantamento logo que possível das zonas intervencionadas de interface com o estuário do Tejo na perspetiva de achados náuticos ou subaquáticos.

5.16.1.2 Campolide (Z1)

Os impactes na zona de Campolide ocorrem de forma mais pronunciada em termos de solo e ocupação do solo, bem como ao nível da socio economia e ruído. Embora os recetores sensíveis se encontrem, maioritariamente, a distâncias na ordem dos 200 a 300 m, ocorrerá alteração temporária da ocupação do solo, com potencial afetação das áreas na envolvente, nomeadamente a Quinta do Zé Pinto.

De forma circunscrita e temporária verifica-se ainda desorganização da paisagem e afetação dos fatores biológicos e ecológicos, pela remoção da vegetação existente e pela instalação de estaleiros e acessos de apoio às intervenções no local.

Poderá ainda ocorrer perturbação da circulação na envolvente pela necessidade de transporte de terras provenientes da construção do túnel, que para o TMSA são todas retiradas por Campolide. Deste transporte poderá verificar-se a perturbação nas vias envolventes pelo aumento de tráfego, bem como a emissão de poluentes e ruído, não sendo no entanto significativos, de acordo com as características das vias rodoviárias na envolvente (Rua de Campolide e Eixo Norte-Sul). A perturbação ocorrerá aproximadamente entre 20 a 24 meses (tempo estimado para construção do túnel) e estima-se que seja necessário transportar um volume de terras na ordem dos 161 000 m^3. Decorrente do volume de terras a transportar, prevê-se a necessidade de 4 camiões/hora para o seu transporte, o que se traduz no aumento em cerca de 0.2 % no atual tráfego médio horário no Eixo Norte-Sul e na Rua de Campolide.

De forma a minimizar os impactes deverá promover-se a informação atempada aos vários agentes e boa gestão ambiental da obra, com redução da afetação dos acessos e tráfego nas vias envolventes.

5.16.1.3 Avenida da Liberdade e Rua de Santa Marta (Z2)

Na Avenida da Liberdade/Santa Marta, na fase de construção, as intervenções à superfície são temporárias (prevê-se uma duração de 9 a 12 meses) e localizadas, pelo que os fatores ambientais com afetação dizem respeito sobretudo à socio economia, com constrangimentos na mobilidade e acessos e perturbação das atividades no local, quer seja residenciais, quer seja atividades económicas. Com igual perturbação das atividades locais salienta-se o ruído e o aumento de poeiras, sobretudo pela existência de espaços de restauração com esplanadas exteriores.

Além dos restantes recetores sensíveis identificados, importa destacar a localização da Universidade Autónoma de Lisboa e, especificamente, do Hospital de Santa Marta, aos quais deve ser dada especial atenção, garantindo-se o acesso ao local e a minimização da perturbação decorrente das intervenções no local.

Decorrente das intervenções poderá ocorrer perturbação das vias na envolvente, destacando-se a Avenida da Liberdade, Rua Alexandre Herculano, Rua de Santa Marta e Rua Barata Salgueiro. O condicionamento da circulação nas vias deve ser realizado de modo faseado, de forma a que, ainda que condicionada, não se impossibilite a circulação no local.

De um modo geral, de forma a minimizar os impactes é essencial que, sobretudo na fase de construção, seja desenvolvido um programa para informação dos vários agentes envolvidos e de minimização dos impactes, a ser adotado pelo empreiteiro.

Durante a fase de operação poderão ocorrer algumas operações de manutenção, especificamente para limpeza e remoção dos grossos acumulados nos poços construídos no local. No entanto, estas operações são esporádicas, pelo que a afetação além de temporária, será de reduzida frequência.

5.16.1.4 Avenida Almirante Reis (Z3)

As características do local e das intervenções a realizar na Avenida Almirante Reis são semelhantes às referidas para a Z2, sendo igualmente circunscritas e temporárias (duração prevista entre 9 a 12 meses), pelo que os impactes são também semelhantes.

Salienta-se assim os impactes ao nível do solo e ocupação do solo, com alteração localizada da sua ocupação, perturbações na mobilidade viária e pedonal e afetação dos níveis de ruído e qualidade do ar no local.

As perturbações serão essencialmente induzidas nas atividades locais que, além de uso residencial, são constituídas por uso comercial, nomeadamente pequenas lojas, minimercados e restauração.

Ao nível da mobilidade, importa referir sobretudo a perturbação da circulação na Avenida Almirante Reis, Rua Antero de Quental e Travessa do Maldonado.

5.16.1.5 Santa Apolónia (Z4)

Santa Apolónia é também uma zona com características urbanas, com várias tipologias de atividades e vias rodoviárias cujo tráfego é considerável na sua envolvente.

Decorrente das intervenções no local, nomeadamente construção do troço em vala até à zona de descarga, os impactes são de um modo geral mais significativos no que respeita aos fatores socioeconómicos, ruído e potencialmente património.

Os locais mais afetados pelas intervenções referidas, dada a proximidade às intervenções, prevê-se que sejam a Igreja Ortodoxa Russa, as instalações da Esquadra da PSP, da creche APPI e do Museu Militar e espaços de restauração e habitação na envolvente imediata. No que respeita à restauração, refira-se a existência de espaços com esplanada exterior com potenciais impactes mais significativos. Ao nível dos serviços refira-se ainda no espaço exterior, o condicionamento físico do atual parque de estacionamento e paragens de transportes públicos no local.

Durante a fase de construção deverá garantir-se o acesso aos serviços e atividades existentes no local.

Relativamente ao património, decorrente da alternativa selecionada, importa considerar os potenciais impactes, salientando-se a afetação da Cerca Fernandina. Importa referir, no entanto, que existe uma alternativa proposta que considera o ajuste do traçado do túnel de forma a não intercetar o património existente minimizando os impactes decorrentes da construção do troço do túnel no local.

Em termos de mobilidade, as vias rodoviárias na envolvente potencialmente mais afetadas e com condicionamentos na circulação viária e pedonal prevê-se que sejam a Rua do Museu de Artilharia, Beco do Belo, Rua Jardim do Tabaco, Largo do Museu de Artilharia, Rua Teixeira Lopes e Avenida Infante D. Henrique.

Em Santa Apolónia ocorrerá igualmente saída de terras provenientes da construção do troço em vala até à zona de descarga no Estuário e necessidade de transporte das mesmas. Prevê-se que as intervenções ocorram num período estimado de 9 a 12 meses e o volume de terras a transportar corresponda a cerca de 21 000 m^3. Dado o volume de terras previsto, estima-se

que seja necessário 1 camião por hora de forma a transportar os materiais retirados do troço em construção, o que se traduz num aumento de tráfego nas vias envolventes, das quais se salienta a Avenida Infante Dom Henrique, com um aumento estimado no tráfego horário em cerca de 0.1 %, face ao atual tráfego médio horário.

De forma a minimizar os impactes deverá promover-se a informação atempada aos vários agentes e boa gestão ambiental da obra, com redução da afetação dos acessos e tráfego nas vias envolventes. As intervenções a realizar deverão ser concertadas com outros programas a executar no local por parte da CML, como por exemplo o programa "Uma Praça em cada Bairro".

Na qualidade da água, durante a fase de operação, a afetação do meio recetor (estuário do rio Tejo) será minimizada pela existência de poços de grossos de controlo de carga afluente. De igual modo, o elevado grau de diluição dos volumes descarregados leva a uma persistência temporal das plumas muito reduzida o que, conjugado com as velocidades do meio recetor, se traduz num impacte muito diminuto, sendo praticamente inexistente.

A potencial afetação dos cruzeiros no local de descarga foi também considerada, sendo proposta uma solução que contempla a colocação de uma antepara em frente à descarga, minimizando as perturbações decorrentes da descarga.

5.16.2 Túnel Chelas-Beato

5.16.2.1 Túnel Chelas-Beato (T2)

O TCB ocorre também maioritariamente em profundidade, não existindo ao longo da sua construção com tuneladora (ou método de escavação sequencial) locais com aproximação à superfície, à exceção dos locais de entrada e saída da tuneladora, onde se poderão fazer sentir alguns impactes ao nível da socio economia, pela existência temporária e localizada de vibrações e ruído.

Saliente-se que existem diferentes alternativas para o TCB, as quais consideram traçados distintos e diferentes pontos de descarga. Dada a existência na zona do Beato de um Geomonumento (Geomonumento da Rua Capitão Leitão), para a Alternativa TCB1, o traçado foi ajustado de forma a que o mesmo não seja afetado pela construção do túnel, dando origem à Alternativa TCB4 que não apresenta impactes ao nível da geologia. Constituem também alternativas ao traçado inicial as Alternativas TCB2 e TCB3, também analisadas neste estudo.

5.16.2.2 Chelas (Z5)

Na zona de Chelas as intervenções à superfície ocorrem numa zona onde embora não existam atualmente edifícios de habitação em utilização, existem algumas edificações, nomeadamente armazéns e barracas, pelo que se preveem algumas expropriações ou deslocações temporárias. Identificam-se assim impactes ao nível do solo e ocupação do solo pela necessidade de expropriação ou alteração da localização de edifícios e alteração do uso atual, bem como ao nível da socio economia, pelas normais perturbações associadas à fase de construção (aumento de ruído, poeiras e perturbações na circulação).

A perturbação na circulação ocorre sobretudo na Estrada de Chelas, Avenida Santo Condestável e Calçada da Picheleira, tanto pelo condicionamento físico associado às intervenções, como pelo possível aumento de tráfego decorrente do transporte de terras provenientes da obra de entrada e construção das câmaras de desvio de caudal e da construção do troço do túnel com tuneladora (ou método de escavação sequencial). Note-se que, embora não se considerem significativos, em fase de planeamento de obra, serão previstas medidas para a mitigação destes efeitos.

De acordo com as intervenções a realizar no local, prevê-se a necessidade de transportar um volume aproximado de 39 000 m^3, distribuídos ao longo dos 6 a 8 meses correspondentes ao período estimado para intervenções à superfície em Chelas e construção do troço de túnel em profundidade. Destes decorre um aumento de 0.5 % no tráfego médio horário na Estrada de Chelas, associados à necessidade de 4 camiões por hora para transporte das terras excedentes no local.

No local poderão ainda ocorrer impactes nos fatores biológicos e ecológicos pela remoção da vegetação existente, recomendando-se, se relevante, que na fase final da construção os quantitativos de vegetação sejam restabelecidos.

5.16.2.3 Beato (Z6)

No Beato a intervenção considera também um troço construído em vala, pelo que os impactes estão relacionados, sobretudo, com os fatores socioeconómicos e dependem da alternativa selecionada.

De um modo geral verifica-se a perturbação da circulação nas vias na envolvente das intervenções, salientando-se os constrangimentos na Avenida Infante D. Henrique, com interferência na circulação, perturbação de transportes públicos e na circulação pedonal, nomeadamente pelo condicionamento da ciclovia existente. Serão também afetadas as atividades existentes na envolvente, pelas normais perturbações decorrentes da fase de construção (ruído, poeiras, entre outros).

Como referido, a circulação na Avenida Infante D. Henrique será afetada. Esta afetação decorre de constrangimentos físicos decorrentes da construção do troço em vala (para qualquer das alternativas) e também pelo aumento do tráfego associado ao transporte de terras excedentes. De acordo com as características previstas para as intervenções na zona do Beato, estima-se a necessidade de transportar um volume de terras na ordem dos 26 000 m^3. Decorrente do seu transporte será gerado um fluxo de 2 camiões por hora que se traduz num aumento de 0.1 % no tráfego médio horário na referida via.

A Alternativa TCB1 contempla a saída do túnel na Rua Amigos de Lisboa. Esta zona de saída apresenta algumas condicionantes do ponto de vista da descarga no rio, uma vez que o ponto de descarga se localiza numa área concessionada pela Administração do Porto de Lisboa onde as atividades no estuário do Tejo são mais intensas e onde as embarcações que atracam são de menores dimensões comparadas com as que atracam em Santa Apolónia.

Na Alternativa TCB2 prevê-se que a área de saída do túnel se localize junto à Calçada D. Gastão, sendo a principal condicionante a necessidade de se demolirem entre 1 a 3 edifícios e a expropriação de uma zona de terreno urbano.

Na Alternativa TCB3 prevê-se que a área de saída do túnel se localize em frente ao Convento do Grilo, onde a principal condicionante é a da necessidade de se construir o túnel sob este edifício, que está classificado como Imóvel de Interesse Público desde o ano de 2002.

Posteriormente foi identificada uma outra condicionante relativamente à zona de descarga das alternativas TCB2 e TCB3, relacionada com o projeto para a Terceira Travessia do Tejo, cujos pilares se preveem vir aí assentar. De salientar ainda a proposta para desenvolvimento futuro de outros projetos no local, os quais potencialmente poderão vir a ser afetados pelo desenvolvimento destas alternativas.

A Alternativa TCB4 foi desenvolvida em resposta às condicionantes identificadas relativamente ao traçado da Alternativa TCB1, pelo que considera um ajuste no traçado junto ao geomonumento identificado, bem como uma zona de descarga alternativa, onde as atividades do Porto de Lisboa no estuário do Tejo são menos intensas.

Para a descarga no Beato, privilegiou-se a seleção de uma geometria que permite que a descarga seja realizada em profundidade, minimizando os impactes no estuário do Tejo e nas atividades existentes.

5.17 IMPACTES CUMULATIVOS

5.17.1.1 Potenciais impactes

Os impactes cumulativos podem ser os impactes que resultam da interferência com outros projetos existentes, ou a existir, na envolvência e/ou na alteração do estado de qualidade de um recurso, em resultado da acumulação de um determinado poluente.

O facto de grande parte da intervenção ser executada em profundidade leva a que os potenciais impactes cumulativos existente estejam associados às intervenções à superfície.

Na fase de construção os principais impactes cumulativos negativos podem estar associados à possibilidade de ocorrerem, em simultâneo, outras atividades construtivas na envolvente (associadas a outros projetos). À semelhança do que acontece no projeto em análise, poderá ocorrer necessidade de transporte de materiais e equipamentos noutras atividades construtivas a acontecer paralelamente ao projeto dos túneis, o que pode pressionar o tráfego e refletir-se em constrangimentos na circulação em locais específicos da cidade. Deste modo, é desejável que, na fase de construção, os horários e rotas de acesso às áreas de intervenção sejam geridas para que se minimizem os constrangimentos.

Efeito contrário está associado ao facto de ocorrerem intervenções (na mesma zona da cidade) com horizontes temporais desfasados, alargando o período temporal da perturbação. De forma a minimizar a perturbação numa dada zona, poderá potenciar-se a concertação das intervenções a ocorrer, minimizando o horizonte temporal a que uma dada zona está sujeita a perturbações decorrentes das obras. Deste modo, será aconselhável que as obras de construção necessárias possam ocorrer simultaneamente, tanto quanto possível, minimizando assim o tempo de duração do ruído e da perturbação, associado ao conjunto das fases de construção decorrentes de diferentes projetos.

Refira-se ainda os programas previstos pela CML para as áreas a intervencionar, existindo desde já uma preocupação em concertar as intervenções decorrentes dos túneis com o que se pretende implementar nos programas previstos. Especificamente salienta-se o caso de Santa Apolónia, onde os acabamentos finais do troço construído à superfície já consideram o que se pretende no âmbito do programa “Uma Praça em cada Bairro”, contribuindo para a gestão local das águas (o que significa um impacte cumulativo positivo).

Na Figura 5.17-1 apresenta-se, em planta, a zona de intervenção para a implantação da descarga do túnel integrando o *layout* proposto no “Programa Base do Projeto Integrado de Enquadramento e Integração de Intervenção Artística – Obra de Arte para a Frente da Estação de Santa Apolónia, 2015”.

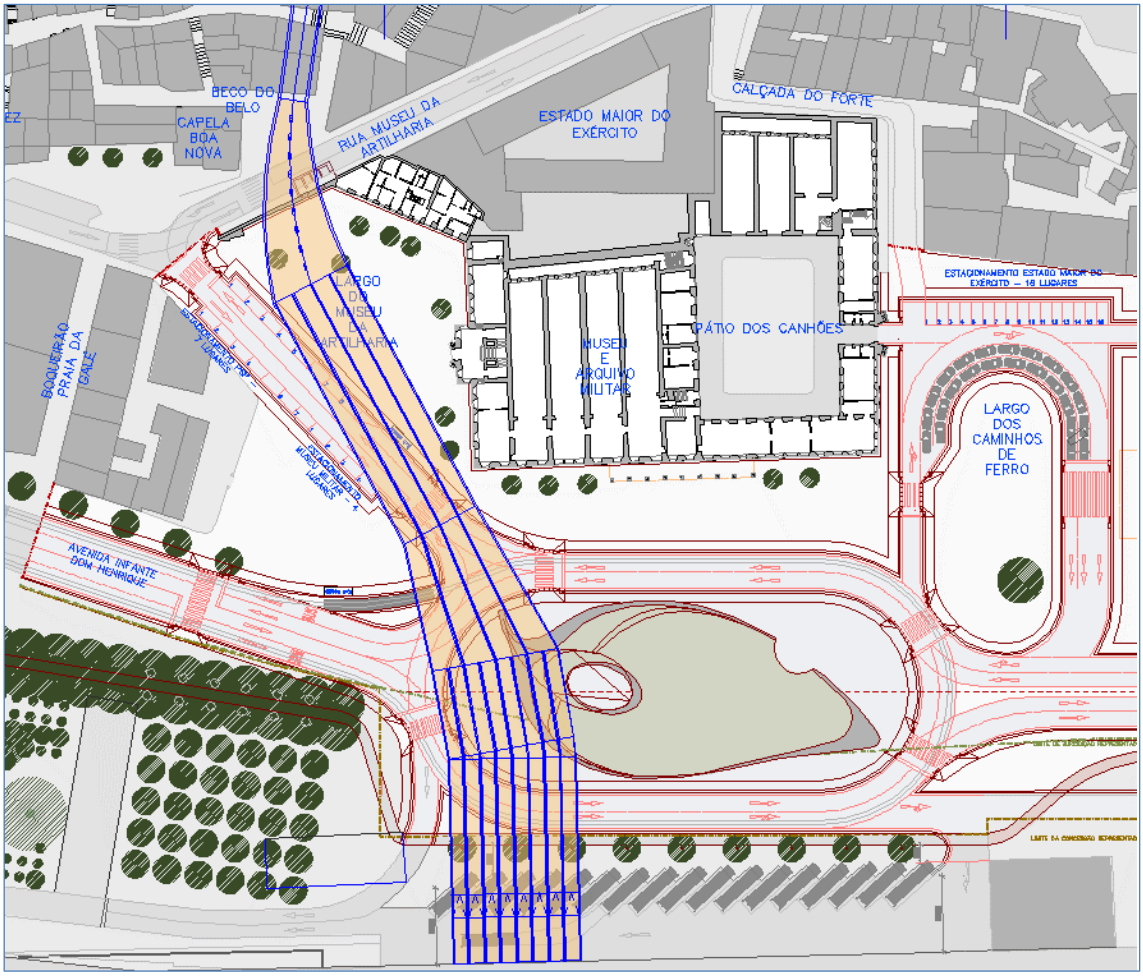


Figura 5.17-1 - Implantação do troço final do TMSA sobre as intervenções propostas para Santa Apolónia (traçado da Alternativa TMSA2)

Fonte: (Hidra, 2016)

De um modo geral, de forma a minimizar os potenciais impactes cumulativos negativos e potenciar os positivos, as intervenções previstas no presente projeto estão a ser, na medida do possível, articuladas com o programa "Uma Praça em cada Bairro" e o plano "Pavimentar Lisboa 2015-2020", bem como com o Plano de Acessibilidade Pedonal, de modo a que, sempre que se intervenha numa determinada zona da cidade, se resolvam integralmente os problemas urbanísticos e de drenagem diagnosticados.

As intervenções da fase de construção devem igualmente ser concertadas com as atividades complementares previstas no PGDL 2016-2030, minimizando o período da perturbação por prolongamento das fases de construção de diferentes intervenções potencialmente não concertadas.

Na fase de operação, verifica-se um impacte cumulativo positivo, induzido pelos benefícios decorrentes da implementação das ações complementares previstas no PGDL, que irão funcionar de modo sinérgico com o funcionamento dos túneis. Adicionalmente, deverá garantir-se uma gestão adequada à escala local, nomeadamente na gestão de logradouros, impermeabilização de espaços, entre outros, que resultarão num impacte cumulativo positivo, potenciando o adequado funcionamento do sistema de drenagem em concertação com o funcionamento dos túneis e restantes ações previstas no PGDL.

A concertação das diferentes ações e modos de gestão adequados (incluindo a eventual adoção de modos de gestão ambiental da obra) permitirão um desenvolvimento económico superior nas zonas atualmente afetadas, decorrentes dos impactes cumulativos positivos que se preveem.

5.17.1.2 Medidas

Assim recomenda-se a implementação de:

ME 5.17-1 Na fase de projeto de execução a atualização e concertação das atividades previstas nas zonas do projeto a serem integradas no projeto de execução e no faseamento das obras a realizar (concertando intervenções no mesmo local).

ME 5.17-2 Programa de gestão ambiental para a obra já com a perspetiva da nova norma ISO 14001:2015 e a sua consideração no contexto e zonas envolventes e sua evolução e uma gestão das medidas propostas para a obra (ver capítulo 6).

5.18 AVALIAÇÃO GLOBAL

A avaliação dos impactes tem em vista a sua classificação. A avaliação é um processo subjetivo que tem em vista contribuir para fundamentar, assegurar consistência e tornar a avaliação mais objetiva, utilizando-se um conjunto de critérios explícitos. De seguida, procede-se à classificação dos impactes decorrentes das várias ações do projeto, para a fase de construção e operação. Os impactes são classificados quanto à:

- Natureza: Direto (D); Indireto (I); Secundário (SC);
- Probabilidade de ocorrência: Certo (Ct); Incerto (It).
- Duração: Permanente (P); Temporário (T);
- Escala: geográfica e população afetada – Local (intervenções localizadas à superfície); Zona envolvente imediata dos locais com intervenção à superfície; Freguesia; Município; Região; Nacional e Internacional.

A avaliação da significância resultou, assim, da combinação de vários fatores como a probabilidade de ocorrência do impacte (certo ou incerto) em relação com os possíveis efeitos no fator e sua duração, pela importância apreendida pelos recetores sensíveis, escala do impacte (área de intervenção ou envolvente), entre outros, podendo ser positivo ou negativo.

Na avaliação global, os impactes foram classificados pela equipa do EIA, por fator ambiental, de acordo com a sua significância (ou importância). A escala utilizada é a seguinte (Quadro 5.18-1):

Quadro 5.18-1 – Escala de classificação do grau de significância

Positivos	Grau de Significância	Negativos
	(Ø) nulo ou inexistente (0)	
+	Pouco significativo (1)	-
++	Reduzido significado (2)	--
+++	Significativo (3)	---
++++	Muito significativo (4)	----
+++++	Muito elevado significado (5)	-----

Nesta matriz utiliza-se ainda a sigla (Ø), que se destina a classificar como nulo ou não existente o impacte provocado por uma determinada ação do projeto sobre um determinado fator ambiental. Por exemplo, o impacte da construção dos túneis no clima reflete-se à escala local, sendo pouco significativo ou quase inexistente, pelo que será classificado na Matriz de impactes, quanto ao grau de significância, como (Ø) ou (1). Já a compactação dos solos, derivada do funcionamento da maquinaria de apoio à obra e implantação de estaleiros e acessos, vai ter impactes diretos (D), certos (Ct) e temporários (T), no fator ambiental solos e ocupação do solo, que se refletem à escala local de forma negativa, ou seja classificados com a notação D, Ct, T, (-).

A área de intervenção global foi definida com o pressuposto de que esta se traduz numa área projetada à superfície cuja largura corresponde ao diâmetro do túnel e considera uma largura envolvente em todo o seu comprimento. Como base de cálculo considerou-se, assim, um comprimento de 5 000 m e uma largura total de 50 m. Deste modo, tendo como base uma área de intervenção global do projeto de 250 000 m^2, analisou-se a significância de cada impacte de acordo com a percentagem de afetação em relação à área total. Considerou-se igualmente a importância do recurso afetado como um aspeto que influencia a significância do impacte.

Quadro 5.18-2 - Critérios de avaliação da significância dos impactes

Grau de Significância	% da área de intervenção global afetada pelo impacte
(Ø) nulo ou inexistente (0)	< 0.1%
Pouco significativo (1)	< 1 %
Reduzido significado (2)	< 5 %
Significativo (3)	< 10 %
Muito significativo (4)	< 25 %
Muito elevado significado (5)	> 25 %

A identificação dos impactes e sua significância foi assim realizada para cada um dos fatores ambientais em análise. Para cada fator analisado foram identificados um ou mais impactes (positivos ou negativos), podendo cada ação do projeto ser responsável por impactes com diferentes implicações e graus.

Na matriz apresenta-se a significância dos impactes nas colunas referentes à sua avaliação e destaca-se também a significância por fator ambiental (Quadro 5.18-3), utilizando-se para tal uma escala de cores, composta por verde (significância 0 a 1), amarelo (significância 2 a 3) e laranja (significância 4 a 5). Esta avaliação global da significância dos impactes do projeto e, nomeadamente, por fator ambiental, pretende transmitir, de forma resumida, os principais impactes negativos e positivos do projeto e a sua significância global.

Quadro 5.18-3 - Significância global dos fatores ambientais para a zona em estudo

Inexistente a pouco significativo **Significativo** **Muito significativo**

A análise global de impactes foi primeiramente efetuada de forma individual para cada túnel. A partir desta avaliação comparam-se as alternativas que resultaram da evolução do projeto, para cada túnel, de forma a analisar qual a que confere ao projeto um melhor desempenho global. Após analisados os impactes das diferentes alternativas procede-se à avaliação global para o projeto, contemplando as alternativas selecionadas e desenvolvidas no projeto (TMSA2 e TCB4).

De acordo com a metodologia descrita, de seguida apresenta-se uma síntese dos potenciais impactes previstos para o projeto dos dois túneis, quer para a fase de construção, quer para a fase de operação.

5.18.1 Fase de Construção

Para cada fator ambiental, função das atividades construtivas previstas e dos critérios definidos, foi efetuada a avaliação dos impactes resultantes da fase de construção do projeto dos túneis de drenagem do PGDL, em fase de estudo prévio. Como referido, primeiramente, a avaliação foi efetuada para cada túnel, permitindo a comparação entre as alternativas estudadas. Posteriormente, considerando as alternativas selecionadas e desenvolvidas em projeto (TMSA2 e TCB4) para cada túnel, apresenta-se a avaliação global dos impactes para o projeto na fase de construção, com uma duração total prevista entre 36 a 40 meses.

5.18.1.1 Túnel Monsanto-Santa Apolónia

A fase de construção do TMSA provoca alteração do território e perturbação localizada a diferentes níveis.

Do ponto de vista ambiental, de acordo com as atividades previstas na fase de construção, o TMSA apresenta impactes negativos, localizados e temporários, pela alteração da ocupação do solo à escala local, potencial afetação de património arqueológico, afetação temporária do sistema de drenagem existente e, embora menos significativo, pelas emissões decorrentes das atividades previstas (afetação da qualidade do ar, ruído, entre outros).

Em termos sociais, como é usual na fase de construção, poderá haver alguma perturbação (ruido, poeiras, constrangimentos na circulação, entre outros) associada a impactes negativos e temporários, que se circunscrevem às zonas com intervenção à superfície e sua envolvente imediata (Campolide, Avenida da Liberdade, Santa Marta, Almirante Reis e Santa Apolónia). Haverá ainda perturbação da mobilidade, tanto viária como pedonal, decorrente dos condicionamentos associados às vias rodoviárias onde ocorrem intervenções à superfície e vias na envolvente das intervenções. Dado as intervenções ocorrerem junto a vias com fluxo de tráfego desde já elevado (Eixo Norte-Sul, Avenida Infante Dom Henrique, entre outras), o aumento da circulação de veículos pesados para transporte de materiais para obra e transporte de terras provenientes da execução do traçado previsto, será facilmente diluído no atual tráfego existente nas vias rodoviárias utilizadas.

Em termos económicos, o investimento total associado ao projeto, com a dinâmica gerada é positivo de forma muito significativa, acrescido pela geração de emprego que contribui também economicamente. Este balanço positivo é assegurado e até acrescido pelo facto da operação dos túneis beneficiar zonas que, atualmente, constituem zonas com elevada vulnerabilidade ao risco de inundação, minimizando a ocorrência de inundações e os prejuízos decorrentes. A redução da vulnerabilidade ao risco de inundação em zonas críticas da cidade traduz-se em benefícios económicos que ultrapassam facilmente o valor do investimento inicial do projeto.

Para a zona de descarga o projeto considera, de acordo com o estudo realizado, uma opção de descarga com um muro em frente à descarga que permite minimizar os impactes no meio recetor ao nível da hidrodinâmica, limitando as perturbações nas atividades do Porto de Lisboa.

As soluções de projeto inicialmente propostas foram analisadas, traduzindo-se a sua evolução nas alternativas apresentadas neste estudo, o que permitiu o desenvolvimento de propostas ajustadas às condicionantes locais. Decorrente da evolução das alternativas de projeto resulta para o TMSA a Alternativa TMSA2 que considera desde já as condicionantes ao nível do património, procurando minimizar os impactes neste fator. No Anexo AIII-2 apresenta-se em detalhe a matriz de avaliação dos impactes para o TMSA, que contempla a avaliação individual para cada alternativa, evidenciado, como esperado, a Alternativa TMSA2 como a alternativa globalmente mais favorável para o traçado do TMSA.

Distinção entre alternativas

Para o TMSA foram analisadas as duas alternativas, nomeadamente a Alternativa TMSA1 e Alternativa TMSA2, que resultou da evolução do projeto e corresponde à alternativa selecionada e desenvolvida em projeto. As alternativas analisadas consideram alterações ao nível do traçado final, em Santa Apolónia, sendo as diferenças na avaliação refletidas ao nível dos impactes no património arqueológico e arquitetónico.

Património arqueológico e arquitetónico

A Alternativa TMSA1 corresponde à alternativa base para o traçado do TMSA definida ainda no âmbito do PGDL. Por outro lado, a evolução do traçado para a Alternativa TMSA2 considera desde já ajustes de acordo com as sondagens arqueológicas realizadas. Deste modo, considera-se que os seus impactes são pouco significativos a inexistentes (classificando-se na matriz como Direto, Permanente, Incerto e com Significância -1). Para a Alternativa TMSA1, os impactes ao nível do património são muito significativos, passando o impacte a ser classificado como Certo e a sua classificação assume uma Significância de -4.

Alternativa mais favorável

A maioria do traçado realizado em profundidade, bem como o local e características da intervenção na zona de descarga não diferem entre alternativas, pelo que, de acordo com a avaliação efetuada para a fase de construção facilmente se evidencia que a Alternativa TMSA2 apresenta impactes globalmente mais favoráveis.

5.18.1.2 Túnel Chelas-Beato

A fase de construção do TCB provoca a alteração do território e a perturbação localizada a diferentes níveis.

Do ponto de vista ambiental esta perturbação traduz-se essencialmente na potencial afetação de património geológico, alteração do uso do solo, perturbações no sistema de drenagem e na emissão das cargas usuais na fase de construção (afetação da qualidade do ar, ruído, entre outros).

Em termos sociais, à semelhança do que se verifica para o TMSA, poderá haver alguma perturbação (ruido, poeiras, constrangimentos na circulação, entre outros), tendo também impactes negativos e temporários, que se circunscrevem às zonas com intervenção à superfície e sua envolvente imediata (Chelas e Beato). Haverá ainda perturbação da mobilidade, tanto viária como pedonal, decorrente dos condicionamentos associados às vias rodoviárias onde possam ocorrer intervenções à superfície e vias na envolvente das intervenções. Dado as intervenções ocorrerem junto a vias com fluxo de tráfego desde já elevado (por exemplo, Estrada de Chelas e Avenida Infante Dom Henrique), o aumento da circulação de veículos pesados para transporte de materiais para obra e transporte de terras provenientes da execução do túnel, será facilmente diluído no atual tráfego existente nas vias rodoviárias utilizadas.

Analogamente, em termos económicos, o investimento associado à construção do TCB, com a dinâmica gerada, é positivo de forma significativa, acrescido pela geração de emprego que contribui também economicamente. Este balanço positivo é assegurado e até acrescido pelo facto da operação dos túneis beneficiar zonas que, atualmente, constituem zonas com elevada vulnerabilidade ao risco de inundação, minimizando a ocorrência de inundações e os prejuízos decorrentes. De igual modo, a redução da vulnerabilidade ao risco de inundação em zonas críticas da cidade traduz-se em benefícios económicos que ultrapassam facilmente o valor do investimento inicial do projeto.

Também para o TCB, as soluções de projeto inicialmente propostas foram analisadas, traduzindo-se a sua evolução nas alternativas analisadas neste estudo, o que permitiu o desenvolvimento de uma alternativa final ajustada às condicionantes locais. Da evolução da proposta base para o projeto do TCB foram desenvolvidas diferentes alternativas, que contemplam

zonas distintas para a localização da descarga, nomeadamente pela seleção de locais onde não ocorram interferências com as atividades do Porto de Lisboa, resultando nas alternativas TCB2 e TCB3. Também a Alternativa TCB1 foi ajustada de forma a limitar os potenciais impactes associados ao traçado inicialmente proposto, resultando destes ajustes a Alternativa TCB4. O traçado foi ajustado junto ao Geomonumento da Rua Capitão Leitão de forma a evitar afetação deste geomonumento e o seu trecho final foi desviado para norte, sendo a descarga realizada num local onde as atividades portuárias no estuário são menos intensas, o que minimiza os impactes socioeconómicos na fase de operação.

Para o TCB, as diferenças entre as alternativas estudadas (TCB1, TCB2, TCB3 e TCB4) distinguem-se sobretudo ao nível das perturbações no troço final, com influência nos fatores ambientais da geologia, solos e ocupação do solo, ruído, património e socio economia. No Anexo AIII-2 apresenta-se em detalhe a matriz de avaliação dos impactes para o TCB, que contempla a avaliação individual para cada alternativa, de forma a evidenciar qual a alternativa mais favorável.

Distinção entre alternativas

As alternativas consideram traçados distintos após o inicio da construção do túnel em profundidade, sendo que os impactes diferem sobretudo nos fatores ambientais afetados pelas atividades de construção do troço final em vala. Destes decorrem as seguintes diferenças na avaliação das alternativas:

Geologia e geomorfologia

Dada a presença do Geomonumento da Rua Capitão Leitão na envolvente do traçado inicialmente proposto para a Alternativa TCB1, cujo traçado coincide com a sua localização, o impacte ao nível da afetação de património geológico classifica-se como Direto, Permanente, Certo e com significância -4. Para as restantes alternativas os impactes são nulos. Destas destaca-se a Alternativa TCB4 cujo traçado foi projetado de forma a evitar a afetação do geomonumento referido.

Solo e ocupação do solo

No caso da Alternativa TCB2 a saída do túnel dá-se na Calçada D. Gastão e implica a expropriação de propriedade privada, enquanto que para a Alternativa TCB3 a saída do túnel ocorre na zona do Convento do Grilo e os terrenos afetados são propriedade da CML, pelo que não se preveem expropriações nesta zona. De igual modo, para as Alternativas TCB1 e TCB4 não se prevê a necessidade de expropriação de terrenos. A significância do impacte ao nível da dimensão social se considera superior no caso da Alternativa TCB2, considerando-se o impacte mais significativo pelo que é classificado com significância -2.

Património arqueológico e arquitetónico

Para a Alternativa TCB3 importa considerar a potencial afetação do património pela necessidade de construção sob o Convento do Grilo, que está classificado como Imóvel de Interesse Público desde o ano de 2002. Neste caso os impactes consideram-se mais significativos, assumindo uma significância de -3, decorrente da potencial afetação do património existente no local. Nas restantes alternativas os impactes consideram-se incertos, sendo pouco significativos a potencialmente inexistentes (-1).

Ruído

Atividades de construção no geral

Nas alternativas TCB1, TCB2 e TCB4, dada a ocupação da envolvente dos troços realizados em vala, onde se verifica a existência de atividades empresariais e de ensino/formação, a perturbação decorrente do aumento do nível do ruído terá um impacte mais significativo, que se reflete na avaliação do respetivo fator ambiental, especificamente na dimensão

económica. Esta afetação constitui uma diferença na avaliação, sendo a significância do impacte de -2 para as Alternativas TCB1, TCB2 e TCB4 e de -1 no caso da Alternativa TCB3. Na dimensão social, de acordo com a população residente em cada área de intervenção (superior a 300 habitantes para as Alternativas TCB2 e TCB3), considera-se que a perturbação assume uma maior significância no caso das Alternativas TCB2 e TCB3, com um impacte avaliado como -2.

Socio economia

Atividades de construção no geral

Nas alternativas TCB1, TCB2 e TCB4, dada a ocupação da envolvente dos troços realizados em vala, onde se verifica a existência de atividades empresariais e de ensino/formação, o impacte é mais significativo na dimensão económica. Esta afetação constitui assim uma diferença na avaliação, sendo a sua significância de -2 para as Alternativas TCB1, TCB2 e TCB4 e de -3 no caso da Alternativa TCB3. Na dimensão social, de acordo com a população residente em cada área de intervenção (superior a 300 habitantes para as Alternativas TCB2 e TCB3), considera-se que a perturbação assume uma maior significância no caso das Alternativas TCB2 e TCB3, com um impacte avaliado em -2.

Compatibilidade com atividades e projetos previstos

Dependendo da alternativa em análise e respetiva zona de construção do túnel em vala e localização da descarga poderá existir um maior condicionamento de atividades e projetos desde já a ser desenvolvidos para a zona. A perturbação causada pela construção do túnel no local poderá refletir-se no condicionamento de outros projetos ou mesmo na inviabilização da sua evolução para o local.

Neste sentido salienta-se as Alternativas TCB2 e TCB3 cujo troço final é adjacente à localização dos pilares da ponte da 3ª Travessia sobre o Tejo, podendo induzir algumas condicionantes à sua execução. Por outro lado, para a zona do troço final da TCB2, há já um projeto em desenvolvimento, que será também potencialmente afetado. Neste aspeto, para as Alternativas TCB1 e TCB4 considera-se o impacte como inexistente e para as Alternativas TCB2 e TCB3 a significância do impacte é mais elevada, destacando-se a Alternativa TCB2 com uma significância de -2 e -3, nas dimensões social e económica, respetivamente.

Alternativa mais favorável

Às diferentes alternativas de traçado a do TCB correspondem, na fase de construção, diferentes impactes ao nível dos fatores ambientais da geologia, solo e ocupação do solo e ruído, bem como ao nível da socio economia e património. De um modo global, ponderando as condicionantes identificadas para a fase de construção, considera-se que a afetação decorrente do condicionamento ou inviabilização de projetos a desenvolver para os respetivos locais das intervenções das Alternativas TCB2 e TCB3 é considerada significativa. Da mesma forma, para a Alternava TCB1, a afetação de património geológico é considerada relevante. Face ao exposto, a Alternativa TCB4 apresenta-se como globalmente mais favorável.

5.18.1.3 Avaliação global do projeto na fase de construção

A análise dos impactes para as várias alternativas resultantes da evolução do projeto para cada túnel confirmou que as Alternativas TMSA2 e TCB4 são as alternativas globalmente mais favoráveis para cada traçado. A avaliação global para o projeto considera assim os impactes identificados para as Alternativas TMSA2 e TCB4, para o túnel Monsanto-Santa Apolónia e Chelas-Beato, respetivamente, tendo sido estas as alternativas selecionadas e desenvolvidas no projeto. A matriz com a síntese dos impactes mais relevantes identificados em fase de construção apresenta-se no Quadro 5.18-4.

De um modo geral, na fase de construção, enquanto fatores ambientais suscetíveis a impactes mais significativos, quer sejam positivos ou negativos, importa referir a hidrogeologia e recursos hídricos subterrâneos, os solos e ocupação do solo, ruído, hidrologia, drenagem e qualidade das águas superficiais, socio economia e resíduos, afetados sobretudo pelas atividades de construção que incluem construção dos troços em vala, obras de entrada e poços de ligação.

Estes impactes refletem-se, em alguns fatores ambientais, ao nível do ambiente em sentido estrito, atingindo a classificação de -2, para a generalidade dos fatores ambientais referidos e de -3 para o fator ambiental da hidrogeologia e recursos hídricos subterrâneos, pela potencial afetação temporária dos níveis dos piezómetros no poço existente no interior da Estufa Fria.

Os impactes negativos refletem-se ainda na dimensão social, decorrentes das atividades de construção com especial expressão na afetação da atual ocupação do solo (-2) e pelo aumento dos níveis de ruído (-2), perturbação na mobilidade, afetação da qualidade de vida da população residente, com expressão nos fatores socioeconómicos à escala local (-2).

Em termos económicos os impactes refletem-se na socio economia, sendo positivos pelo investimento gerado e negativos no que respeita à afetação das atividades económicas, sobretudo nas zonas mais urbanizadas, como Avenida da Liberdade, Santa Marta, Almirante Reis e Santa Apolónia e ainda pela necessidade de expropriação ou alteração da localização de alguns edifícios em Chelas, na zona de início do traçado do túnel e implantação do estaleiro.

Embora os impactes se revelem negativos em diferentes fatores ambientais, considera-se que a afetação tem, globalmente, um significado reduzido dado o seu caracter localizado, comparativamente à extensão total dos túneis, que são maioritariamente construídos em profundidade.

Durante o desenvolvimento das atividades construtivas registam-se também impactes negativos no que respeita à geologia e geomorfologia, qualidade do ar, desorganização da paisagem, clima e fatores biológicos e ecológicos, afeta à instalação do estaleiro, acessos, deposição de materiais de construção e circulação de veículos, sendo que estes poderão ser substancialmente reduzidos pelas medidas de minimização propostas, pelo que obtêm uma classificação de -1, na sua generalidade.

Especial destaque merece o conjunto de medidas de minimização, bem como de boas práticas propostas a adotar em fase de construção, que permitirão, não só a prevenção, mas a redução significativa dos impactes previstos.

Refira-se que, apesar de na fase de construção os impactes negativos serem mais significativos do que os positivos, estes são temporários, localizados e próprios desta fase. Na fase de operação os impactes são positivos e muito significativos, não só à escala local ou do projeto, mas também e, sobretudo, à escala do município.

Quadro 5.18-4 - Matriz de impactes dos túneis de drenagem do PGDL na fase de construção (Alternativas TMSA2 e TCB4)

Fator ambiental	Ações	Descrição Geral do Impacte	Escala	Avaliação do Impacte	Avaliação nas dimensões da sustentabilidade		
					Ambiente (s.e)	Social	Económico
Clima	Alterações no terreno	Limpeza e remoção de vegetação em zonas localizadas	Local	I, T, It (-)	-1		
	Instalação de infraestruturas de apoio	Alteração do padrão de ventos à micro escala	Local	D, T, It (-)	-1		
Geologia e geomorfologia	Áreas de apoio e acessos	Instalação de estaleiros na generalidade em áreas já intervencionadas ou sem afetação de substrato geológico	Local	Ø			
	Construção dos túneis	Intervenções em profundidade intersectam diferentes formações geológicas ao longo da sua extensão	Local	D, P, Ct (-)	-1		
	Afetação de património geológico e/ou geomorfológico com interesse conservacionista	Traçados ajustados de forma a não intersectar património geológico ou geomorfológico com interesse conservacionista	Local	Ø			
Hidrogeologia e recursos hídricos subterrâneos	Afetação das zonas vulneráveis identificadas	Potencial alteração temporária dos padrões de fluxo subterrâneo durante o período de construção do túnel poderá levar a um rebaixamento temporário dos níveis piezométricos no poço existente no interior da Estufa Fria.	Local e envolvente	D, T, It (---)	-3		
Solos e ocupação do solo	Alteração da ocupação do solo	Alteração da ocupação do solo pelas intervenções a realizar à superfície. Expropriação ou alteração na localização de alguns edifícios.	Local	D, T, Ct (--)	-2	-2	
	Compactação dos solos	Compactação derivada do funcionamento da maquinaria de apoio à obra e implantação de estaleiros e acessos	Local	D, T, Ct (-)	-1		
	Contaminação do solo por poluentes derramados	A contaminação dos solos pode ocorrer por derrames acidentais, quer da maquinaria afeta à obra, quer das atividades que possam ser efetuadas nos estaleiros.	Local	D, T, It (-)	-1		
	Armazenamento temporário dos resíduos em obra	O incorreto armazenamento temporário de resíduos, bem como o incorreto manuseamento de poluentes poderão levar à contaminação dos solos e degradação da sua qualidade.	Local	D, T, It (-)	-1		
Hidrologia, drenagem e qualidade das águas superficiais	Perturbações no sistema de drenagem existente	Perturbações temporárias no sistema e infraestruturas de drenagem existentes atualmente.	Local e envolvente	D, T, Ct (---)	-3	-2	
	Derrames acidentais	Verifica-se uma considerável utilização de veículos e maquinaria, salientando-se as atividades possivelmente desenvolvidas no estaleiro principal, em Campolide, e a operação da tuneladora em profundidade.	Local	D, T, It (-)	-1		
Qualidade do Ar	Atividades de construção no geral	Perturbações decorrentes dos trabalhos de construção civil associados à construção do poço de entrada da tuneladora, poços de intersecção e troços em vala.	Local, zona envolvente	D, T, Ct (-)	-1	-1	-1

Fator ambiental	Ações	Descrição Geral do Impacte	Escala	Avaliação do Impacte	Avaliação nas dimensões da sustentabilidade		
					Ambiente (s.e)	Social	Económico
	Movimentação e transporte de terras e materiais de construção	Trabalhos de movimentação e depósito de terras e definição de acessos provisórios para servir os locais de intervenções em zonas não intervencionadas.	Local, zona envolvente	D, T, Ct (-)	-1	-1	
	Circulação de veículos e funcionamento da maquinaria	Aumento das emissões de gases de combustão, resultantes da circulação de veículos e funcionamento da maquinaria.	Local, zona envolvente	D, T, Ct (-)	-1	-1	
Ruído	Atividades de construção no geral	Perturbações decorrentes dos trabalhos de construção civil associados à construção do poço de entrada da tuneladora, poços de intersecção e troços em vala.	Local, zona envolvente	D, T, Ct (--)	-2	-2	-2
	Circulação e operação de veículos e maquinaria em obra e vias adjacentes	Circulação de veículos pesados para transporte de materiais e terras provenientes da construção dos túneis.	Local, zona envolvente	D, T, Ct (-)	-1	-1	
Fatores biológicos e ecológicos	Limpeza do terreno e remoção de vegetação existente	Limpeza de terrenos e remoção de alguma vegetação existente.	Local	D, T, Ct (-)	-1		
Paisagem	Instalação de infraestruturas de apoio e intervenções localizadas à superfície	Desorganização da paisagem ao nível local, pela instalação de infraestruturas de apoio (estaleiros e acessos) e intervenções a realizar à superfície em zonas localizadas da cidade.	Local e zona envolvente	D, T, Ct (-)	-1	-1	
Património arqueológico e arquitetónico	Interceção de património classificado	Interceção ou construção do túnel na envolvente imediata de elementos patrimoniais classificados	Local	D, P, It (-)	-1		
Planeamento e ordenamento	Instrumentos de ordenamento do território	Importa assegurar que as servidões e requisitos decorrentes dos instrumentos de ordenamento do território são cumpridos.	Local e zona envolvente	Ø			
Socio economia local e regional	Atividades de construção no geral	Perturbação da qualidade de vida da população residente e nos serviços existentes na envolvente das intervenções à superfície. Expropriação ou alteração na localização de alguns edifícios.	Local e zona envolvente	D, T, Ct (--)	-2	-2	-2
	Afetação de infraestruturas no subsolo	Potencial afetação das infraestruturas do metro na Avenida Almirante Reis e Santa Apolónia. Necessidade de desvio de infraestruturas de drenagem de águas residuais e infraestruturas da EPAL.	Local	D, P, It (-)		-1	-1
	Circulação de veículos	Circulação de veículos pesados para transporte de terras provenientes da execução dos troços dos túneis quer em vala, quer com tuneladora (ou método de escavação sequencial).	Local e zona envolvente	D, T, Ct (-)	-1	-1	
	Investimento na fase de construção	Investimento económico de valores significativos que deriva de um projeto associado à instalação de túneis de drenagem com as características em causa.	Municipal	D, P, Ct (++++)	2	1	4

Fator ambiental	Ações	Descrição Geral do Impacte	Escala	Avaliação do Impacte	Avaliação nas dimensões da sustentabilidade		
					Ambiente (s.e)	Social	Económico
	Emprego	Impacte direto pela criação de emprego e indireto associado a atividades complementares (prestação de serviços vários, venda de bens e matérias-primas necessárias à obra, restauração, hotelaria).	Local, zona envolvente	D, T, It (++)		2	2
	Compatibilidade com atividades e projetos previstos	O projeto já considera os projetos futuros para os locais com intervenção.	Local, zona envolvente	Ø			
Gestão dos resíduos do sistema	Implantação dos estaleiros, limpeza do terreno e operações de construção no geral	Produção de resíduos provenientes das atividades realizadas (terras excedentárias, resíduos de construção e demolição e resíduos sólidos urbanos).	Local	D, T, Ct (--)	-2		
Análise e gestão dos riscos	Acidentes	Maioria do traçado realizado em profundidade e através de meios mecânicos, levando a menores possibilidade de acidentes.	Local	D, T, It (-)	-1		
	Derrames acidentais	Provenientes da operação e circulação de veículos e maquinaria afeta à obra.	Local	D, T, It (-)	-1		

5.18.2 Fase de Operação

Para cada fator ambiental, função das atividades previstas e dos critérios definidos, foi efetuada a avaliação dos impactes da operação dos dois túneis propostos, em fase de estudo prévio do projeto dos túneis do PGDL. Analogamente à fase de construção, numa primeira fase a avaliação foi efetuada para cada túnel, permitindo a comparação entre as alternativas estudadas. Posteriormente, considerando as alternativas selecionadas e desenvolvidas em projeto (TMSA2 e TCB4) para cada túnel, apresenta-se a avaliação global dos impactes para o projeto na fase de operação, com um horizonte de projeto de 100 anos.

5.18.2.1 Túnel Monsanto-Santa Apolónia

Como seria de esperar, na fase de operação os impactes são maioritariamente positivos e significativos decorrentes da capacidade de resposta e adaptação à evolução imposta pelas alterações climáticas, e pela possibilidade de dar resposta aos desafios provocados pelas situações de inundação frequentes que se verificam em zonas críticas da cidade.

A melhoria estrutural nas condições de drenagem na cidade de Lisboa, especificamente nas zonas baixas e planas da Cidade, minimizando as zonas com vulnerabilidade ao risco de inundação e os impactes decorrentes da sua ocorrência, traduz-se em impactes económicos e sociais positivos e muito significativos.

Como referido, as soluções de projeto foram sendo ajustadas, resultando desta evolução as alternativas analisadas neste estudo e que se traduzem, na generalidade, num impacte positivo ao nível do clima, solos e ocupação do solo, hidrologia, drenagem e qualidade das águas superficiais, paisagem, planeamento e ordenamento, socio economia e gestão de riscos. Os impactes negativos, não sendo críticos, podem verificar-se ao nível da hidrogeologia, hidrologia, drenagem e qualidade das águas superficiais, socio economia e gestão de resíduos. Estes são pouco significativos e decorrem essencialmente das operações de manutenção ao nível dos poços de grossos e potencialmente nas zonas de descarga, pelo que são de caracter temporário e esporádico.

Distinção entre alternativas

As alternativas estudadas diferem no troço final, sendo o traçado da Alternativa TMSA2 ajustada de acordo com as sondagens arqueológicas realizadas. A potencial afetação do património ocorreria durante a fase de construção, pelo que na fase de operação não se verifica distinção entre alternativas.

Alternativa mais favorável

A afetação em Santa Apolónia difere entre alternativas apenas na fase de construção. A avaliação da operação do túnel não difere entre alternativas, pelo que, de acordo com a análise realizada para a fase de construção, a alternativa globalmente mais favorável é a Alternativa TMSA2.

5.18.2.2 Túnel Chelas-Beato

Na fase de operação, para o TCB os impactes são semelhantes aos do TMSA. Da operação do TCB resultam assim impactes, na generalidade, positivos e muito significativos decorrentes sobretudo da melhoria estrutural nas condições de drenagem na cidade de Lisboa, especificamente na zona de Xabregas e Beato, minimizando a vulnerabilidade ao risco de inundação nestas zonas e os impactes decorrentes da sua ocorrência, o que se traduz em impactes económicos e sociais positivos e muito significativos.

As soluções de projeto foram sendo ajustadas, resultando desta evolução as alternativas analisadas neste estudo e que se traduzem, na generalidade, num impacte positivo ao nível do clima, solos e ocupação do solo, hidrologia, drenagem e qualidade das águas superficiais, paisagem, planeamento e ordenamento, socio economia e gestão de riscos. Os impactes negativos podem verificar-se temporariamente ao nível da hidrologia, drenagem e qualidade das águas superficiais, socio economia e gestão de resíduos, sendo pouco significativos. Destes salienta-se os impactes na socio economia relacionados com a potencial afetação das atividades do Porto de Lisboa, nomeadamente a atracação de barcos na zona de descarga e os potenciais impactes no desenvolvimento de outros projetos previstos para a zona do Beato.

À semelhança da fase de construção, também na fase de operação se verificam diferenças na avaliação das diferentes alternativas, sendo estas mais evidentes ao nível da socio economia.

Distinção entre alternativas

As diferenças entre as alternativas analisadas (TCB1, TCB2, TCB3 e TCB4) são sobretudo ao nível das perturbações no troço final, com especial destaque para a zona de descarga pelo condicionamento de potenciais projetos futuros em desenvolvimento para o local (Alternativas TCB2 e TCB3), bem como pela afetação das atividades do Porto de Lisboa no estuário do Tejo (TCB1).

Salienta-se as Alternativas TCB2 e TCB3 cujo troço final é adjacente à localização dos pilares da ponte da 3ª Travessia sobre o Tejo, podendo induzir algumas condicionantes à sua execução. Neste aspeto, para as Alternativas TCB1 e TCB4 os impactes afiguram-se menos significativos ou inexistentes, não comprometendo o desenvolvimento de atividades ou projetos futuros atualmente previstos para o local. Para as Alternativas TCB2 e TCB3 a significância do impacte é já mais pronunciada.

No que respeita às zonas de descarga, de acordo com os diferentes locais de descarga considerados, potencialmente poderão ocorrer impactes na atracação de barcos na zona. As atividades do Porto de Lisboa encontram-se ativas e são mais intensas para a zona de descarga considerada na Alternativa TCB1, pelos que os seus impactes são mais significativos. Na localização proposta para a Alternativa TCB4 as atividades são menos acentuadas, prevendo-se impactes pouco significativos, sendo incertos e potencialmente inexistentes para as Alternativas TCB2 e TCB3.

Alternativa mais favorável

Ponderando os diferentes impactes induzidos por cada alternativa analisada considera-se como mais significativo o impacte induzido pela Alternativa TCB1 na zona de descarga por ser um local com atividades mais acentuadas no estuário. Por outro lado, a possível limitação ou inviabilização de projetos já previstos para a localização das Alternativas TCB2 e TCB3 considera-se também um impacte significativo pelo seu caracter de incerteza associada ao desenvolvimento futuro da zona.

Confirma-se assim que a Alternativa TCB4, resultante da evolução do projeto e considerada no seu desenvolvimento, é a alternativa que globalmente se afigura mais favorável por minimizar os impactes negativos em termos sociais e económicos.

5.18.2.3 Avaliação global do projeto na fase de operação

A análise dos impactes para as várias alternativas resultantes da evolução do projeto para cada túnel confirmou que as Alternativas TMSA2 e TCB4 são também as alternativas globalmente mais favoráveis na fase de operação, quer pela minimização dos impactes negativos, quer pela potenciação dos impactes positivos. A avaliação global para o projeto considera assim os impactes identificados para as Alternativas TMSA2 e TCB4, para o túnel Monsanto-Santa Apolónia e Chelas-Beato, respetivamente, tendo sido estas as alternativas selecionadas e desenvolvidas no projeto. A matriz com a síntese dos impactes mais relevantes identificados em fase de operação apresenta-se no Quadro 5.18-5.

Como seria de esperar, é na fase de operação que o projeto evidencia os seus impactes positivos, sendo estes muito significativos e permanentes. Naturalmente importa adotar modos de gestão adequados à evolução da operação do projeto, considerando as medidas e a gestão dos impactes sobretudo assumindo boas práticas ambientais e de sustentabilidade que contribuem para minimizar os potenciais impactes ambientais negativos e valorizar os impactes positivos.

De um modo geral, na fase de operação, enquanto fatores ambientais sobre os quais decorrem impactes de muito elevado significado, importa referir a hidrologia, drenagem e qualidade das águas superficiais, a socio economia local e regional e a gestão de riscos. Como impactes muito significativos salientam-se os impactes no solo e ocupação do solo, paisagem, património e planeamento e ordenamento. Destes destaca-se a melhoria estrutural nas condições de drenagem na cidade de Lisboa, aliviando ou mesmo solucionando os constrangimentos associados à ocorrência de inundações em zonas críticas da cidade. De igual modo, a redução da vulnerabilidade ao risco de inundação em zonas críticas da cidade responde ao principal objetivo do projeto e reflete-se em impactes de muito elevado significado que justificam o investimento inicial associado ao projeto. Estes impactes, sendo positivos e muito significativos, refletem-se, sobretudo, a nível social e económico.

A beneficiação de zonas atualmente consideradas críticas ocorre a jusante dos locais de interceção de caudais pelos túneis. O TMSA, independentemente da intensidade da precipitação e nível de maré considerados (incluindo agravamentos resultantes das alterações climáticas), irá aliviar o Caneiro de Alcântara e o sistema de drenagem a jusante do túnel, contribuindo para reduzir significativamente os extravasamentos/inundações que atualmente ocorrem ao longo da Rua Santa Marta, Rua de São José, Portas St.º Antão e de outras zonas críticas, tais como a Praça da Figueira, Rossio e a zona da Baixa Pombalina, bem como a zona baixa de Alcântara com a minimização dos constrangimentos que agora se verificam, por exemplo, na Avenida de Ceuta. Para o TCB a interceção de caudais pelo túnel no cruzamento da Estrada de Chelas com a Avenida Santo Condestável permitirá aliviar toda a rede a jusante deste local, com visíveis benefícios nas zonas baixas de Beato e Xabregas, destacando-se o facto de o túnel permitir os problemas na Estrada de Chelas, Rua Gualdim Pais e Largo Marquês de Nisa.

Da operação do projeto resultam ainda outros impactes positivos, dos quais se salienta a compatibilidade e concretização dos objetivos presentes nos instrumentos de planeamento e ordenamento do território analisados, bem como os impactes positivos sociais e económicos pela redução da ocorrência de inundações na cidade de Lisboa, que se reflete na diminuição dos prejuízos associados e na valorização das zonas anteriormente afetadas. O evitar dos danos das inundações, como a destruição das zonas afetadas, leva também à classificação do impacte da operação dos túneis na paisagem e ocupação do solo como positivo e muito significativo.

A operação dos túneis poderá induzir alguma perturbação no estuário do Tejo, junto aos locais de descarga, no entanto, esta afetação prevê-se limitada ao local de descarga e zona envolvente próxima, sendo ainda temporária e de ocorrência esporádica, aproximadamente 5 vezes por ano. No que respeita às operações de manutenção, a estas poderá estar associada a perturbação temporária dos locais onde se localizam os acessos aos poços de grossos e a produção de resíduos associada à remoção dos grossos durante estas operações, sendo os impactes, apesar de negativos, temporários e muito pouco significativos.

São assim muito pouco significativos e esporádicos os impactes negativos associados ao projeto na fase de operação. Estes podem ser minimizados pelo conjunto de medidas propostas e soluções a implementar, nomeadamente a adoção de dispositivos de alerta para condições mais extremas e a seleção de soluções de descarga que permite reduzir os impactes associados à potencial perceção da descarga no estuário do Tejo.

Quadro 5.18-5 - Matriz de impactes dos túneis de drenagem do PGDL na fase de operação (Alternativas TMSA2 e TCB4)

Fator ambiental	Ações	Descrição Geral do Impacte	Escala	Avaliação do Impacte	Avaliação nas dimensões da sustentabilidade		
					Ambiente (s.e)	Social	Económico
Clima	Clima, impactes à microescala, adaptação a alterações climáticas	Resposta e adaptação à evolução imposta pelas alterações climáticas	Local, zona envolvente, municipal	I, P, It (+++)	3	3	3
Geologia e geomorfologia	Presença física e operação dos túneis	Dada a tipologia de projeto, não se prevê impactes associados à operação do projeto.	Local	Ø			
Hidrogeologia e recursos hídricos subterrâneos	Presença física e operação dos túneis	Potencial alteração na profundidade do nível freático e redução de caudais atualmente extraídos do poço localizado dentro do recinto da estufa fria.	Local	D, T, It (-)	-1		
Solos e ocupação do solo	Ocupação e Uso atuais do solo	Melhoria do uso do solo nas zonas beneficiadas	Local, envolvente e municipal	D, P, Ct (++++)	4	4	4
Hidrologia, drenagem e qualidade das águas superficiais	Perturbações no meio recetor	Perturbação das características no estuário do Tejo, à escala local.	Local e zona envolvente	D, T, Ct (-)	-1		
	Melhoria estrutural nas condições de drenagem	Melhoria significativa nas condições de drenagem.	Local e zona envolvente, municipal	D, P, Ct (+++++)	5	5	5
	Contributo para o ciclo da água	Criar condições para a reutilização da água tratada na ETAR de Alcântara	Local e zona envolvente, municipal	D, P, Ct (+++)	3	3	3
Qualidade do Ar	Presença física e operação dos túneis	Dada a tipologia de projeto, não se prevê impactes associados à operação do projeto.	Local, zona envolvente	Ø			
Ruído	Presença física e operação dos túneis	Dada a tipologia de projeto, não se prevê impactes associados à operação do projeto.	Local, zona envolvente	Ø			
Fatores biológicos e ecológicos	Presença física e operação dos túneis	Dada a tipologia de projeto, não se prevê impactes associados à operação do projeto.	Local, zona envolvente	Ø			
	Evitar danos nos ecossistemas	Reduz as atuações disruptivas e destruição de ecossistemas	Local, zona envolvente	I, P, Ct (++)	2	2	2

Fator ambiental	Ações	Descrição Geral do Impacte	Escala	Avaliação do Impacte	Avaliação nas dimensões da sustentabilidade		
					Ambiente (s.e)	Social	Económico
Paisagem	Operação dos túneis	Evita ocorrência de inundações e a destruição decorrente destes eventos.	Local, envolvente e municipal	I, P, Ct (++++)	4	4	4
Património arqueológico e arquitetónico	Presença física e operação dos túneis	Dada a tipologia de projeto, não se prevê impactes associados à operação do projeto.	Local	Ø			
	Evitar danos de inundação no património existente	As inundações afetam o património classificado em zona de relevância municipal e nacional	Local, Municipal e Nacional	D, P, Ct (++++)	4	4	4
Planeamento e ordenamento	Instrumentos de ordenamento do território	Assegura compatibilidade e cumpre os objetivos dos diferentes instrumentos analisados.	Municipal, Regional e Nacional	D, P, Ct (++++)	4		
	Condicionantes, servidões administrativas e restrições de utilidade pública	Assegura compatibilidade.	Local e zona envolvente	I, P, Ct (+)	1		
Socio economia local e regional	Condições do espaço público e infraestruturas (*)	Assegurar as condições de funcionalidade e evitando danos de inundação	Local, zona envolvente e municipal	D, P, Ct (+++++)	5	5	5
	Assegurar condições das infraestruturas de mobilidade (*)	As inundações afetam a funcionalidade das infraestruturas e no caso do Metro podem ser inclusive crítico	Local e zona envolvente	D, P, Ct (+++++)	5	5	5
	Afetação das atividades do Porto de Lisboa	Afetação temporária da atracação de cruzeiros e embarcações de porte mais reduzido.	Local e zona envolvente	D, T, Ct (-)		-1	-1
	Benefícios para a população (*)	Redução da probabilidade da afetação dos Munícipes por inundação	Local, zona envolvente e municipal	D, P, Ct (+++++)	5	5	5
	Benefícios para os trabalhadores não munícipes (*)	Redução da probabilidade da afetação dos trabalhadores por inundações	Local, zona envolvente e municipal	D, P, Ct (+++++)	5	5	5

Fator ambiental	Ações	Descrição Geral do Impacte	Escala	Avaliação do Impacte	Avaliação nas dimensões da sustentabilidade		
					Ambiente (s.e)	Social	Económico
	Benefícios para o Turismo (*)	Redução da probabilidade da afetação dos turistas por inundações	Local, zona envolvente e municipal	D, P, Ct (+++++)	5	5	5
	Compatibilidade com atividades e projetos previstos (*)	O projeto já considera os projetos futuros para os locais com intervenção.	Local e zona envolvente	Ø			
	Evitar danos económicos	Evitar danos das inundações no património privado e atividades	Local, zona envolvente e municipal	D, P, Ct (+++++)	5	5	5
	Valor dos prémios dos seguros	Contribuir para reduzir os valores dos prémios dos seguros pagos pelos utentes e pelas seguradoras	Local, Municipal e Nacional	D, P, Ct (++++)	4	4	4
	Afetação da Imagem de Lisboa	As inundações têm um impacte não tangível na imagem pela destruição que demora a ser ultrapassada	Local, Municipal e Nacional	D, P, Ct (++++)	4	4	4
Gestão dos resíduos do sistema	Operações de manutenção, remoção de grossos	Remoção de grossos acumulados nos poços de intersecção.	Local e zona envolvente	D, T, Ct (-)	-1	-1	
Análise e gestão dos riscos (*)	Alterações climáticas e a vulnerabilidade ao risco de inundação	Redução das zonas com risco de inundação e resposta à evolução decorrente das alterações climáticas	Local, zona envolvente e municipal	D, P, Ct (+++++)	5	5	5

5.18.3 Índice e ponderação dos impactes

A avaliação é nomeadamente a atribuição numérica e de índices agregados sempre com um mecanismo significativo e sendo passível de atribuições diferenciadas por diferentes especialistas e agentes envolvidos, sendo que foi uma etapa técnica que nos anos 80 e 90 era por vezes utilizada, mas que por essas razões foi cada vez menos efetuada, tendo prevalecido a análise multicritério. O Decreto-lei nº151-B/2013 (artigo 18º), de 31 de outubro, vem sugerir que a DIA tenha um índice ponderado dos impactes ambientais pelo que este EIA efetua este exercício como contributo.

O conceito de impacte traduz-se, muitas vezes, numa ótica preventiva ambiental, que naturalmente procura identificar os impactes nos fatores ambientais (desde logo biofísicos) numa lógica filosófica histórica de que qualquer alteração ambiental, à partida, é negativa. Esta lógica leva a que, no geral, nos EIAs se proceda à identificação extensiva de parâmetros ambientais que são negativos.

Pinheiro (2006) vem chamar a atenção para o facto de o conceito de desenvolvimento sustentável poder ajudar a ponderar esta análise. Há sempre múltiplas possibilidades. Uma opção simples é assumir que o que se pretende é ter um equilíbrio entre os três pilares da sustentabilidade, nomeadamente ambiente em sentido estrito (natural ou afins, como poluentes), social (emprego, atividades sociais e culturais, paisagem humanizada) e económica (criação de valor económico).

A título indicativo pode-se, assim, refletir na criação de um índice. Para o efeito considera-se uma escala de 0 a 5 positiva e negativa e atribui-se a cada impacte relevante o seu valor, associado a cada uma das três dimensões: ambiente em sentido estrito, social e económico. Tendo em vista diminuir o grau de pressupostos, considera-se que cada dimensão tem igual peso e dentro de cada fator cada impacte também tem igual importância. Em termos práticos considera-se uma ponderação igual a um.

Construção

No caso de se fazer o exercício de calcular um índice simples (que se ressalva tem múltiplos pressupostos que podem ser considerados subjetivos) para estas três componentes ambientais, por exemplo, sem ponderar cada uma das três dimensões ambientais obtêm-se os seguintes resultados numéricos para a fase de construção:

- No ambiente em sentido estrito existem 24 impactes não nulos sendo que a média atinge um valor -1.21, isto é um impacte negativo com pouco significado;
- Nos aspetos sociais existem 13 impactes, alguns negativos, outros positivos. Assim, o impacte social agregado atinge o valor de -0.92 tendo um impacte social negativo, mas reduzido e, portanto, pouco significativo, associado às perturbações das intervenções à superfície;
- Nos aspetos económicos identificou-se 6 impactes, 4 negativos e 2 positivos, sendo que dada a significância dos impactes positivos, estes se "anulam" entre si, pelo que o impacte social agregado corresponde a 0.

Ou seja, os impactes deste projeto, na fase de construção ponderando igualmente estas três dimensões, atingem um índice negativo reduzido correspondente a -0.71 em 5, resultado do balanço entre os impactes negativos associados às intervenções em fase de construção com impactes ao nível do ruído, solos e ocupação do solo e socio economia e impactes positivos associados ao investimento e emprego gerados.

Operação

No caso da operação o balanço é diferenciado (numa escala de 0 a 5) os valores são:

- No ambiente em sentido estrito existem 21 impactes, essencialmente positivos, sendo que a média atinge um valor +3.33, isto é um impacte positivo significativo na dimensão biofísica;
- Nos aspetos sociais existem 18 impactes não nulos. Assim, o impacte social agregado atinge o valor de +3.67, tendo um impacte social positivo e já com muito significado;
- Nos aspetos económicos identificam-se 17 impactes, com um valor agregado de +3.94 na componente económica, correspondente a um impacte já com muito significado.

No caso de se calcular novamente a ponderação dos impactes igual para as três componentes da sustentabilidade, nomeadamente ambiental, social e económica obtêm-se um índice ponderado positivo com significado de 3.65 em 5.

Se esta análise fosse efetuada ao nível de cada fase construção e operação importa refletir como se pode efetuar a ponderação, um racional possível assenta em considerar qual o período temporal em que essas fases decorrem (Figura 5.18-1) (a limitação desta abordagem decorre apenas implicitamente da reversibilidade ou não dos impactes).

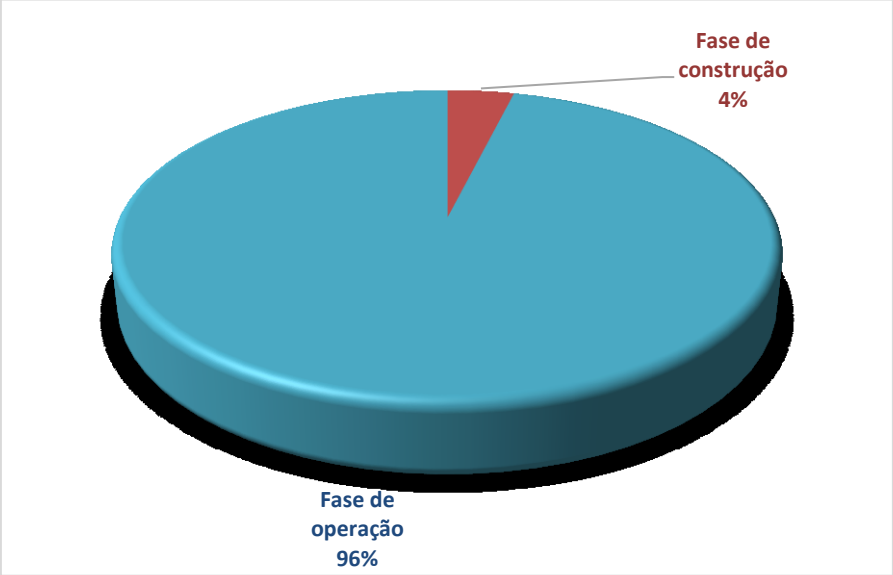


Figura 5.18-1 – Diagrama da avaliação

Nesse racional a fase de construção decorre durante 4 % do tempo de vida (aproximadamente 4 anos) e a fase de operação nos restantes 96 % (100 anos), assumindo essa ponderação, o índice agregado evidencia um projeto com um impacte global positivo significativo, com um desempenho de 3.48 em 5. Sendo que o valor decorre estruturalmente da redução dos riscos de inundação e dos benefícios associados.

Em termos cumulativos, face às características e impactes apresentados, os túneis de drenagem do PGDL 2016-2030 dizem respeito a um projeto com potenciais impactes relevantes e positivos elevados se for sinérgico com as restantes intervenções.

6. MONITORIZAÇÃO E GESTÃO DO AMBIENTE

6.1. MEDIDAS ESPECÍFICAS PROPOSTAS

O projeto tem um forte contributo para a redução dos riscos, devendo o mesmo ser potenciado. No entanto, as intervenções do projeto têm associados diferentes impactes, para os quais foram propostas medidas específicas. Estas medidas foram apresentadas no Capitulo 5, para os diferentes impactes associados a cada fator ambiental e permitem a valorização de impactes positivos e minimização de potenciais impactes negativos. De seguida sumariza-se as medidas propostas e evidencia-se a sua relevância.

A potencial afetação da geologia, alteração da ocupação do solo, hidrologia, drenagem e qualidade das águas superficiais, ruído, socio economia e, potencialmente hidrogeologia e recursos hídricos subterrâneos revelam os impactes mais relevantes na fase de construção. Apesar de, maioritariamente, negativos, estes impactes são temporários e localizados, podendo ser minimizáveis com aplicação do conjunto de medidas proposto. Ao nível dos restantes descritores ambientais, nos quais se registam impactes com menor significado, as medidas propostas para a construção em termos da gestão ambiental da obra contribuirão também para a sua minimização.

À exceção dos impactes positivos associados ao investimento que proporciona também geração de emprego e potencial estímulo da dinâmica económica à escala local, associados aos fatores socioeconómicos, os impactes mais significativos na fase de construção revelam-se negativos. Salienta-se que os impactes negativos na fase de construção são impactes temporários, localizados e próprios desta fase. É essencial compreender que os impactes necessariamente negativos na fase de construção se traduzem na fase de operação num projeto com impactes positivos muito significativos, não só à escala local ou do projeto, mas também e, sobretudo, à escala do município.

Não obstante, as medidas previstas ao nível da fase de construção são importantes para a minimização e prevenção das perturbações identificadas na área de intervenção e envolvente. Indo de encontro aos principais objetivos, na fase de operação o projeto apresenta impactes positivos significativos sobretudo ao nível do clima, hidrologia, drenagem e qualidade das águas superficiais, paisagem, planeamento e ordenamento, socio economia e gestão de riscos, de segurança e proteção das pessoas, património arquitetónico, infraestruturas e património arqueológico. Os impactes positivos decorrem da melhoria estrutural no sistema de drenagem que se traduz num impacte positivo muito significativo pela redução das zonas de risco de inundação, minimizando prejuízos e danos atualmente causados por estes fenómenos extremos e que serão significativamente agravados devido às alterações climáticas se a obra não for efetuada. As principais medidas propostas nesta fase terão sobretudo um papel enquadrador, de monitorização e estimulo para um bom desempenho do projeto na sua íntegra.

Nos quadros seguintes apresenta-se uma síntese das medidas consideradas para cada fase, bem como a sua importância na minimização e prevenção dos potenciais impactes negativos e potenciação dos positivos. Para tal, considerou-se primeiramente a fase de Projeto de Execução e construção, sendo as medidas de minimização propostas, na sua generalidade, um meio para não só minimizar, mas sim prevenir os impactes negativos que possam estar associados, sobretudo, à fase de construção. Posteriormente, analisou-se a eficácia das medidas propostas para a fase de operação, salientando-se o seu caracter de valorização face aos impactes positivos identificados e de prevenção face aos possíveis impactes negativos.

Quadro 6.1-1 - Síntese e análise da eficácia das medidas propostas para a fase de Projeto de Execução e construção

Descritor ambiental	Principais medidas	Importância das medidas	Significância do impacte (antes da aplicação da medida)	Significância do impacte (após aplicação da medida)
Clima	Sempre que relevante, avaliar a possibilidade de repor as áreas de vegetação existentes na fase final da construção (medida específica em conjunto com os fatores biológicos e ecológicos). Cumprimento da legislação em vigor e seleção de equipamentos energeticamente eficientes, que permitam a redução de consumos e emissões de GEE.	Pouco Importante	Pouco significativo	Não significativo
Geologia e geomorfologia	Analisar modos de atenuar as perturbações das infraestruturas existentes no subsolo, em termos de alterações geológicas e hidrogeológicas, afetação da estabilidade do maciço rochoso, vibrações e afetação do edificado e atividades, que devem ser detalhadas em fase de Projeto de Execução. Aplicação de camada de geotêxtil sob as áreas dos estaleiros que possam estar associadas a potenciais riscos de contaminação, em zonas onde o estaleiro seja instalado em terreno não intervencionado ou impermeabilizado, como são o caso de Campolide e Chelas. Potenciar a utilização de acessos já existentes e zonas já intervencionadas para instalação de estaleiros.	Muito importante	Significativo	Não significativo
Hidrogeologia e recursos hídricos subterrâneos	Definição e construção de rede de piezómetros que permita monitorização quantitativa e qualitativa das águas subterrâneas próximas do TMSA, nomeadamente na zona envolvente à Estufa Fria e Alcaçarias de Alfama (fase de construção e operação). Recomenda-se a instalação de sondas com registo de temperatura, condutividade elétrica e pressão de água durante a escavação do túnel, nas zonas com potencial impacte já acima identificadas. Monitorização da qualidade da água e profundidade do nível freático (no poço) e do caudal (nascente) no interior da Estufa Fria. Assegurar a impermeabilização do túnel junto às Alcaçarias de Alfama.	Muito importante	Significativo	Pouco significativo
Solos e ocupação do solo	Assegurar estratégias e soluções que minimizem a perturbação na ocupação do solo (em especial na determinação da localização dos estaleiros e colocação de geotêxtil em áreas dos estaleiros onde poderá ocorrer derrame de poluentes, quando o mesmo não for instalado em zonas impermeabilizadas.) Limitar a afetação da ocupação do solo, minimizando a necessidade de expropriação ou alteração do edificado existente.	Muito importante	Muito significativo	Pouco Significativo
Hidrologia, drenagem e qualidade das águas superficiais	Garantir a correta manutenção da maquinaria, com especial destaque para o equipamento de escavação. Assegurar o acompanhamento dos procedimentos para que sejam executados de forma adequada e de acordo com o previsto.	Importante	Significativo	Pouco significativo

Descritor ambiental	Principais medidas	Importância das medidas	Significância do impacte (antes da aplicação da medida)	Significância do impacte (após aplicação da medida)
	Garantir a cobertura do solo para instalação dos estaleiros, nomeadamente em áreas específicas dos estaleiros associadas à potencial ocorrência de derrames, sempre que os mesmos sejam instalados em locais não impermeabilizados.			
Qualidade do Ar	Assegurar cumprimento da legislação em vigor. Proteção coletiva e individual dos trabalhadores. Cuidados nas operações de transporte, carga, descarga e deposição de materiais de construção e de materiais residuais das obras. Assegurar manutenção dos veículos e maquinaria afetos à obra. Controlo na obra das emissões de poeiras e de outros poluentes atmosféricos.	Importante	Significativo	Não significativo
Ruído	Efetuar uma análise detalhada e elaboração de programa de controlo das vibrações nas zonas em que a construção do túnel se aproxima da superfície, assegurando a sua monitorização e níveis reduzidos compatíveis com o edificado e atividades presentes no local. Assegurar programa de gestão do ruído. Esclarecimentos à população sobre a programação das atividades possivelmente mais ruidosas e horários de trabalho. Gestão dos horários de trabalho e programação das atividades. Seleção de equipamentos adequados e cumprimento da legislação em vigor.	Muito importante	Muito significativo	Pouco Significativo
Fatores biológicos e ecológicos	Sempre que relevante, avaliar a possibilidade de repor as áreas de vegetação existentes na fase final da construção (medida específica em conjunto com o clima). Privilegiar a instalação de estaleiros em zonas já impermeabilizadas e intervencionadas, bem como a utilização de acessos já existentes e a deposição de materiais em obra em locais já intervencionados. Nas intervenções em Santa Apolónia, e sempre que se justifique, deverá considerar-se a Legislação em vigor relativa ao arvoredo. As podas do arvoredo a transplantar e a manter devem ser incluídas no caderno de encargos da obra e a sua execução deve ser efetuada por empresa da especialidade em arboricultura urbana. A altura do ano para execução dos transplantes deve ser entre os meses de janeiro e fevereiro. O planeamento da obra deverá contemplar este calendário, devendo ser assegurada a rega do primeiro ano após o transplante. Assegurar uma boa coabitação do sistema radicular com as infraestruturas.	Importante	Pouco significativo	Não significativo

Descritor ambiental	Principais medidas	Importância das medidas	Significância do impacte (antes da aplicação da medida)	Significância do impacte (após aplicação da medida)
Paisagem	Minimização da visibilidade das áreas de construção (estaleiros) e acessos aos locais de obra, minimizando o impacte visual na envolvente. Vedação das áreas de obra, promovendo a sua integração paisagística. Minimização da visibilidade das áreas de construídas (edifícios nas zonas de entrada) privilegiando a utilização de materiais e cores que permitam a sua integração com a envolvente.	Importante	Pouco significativo	Não Significativo
Património arqueológico e arquitetónico	Inclusão de todas as ocorrências identificadas no âmbito da Situação de Referência na Planta Síntese de Condicionantes no Caderno de Encargos da Obra. Levantamento prévio (fase de projeto de execução) do estado de conservação interior e exterior do património arquitetónico identificado na avaliação de impactes (Quadro 5.10-1), bem como do edificado localizado numa faixa de 50 metros centrada a eixo dos traçados, mediante diagnóstico e documentação fotográfica, trabalho a ser realizado por um técnico credenciado. Na fase de Projeto de Execução devem acautelar-se os trabalhos que incidam nas zonas de descarga, previstas no interface ribeirinha de Lisboa, mediante uma pesquisa documental com base em fontes escritas, elaboradas no âmbito da vertente arqueológica náutica e subaquática, cartográficas e iconográficas, tendo como finalidade caracterizar historicamente antigas realidades defensivas, náuticas e/ou portuárias que eventualmente possam ter existido nas zonas em consideração. Na fase de Projeto de Execução devem ser avaliados os eventuais impactes e propostas medidas de minimização, caso se considerem necessárias, sobre os traçados das infraestruturas a realizar entre os poços de ligação. Desconhecendo-se nesta fase as metodologias a utilizar nestas situações e considerando que poderão ser executadas em vala aberta ou com recurso a micro-tuneladora, em ambos os casos podendo afetar vestígios arqueológicos ocultos no subsolo, deverão ser adotadas caso a caso as devidas medidas de minimização, designadamente, sondagens manuais de diagnóstico e/ou acompanhamento arqueológico; Aconselhamento científico por especialistas em património construído (especialista em património construído) e em património industrial (especialista em arqueologia industrial) sempre que tal seja necessário, durante a fase de construção; Acompanhamento Arqueológico das obras sempre que estas implicarem remeximento e escavação superficial do solo. Em função do interesse dos potenciais vestígios detetados deve prever-se a execução de sondagens de diagnóstico e escavações arqueológicas integrais; Tendo como base o levantamento realizado em fase de Projeto de Execução (Medida 2) deve estabelecer-se um programa de monitorização periódica para a fase de construção, de modo a evitar a duplicação da	Muito importante	Significativo	Não significativo

Descritor ambiental	Principais medidas	Importância das medidas	Significância do impacte (antes da aplicação da medida)	Significância do impacte (após aplicação da medida)
	afetação de meios, tendo como finalidade controlar eventuais afetações, causadas pelos trabalhos associados ao projeto, sobre as ocorrências identificadas na avaliação de impactes (Quadro 5.10-1). Na fase de construção deve proceder-se à colocação de barreiras para minimizar a dispersão de partículas e lamas e rega da área de circulação, em dias secos, como previsto pelas boas práticas de obra e nas medidas de minimização para a qualidade do ar. Assegurar o cumprimento das medidas específicas definidas para cada ocorrência identificada na avaliação de impactes. Na fase de Construção/início da fase de operação, deve-se garantir que, após a conclusão desta fase, o estado de conservação das ocorrências afetadas pelos trabalhos de construção (por assentamentos, vibrações, poeiras, lamas, circulação de máquinas e outras situações) não se degradou relativamente à situação anterior ao início dos trabalhos e, caso se verifique ser necessário, proceder à realização de trabalhos de limpeza e/ou de restauro. Concretizar as diretrizes do plano de monitorização proposto. Os trabalhos a executar, instalação de estaleiros e acessos deverão estar restritos aos locais previamente definidos.			
Planeamento e ordenamento	Respeitar os usos do solo, bem como as áreas para implantação das infraestruturas definidas no projeto.	Importante	Pouco significativo	Não significativo
Socio economia local e regional	Determinação das potenciais medidas a aplicar para reduzir o risco de dano sobre os edifícios ou infraestruturas resultantes de deslocamentos excessivos. Consoante o nível de risco de um determinado edifício poderá ser necessário a sua monitorização e a adoção de medidas de proteção especiais como o reforço ou recalce das fundações, medidas para melhorar os solos de fundação ou alterações pontuais ao processo construtivo das obras. Assegurar que o condicionamento da circulação nas vias é feito de modo faseado e concertado com outras intervenções na envolvente. Ajustar e concertar os trajetos dos transportes públicos afetados com o cronograma das intervenções à superfície. Garantir alternativas de circulação para as vias com perturbação na circulação decorrente das intervenções à superfície. Seleção de trajetos para transporte de materiais e circulação de veículos afetos à obra que minimizem a circulação em aglomerados populacionais ou locais com potencial perturbação das atividades existentes.	Muito importante	Muito significativo	Pouco Significativo

Descritor ambiental	Principais medidas	Importância das medidas	Significância do impacte (antes da aplicação da medida)	Significância do impacte (após aplicação da medida)
	Assegurar acessos às atividades na envolvente das intervenções (restauração, serviços, museus, hospitais, escolas, entre outros). Informação à população e utilizadores dos locais com intervenções à superfície acerca da tipologia de projeto, objetivos, horários de trabalho, trajetos das viaturas e outras informações que se revelem relevantes. Sempre que possível, privilegiar a contratação local de mão-de-obra. Monitorização e acompanhamento dos trabalhos nas proximidades do Metropolitano de Lisboa na Av. Almirante Reis e, se necessário, melhoramento da camada de solos entre o TMSA e o túnel do Metropolitano de Lisboa, de forma a reduzir deslocamentos verticais.			
Gestão dos Resíduos do Sistema	Elaboração de Plano de Gestão de Resíduos. Formação e sensibilização dos trabalhadores. Garantir a correta gestão, separação, armazenamento e posterior encaminhamento dos resíduos a destino final adequado.	Importante	Significativo	Pouco significativo
Análise e gestão dos riscos	Assegurar o desenvolvimento das soluções previstas no PGDL e, em concreto, no projeto dos túneis, potenciando a redução do risco e assegurando os benefícios previstos. Assegurar que as propostas integram a evolução ao nível dos possíveis riscos ambientais e preparam o projeto face aos seus desafios (incluindo prevenção e monitorização). Assegurar a informação dos modos de operação e redução dos riscos aos vários agentes relevantes. Elaboração de Plano de Gestão de Riscos. Formação adequada dos trabalhadores. Assegurar prevenção dos riscos identificados. Garantir que, na fase de construção, são concretizadas as medidas e propostas definidas no Plano de Gestão de Riscos, minimizando a probabilidade de ocorrência e danos associados aos riscos previstos, quer ambientais, quer tecnológicos.	Muito importante	Significativo	Não significativo

Quadro 6.1-2 - Síntese e análise da eficácia das medidas propostas para a fase de operação

Descritor ambiental	Principais medidas	Importância das medidas	Significância do impacte (antes da aplicação da medida)	Significância do impacte (após aplicação da medida)
Clima	Acompanhar estudos e evolução das alterações climáticas e incluir nos modos de gestão, quer na vertente da mitigação, quer da adaptação.	Muito importante	Pouco significativo	Significativo
Hidrogeologia e recursos hídricos subterrâneos	Monitorização quantitativa e qualitativa das águas subterrâneas próximas do TMSA, nomeadamente na zona envolvente à Estufa Fria e Alcaçarias de Alfama através da rede de piezómetros instalada na fase de construção. Recomenda-se que, através de sondas, se proceda ao registo de temperatura, condutividade elétrica e pressão de água nas zonas com potencial impacte já acima identificadas, durante o 1.º ano de operação. Se se vier a revelar que existe impacte do túnel nos níveis piezométricos deverá manter-se a monitorização durante a fase de operação. Monitorização da qualidade da água e profundidade do nível freático (no poço) e do caudal (nascente) no interior da Estufa Fria. A monitorização deverá ocorrer durante o 1.º ano de operação. Se se vier a revelar que existe impacte do túnel nos níveis piezométricos deverá manter-se a monitorização durante a fase de operação. Assegurar a impermeabilização dos túneis.	Importante	Pouco significativo	Não significativo
Hidrologia, drenagem e qualidade das águas	Garantir as boas condições de drenagem das infraestruturas construídas, nomeadamente manutenção das mesmas, bem como limpeza dos poços de grossos.	Muito importante	Pouco significativo	Muito significativo
Socio economia local e regional	Implementar um sistema de alerta, em concertação com a Proteção Civil, que informe os operadores e entidades portuárias da ocorrência de eventos extremos com características que potencialmente possam induzir impactes mais significativos sobre as atividades do Porto de Lisboa e outras atividades da zona ribeirinha.	Muito Importante	Muito significativo	Pouco Significativo
Análise de Riscos	Concretização do Plano de Gestão de Riscos contendo medidas de prevenção e correção de acordo com os riscos previstos. Privilegiar a prevenção e controlo dos riscos enunciados. Em função da evolução do risco de inundação, analisar as zonas com vulnerabilidade ao risco de inundação, ajustando se necessário a carta risco da cidade de Lisboa.	Muito importante	Pouco significativo	Muito significativo

Na fase de construção, na generalidade, dada a possibilidade de minimização ou prevenção, com aplicação das medidas propostas (Quadro 6.1-1), a significância dos impactes negativos identificados passa a ser reduzida, sendo na maioria considerados de pouco significativos ou não significativos. De referir que os impactes negativos existentes são normais da fase de construção, apresentando por isso um caracter temporário e faseado ao longo desta fase. Acresce que a tipologia de intervenções decorrentes do presente projeto está associada a impactes negativos com menor significância, quando comparadas com outras soluções estudadas ainda no âmbito do PGDL e que incluíam intervenções de grande magnitude maioritariamente executadas à superfície.

O solo e ocupação do solo, ruído e os fatores socioeconómicos merecem também especial atenção dada a significância dos impactes antes da implementação das medidas propostas. Destaque-se a possibilidade não só de minimizar, mas prevenir os impactes negativos que lhes estão associados. Dada a localização de algumas das intervenções, com perturbação de atividades económicas que integram componentes no exterior (esplanadas, por exemplo) ou atividades de formação e ensino, verificam-se ainda alguns impactes nestes fatores ambientais. Por outro lado, o facto de se poder potenciar a utilização de recursos locais (mão-de-obra e materiais), permite a valorização dos impactes positivos que estão associados aos fatores económicos.

Em fase de operação (Quadro 6.1-2) as principais medidas propostas, além de permitirem prevenir e minimizar os potenciais impactes negativos identificados, proporcionam a valorização dos impactes positivos, nomeadamente ao nível da prevenção e promoção de uma gestão e manutenção adequada das infraestruturas. Tais medidas permitem potenciar uma adequada operacionalidade dos túneis, maximizando os impactes positivos decorrentes da sua operação, sobretudo ao nível da melhoria estrutural das condições de drenagem e consequente redução dos riscos de inundação e zonas consideradas críticas, com os respetivos benefícios.

Em termos globais, considera-se que as medidas gerais recomendadas terão uma importância significativa tanto em fase de construção, em particular induzida por uma gestão adequada da obra, como em fase de operação promovendo uma gestão assente em boas práticas ambientais privilegiando a adaptação e prevenção de riscos.

Refira-se ainda a importância das medidas integradas na fase de Projeto de Execução, que permitirão a definição de estratégias com reflexo na minimização de impactes nas fases de construção e operação. Salientam-se neste âmbito sobretudo a integração das medidas propostas no presente EIA e na DIA do processo de avaliação de impacte ambiental no projeto de execução. A concretização dos planos de monitorização propostos para a fase de operação é, de igual modo, relevante para a concretização dos objetivos do projeto e potenciação dos impactes positivos do mesmo.

Um aspeto complementar a referenciar é a importância da procura de criar uma relação equilibrada nos fatores ambientais, económicos e sociais como sendo cada vez mais perspetivado como um aspeto a considerar no desenvolvimento e gestão dos empreendimentos que procuram assim integrar-se no desenvolvimento sustentável.

6.2. OUTRAS MEDIDAS AMBIENTAIS, NOMEADAMENTE DE CARACTER GERAL

As medidas ambientais têm como objetivo pelo menos, evitar, reduzir ou compensar os eventuais impactes negativos, decorrentes das ações e diferentes fases do projeto, bem como potenciar os seus impactes positivos. As medidas de caracter específico foram já identificadas e especificadas na avaliação de impactes, associadas a cada descritor ambiental no Capítulo 5, sendo de seguida apresentada a listagem das medidas de carácter geral para a fase de construção e operação. Salienta-se

que as medidas a adotar durante a fase de construção incorporam também as medidas aplicáveis ao presente projeto presentes na Lista de Medidas de Minimização Gerais da Fase de Construção disponível no *site* da APA[1].

6.2.1 Medidas gerais a incluir na fase de Concurso Público Internacional

M_CPI_1. A adoção de sistemas de gestão ambiental formal, como a ISO 14001:2015, pode contribuir para gerir as atividades da obra e operação, reduzindo os impactes negativos e potenciando os positivos. Nesse sentido, recomenda-se que deve ser desenvolvida desde o projeto de execução a fase de liderança e planeamento de um sistema de gestão ambiental ISO 14001 (nomeadamente um programa de gestão ambiental que integre princípios de sustentabilidade, desde logo, na construção sustentável e para a gestão da operação de forma ecológica

M_CPI_2. Incluir no caderno de encargos requisitos para gestão ambiental (ISO 14001) no projeto e empreitada que integre as medidas definidas no EIA.

6.2.2 Medidas gerais para a fase de Projeto de Execução

M_PE_1. Desenvolver os programas de caracterização ambiental requeridos prévios ao projeto de execução (definidos no subcapítulo 6.3) de modo a que os seus resultados sejam integrados no mesmo.

M_PE_2. Integrar as medidas propostas no EIA e na DIA no Projeto de Execução assumindo a ótica de procura de bom desempenho ambiental e sustentabilidade. Elaborar um Plano de Gestão Ambiental (PGA), constituído pelo planeamento da execução de todos os elementos das obras e identificação e pormenorização das medidas de minimização a implementar na fase da execução das obras, e respetiva calendarização. Este PGA deverá incluir um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) das obras. O PGA deve ser elaborado pelo empreiteiro antes do início da execução da obra, sendo previamente sujeito à aprovação do dono da obra. As cláusulas técnicas ambientais constantes do PGA comprometem o empreiteiro e o dono da obra a executar todas as medidas de minimização identificadas, de acordo com o planeamento previsto. As medidas apresentadas para a fase de execução da obra e para a fase final de execução da obra devem ser incluídas no PGA a apresentar em fase de RECAPE (quando aplicável), sempre que se verificar necessário e sem prejuízo de outras que se venham a verificar necessárias.

M_PE_3. Definir e implementar um Plano de Gestão de Resíduos da Construção e Demolição (tal como definido na legislação), considerando todos os resíduos suscetíveis de serem produzidos na obra, com a sua identificação e classificação, em conformidade com a Lista Europeia de Resíduos (LER), a definição de responsabilidades de gestão e a identificação dos destinos finais mais adequados para os diferentes fluxos de resíduos, promovendo a possibilidade de valorização, nomeadamente, reutilização e reciclagem sempre que possível.

M_PE_4. De acordo com as soluções previstas no que respeita à utilização de efluentes tratados na ETAR de Alcântara devem ser potenciados modos e gestão adequados para o seu aproveitamento em usos apropriados (lavagem das ruas, rega, entre outros) na cidade.

[1] http://www.apambiente.pt/_zdata/Instrumentos/AIA/Modelos%20e%20Documentos%20de%20Orientacao/Documentos-Orientacao/MedidasdeMinimizacaoGerais.pdf

M_PE_5. Efetuar o relatório de conformidade ambiental do Projeto de Execução tal como previsto, bem como os estudos necessários para o assegurar.

M_PE_6. Estudar o desenvolvimento dos processos de acompanhamento ambiental, incluindo os trabalhos complementares de arqueologia.

6.2.3 Medidas gerais para a fase de construção

6.2.3.1 Fase de preparação prévia à execução das obras

MG_FC 1. Efetuar um programa dos trabalhos de execução das obras e divulga-lo junto das entidades interessadas (moradores, proprietários de estabelecimentos, entre outros), designadamente na área envolvente à realização das intervenções. A informação disponibilizada deve incluir o objetivo, a natureza, a localização das intervenções, as principais ações a realizar, respetiva calendarização e eventuais afetações à população, designadamente a afetação das acessibilidades e atividades existentes.

MG_FC 2. Implementar um mecanismo de atendimento ao público para esclarecimento de dúvidas e atendimento de eventuais reclamações e formas de as processar.

MG_FC 3. Realizar ações de formação e de sensibilização ambiental para os trabalhadores e encarregados envolvidos na execução das obras relativamente às ações suscetíveis de causar impactes ambientais e às medidas de minimização a implementar, designadamente normas e cuidados a ter no decurso dos trabalhos.

MG_FC 4. Concertação das atividades de construção a realizar com outras que possam ocorrer na envolvente, de forma a promover a minimização dos efeitos cumulativos dos impactes das obras. Deste modo, é aconselhável que as obras de construção necessárias possam ocorrer simultaneamente com outras intervenções previstas, tanto quanto possível, minimizando assim o tempo de duração do ruído e da perturbação, associado ao conjunto das fases de construção dos diferentes projetos.

6.2.3.2 Fase de execução da obra

Implantação dos Estaleiros e Parque de Materiais

MG_FC 5. Os estaleiros e parques de materiais (que serão reduzidos ao máximo) devem ser desenvolvidos de forma a reduzir as perturbações quer para (1) estaleiros em poços de ataque, quer (2) nos estaleiros / frentes de obras das restantes intervenções à superfície.

MG_FC 6. Os estaleiros e parques de materiais devem ser vedados, de acordo com a legislação aplicável, de forma a evitar os impactes resultantes do seu normal funcionamento, garantindo também um melhor enquadramento paisagístico de forma a atenuar os impactes pela desorganização da paisagem na fase de construção.

MG_FC 7. Em torno dos estaleiros principais deverá existir um sistema de recolha de águas (das chuvas e de escorrência) para evitar que as mesmas escorram e arrastem consigo partículas que aumentem a probabilidade de erosão dos solos e risco de contaminação.

MG_FC 8. No local de implantação do estaleiro deverão ainda ser tomadas medidas, nomeadamente através da colocação de uma proteção no solo de forma a prevenir a sua potencial contaminação, não permitindo a

infiltração de poluentes (betumes, óleos, lubrificantes, combustíveis, produtos químicos e outros materiais residuais da obra), evitando desta forma a contaminação por derrame acidental dos mesmos.

Limpeza e Decapagem dos Solos - nos estaleiros (Campolide e Chelas)

MG_FC 9. As ações pontuais de limpeza dos terrenos devem ser limitadas às zonas estritamente indispensáveis para a execução da obra.

MG_FC 10. Antes de se iniciarem as obras, é necessário proceder à limpeza do terreno, retirando os possíveis resíduos existentes, tendo o cuidado de os identificar e separar, usando material de proteção (luvas, botas, máscara, entre outros) caso tal se revele necessário.

Escavações e Movimentação de Terras

MG_FC 11. Limitar as movimentações de terras ao efetivamente indispensável (ou seja, apenas às áreas específicas a intervencionar) e evitar a ocorrência de situações em que o solo permaneça a descoberto durante largos períodos de tempo, de modo a evitar a sua contaminação/degradação.

MG_FC 12. Os trabalhos de escavações devem ser iniciados logo que os solos estejam limpos, evitando repetição de ações sobre as mesmas áreas.

Construção e Reabilitação de Acessos

MG_FC 13. Privilegiar o uso de caminhos já existentes para aceder aos locais das obras. Caso seja necessário proceder à abertura de novos acessos ou ao melhoramento dos acessos existentes, as obras devem ser realizadas de modo a reduzir ao mínimo as alterações na ocupação do solo fora das zonas que posteriormente ficarão ocupadas pelo acesso.

MG_FC 14. Assegurar o correto cumprimento das normas de segurança e sinalização de obras na via pública, tendo em consideração a segurança e a minimização das perturbações nas atividades existentes na envolvente.

MG_FC 15. Assegurar que os caminhos ou acessos nas imediações das intervenções à superfície, embora condicionados, não fiquem obstruídos ou em más condições, minimizando os constrangimentos da circulação.

MG_FC 16. Sempre que se preveja a necessidade de efetuar desvios de tráfego, submeter previamente os respetivos planos de alteração à entidade competente para autorização.

MG_FC 17. Garantir a limpeza regular dos acessos e da área afeta à obra, de forma a evitar a acumulação e ressuspensão de poeiras, quer por ação do vento, quer por ação da circulação de veículos e de equipamentos de obra.

Circulação de veículos e Funcionamento de Maquinaria

MG_FC 18. Devem ser estudados e escolhidos os percursos mais adequados para proceder ao transporte de equipamentos e materiais de/para os estaleiros, dos materiais excedentários a levar para destino adequado, minimizando a passagem no interior dos aglomerados populacionais e junto a recetores sensíveis.

MG_FC 19. Gerir a circulação de veículos afetos às intervenções de acordo com outras possíveis atividades construtivas existentes na envolvente, de forma a não pressionar o tráfego local.

MG_FC 20. Limitar a circulação de maquinaria pesada sobre os solos, limitando-a às vias assinaladas, para evitar a compactação numa área mais extensa do que o necessário.

MG_FC 21. Sempre que a travessia de zonas habitadas for inevitável, deverão ser adotadas velocidades moderadas, de forma a minimizar a emissão de poeiras e garantir a segurança dos habitantes e utilizadores dos espaços na envolvente.

MG_FC 22. Assegurar o transporte de materiais de natureza pulverulenta ou do tipo particulado em veículos adequados, com a carga coberta, de forma a impedir a dispersão de poeiras.

MG_FC 23. Garantir a presença em obra unicamente de equipamentos que apresentem homologação acústica nos termos da legislação aplicável e que se encontrem em bom estado de conservação/manutenção, de forma a manter as normais condições de funcionamento.

MG_FC 24. Garantir que as operações mais ruidosas que se efetuem na proximidade de habitações sejam realizadas preferencialmente no período diurno e nos dias úteis, de acordo com a legislação em vigor.

MG_FC 25. A saída de veículos das zonas de estaleiros e das frentes de obra para a via pública deverá ser feita de forma a evitar a sua afetação por arrastamento de terras e lamas pelos rodados dos veículos.

MG_FC 26. Devem ser adotadas soluções estruturais e construtivas, bem como a seleção de equipamentos de modo a minimizar as cargas (ruído e emissão de poluentes atmosféricos, entre outros) associados a esta fase, principalmente junto aos recetores sensíveis.

Gestão de Produtos, Efluentes e Resíduos

MG_FC 27. Assegurar o correto armazenamento temporário dos resíduos produzidos, de acordo com a sua tipologia e em conformidade com a legislação em vigor. Não é admissível a deposição de resíduos, ainda que provisória, nas margens e leitos de linhas de água e zonas de máxima infiltração.

MG_FC 28. O manuseamento e armazenamento temporário dos resíduos deve ser efetuado em áreas impermeabilizadas, planas e protegidas das chuvas, bem como do acesso de pessoas e animais e da ação do vento, de forma a minimizar os riscos de contaminação e a garantir a proteção de águas subterrâneas.

MG_FC 29. Assegurar as boas condições físicas do sistema de recolha de águas residuais de forma a evitar situações acidentais de derrame e contaminação do solo e das águas.

MG_FC 30. Tal como definido na legislação, são proibidas queimas a céu aberto.

MG_FC 31. Os resíduos produzidos nas áreas sociais dos estaleiros e equiparáveis a resíduos urbanos devem ser depositados em contentores especificamente destinados para o efeito, devendo ser promovida a separação na origem das frações recicláveis e posterior envio para reciclagem.

MG_FC 32. Os resíduos de construção e demolição e equiparáveis a resíduos industriais banais devem ser triados e separados nas suas componentes recicláveis e, subsequentemente, valorizados.

MG_FC 33. Os óleos, lubrificantes, tintas, colas e resinas potencialmente usados devem ser armazenados em recipientes adequados e estanques, para posterior envio a destino final apropriado, preferencialmente a reciclagem.

MG_FC 34. Manter um registo atualizado das quantidades de resíduos gerados e respetivos destinos finais, com base nas guias de acompanhamento de resíduos.

MG_FC 35. Assegurar o destino final adequado para os efluentes domésticos provenientes dos estaleiros, de acordo com a legislação em vigor – ligação ao sistema municipal ou, alternativamente, recolha em tanques ou fossas estanques e posteriormente encaminhados para tratamento.

MG_FC 36. A zona de armazenamento de produtos e parque de estacionamento de viaturas devem ser drenados para uma bacia de retenção, impermeabilizada e isolada da rede de drenagem natural, de forma a evitar que os derrames acidentais de óleos, combustíveis ou outros produtos perigosos contaminem os solos e as águas.

MG_FC 37. Sempre que ocorra um derrame de produtos químicos no solo, deve proceder-se à recolha do solo contaminado, se necessário com o auxílio de um produto absorvente adequado, e ao seu armazenamento e envio para destino final ou recolha por operador licenciado.

6.2.3.3 Fase Final da Execução das Obras e entrega da obra

MG_FC 38. Proceder à desativação das áreas afetas aos trabalhos para a execução das intervenções previstas, com a desmontagem dos estaleiros e remoção de todos os equipamentos, maquinaria de apoio, depósitos de materiais, entre outros. Proceder à limpeza destes locais, no mínimo com a reposição das condições existentes antes do início dos trabalhos.

MG_FC 39. Proceder à recuperação de caminhos e vias utilizados como acesso aos locais em obra, assim como os pavimentos que tenham eventualmente sido afetados ou destruídos.

MG_FC 40. Assegurar a reposição e/ou substituição de eventuais infraestruturas, equipamentos e/ou serviços existentes nas zonas em obra e áreas adjacentes, que sejam afetadas no decurso da obra.

MG_FC 41. Assegurar a desobstrução e limpeza de todos os elementos hidráulicos de drenagem que possam ter sido afetados pelas obras de construção.

MG_FC 42. Assegurar a recuperação paisagística do local, procedendo à recuperação das zonas intervencionadas, logo que os trabalhos estejam concluídos.

6.2.4 Medidas gerais para a fase de operação

Manutenção e monitorização

MG_FO 1. Aplicação dos programas de monitorização e proceder ao seu ajuste sempre que os resultados o justifiquem.

MG_FO 2. Assegurar as boas condições físicas das infraestruturas de drenagem de forma a evitar situações acidentais e potenciar as suas condições de funcionamento.

MG_FO 3. Potenciar, se possível, as soluções para fechar o ciclo da água, nomeadamente em termos de infraestruturas.

6.3. PROGRAMAS DE CARACTERIZAÇÃO E MONITORIZAÇÃO

Estando o projeto em fase de estudo prévio, o presente EIA contempla essencialmente as diretrizes para a elaboração dos Planos de Caracterização e Programas de Monitorização, devendo os mesmos ser devidamente aprofundados em fase de Projeto de Execução.

6.3.1 Programas de caracterização

De acordo com os estudos e programas de caracterização concretizados em fase de Estudo Prévio, em fase de construção, deverá garantir-se o acompanhamento arqueológico dos trabalhos com escavação à superfície.

6.3.2 Programas de monitorização

Usualmente, e dada a tipologia de projeto, na fase de construção e especialmente na fase de operação os programas de monitorização são elaborados com vista à verificação da eventual influência nas edificações existentes e à evolução das condições ambientais. Assim, os programas de monitorização propostos consistem em:

Fase de construção:

1. Avaliação da afetação da estabilidade do património arquitetónico, devido à eventual propagação de vibrações e/ou assentamentos provocados pelos trabalhos afetos ao projeto;
2. Acompanhamento arqueológico dos trabalhos de escavação.

Fase de operação:

1. Monitorização das zonas com risco de inundação;
2. Monitorização qualitativa e quantitativa das águas subterrâneas nas zonas vulneráveis identificadas (destaque para a zona da Estufa Fria);
3. Monitorização do funcionamento dos túneis de drenagem.

Tendo como base avaliação realizada pela equipa da especialidade (EMERITA, 2017) apresenta-se de seguida o programa de monitorização proposto para o fator ambiental do Património Arqueológico e Arquitetónico.

6.3.2.1 Património Arqueológico e Arquitetónico

Estabelece-se a proposta de programa de monitorização para as situações em que se considera relevantes, focando os parâmetros a monitorizar, a sua periodicidade, locais propostos, e aspetos de conteúdo dos relatórios que devem ser salvaguardados, em cumprimento do disposto no Anexo V da Portaria 330/2001, de 2 de Abril.

Justificação

A execução do projeto: 1) poderá afetar a estabilidade do património arquitetónico, devido aos eventuais assentamentos induzidos e à propagação de vibrações provocadas pelos trabalhos afetos ao projeto; 2) poderá afetar património arqueológico oculto no solo/subsolo; 3) poderá implicar a afetação estrutural de património arquitetónico.

Objetivos

- Acompanhamento arqueológico dos trabalhos de escavação; registo gráfico, fotográfico descritivo e levantamento topográfico do património arquitetónico.

- Vistoria e registo do estado de conservação do património arquitetónico numa envolvente até 50 m podendo ser alargada em situações em que se justifique.

Este plano de instrumentação e o programa de vistoria deverão ser desenvolvidos por especialistas, e deverão prever, **uma fase de levantamento prévio e pormenorizado do estado de conservação de todas as estruturas.** A sua duração deverá prolongar-se por toda a fase de construção/início da operação. A monitorização dos edifícios deverá ser efetuada com o faseamento da escavação e a distância à frente de obra. A cessação da monitorização na fase de operação enquadra-se numa situação de verificação do cumprimento dos níveis de assentamento e vibração que não danificam as estruturas em causa, podendo prolongar-se, em caso de necessidade, para situações pontuais.

Considera-se, assim, que este plano/programa de vistoria e monitorização cumpre os objetivos pretendidos no âmbito do seguimento dos efeitos dos assentamentos e das vibrações no património.

Parâmetros a monitorizar

Vestígios arqueológicos que possam ocorrer no solo/subsolo durante o acompanhamento da escavação e património arquitetónico;

Monitorização do estado em que se encontra o património arquitetónico num corredor com cerca de 50 m centrado no eixo do túnel, executado por um técnico especializado.

Locais de amostragem, leitura ou observação

Todas as ocorrências localizadas na área de afetação da obra.

Técnicas, métodos analíticos e equipamentos necessários

Acompanhamento dos trabalhos por um Arqueólogo, nomeadamente das operações de escavação a céu aberto;

Registo fotográfico e descritivo dos trabalhos efetuados diariamente;

Registo gráfico, fotográfico, descritivo e levantamento topográfico do património;

Monitorização do estado atual do património arquitetónico em fase prévia ao início dos trabalhos e implementação de plano de monitorização periódico durante a fase de construção;

Ações de formação dos Responsáveis Técnicos do projeto, dos encarregados da obra e dos manobradores de máquinas, para que possam identificar a existência de elementos arqueológicos durante a escavação à superfície nas zonas com potencial arqueológico relevante, e contribuir para a proteção e preservação de eventuais vestígios arqueológicos identificados no decurso dos trabalhos.

Frequência de amostragem, leitura ou observação

O Arqueólogo responsável deverá permanecer na obra sempre que os trabalhos em curso impliquem escavação e afetação de património arqueológico;

Deverá estabelecer-se um programa de monitorização periódico do património arquitetónico, precedido de relatório descritivo dos resultados observados.

Duração do programa

O programa deverá ser mantido durante a fase de construção, e até início da operação no que ao efeito dos assentamentos e das vibrações diz respeito. A cessação da monitorização na fase de operação enquadra-se numa situação de verificação do cumprimento da não afetação das estruturas em causa, podendo prolongar-se, em caso de necessidade, para situações pontuais.

Critérios de avaliação de desempenho

1. Não deteção de vestígios arqueológicos nem de danos no património construído, traduzindo-se no cumprimento dos objetivos estabelecidos;
2. Deteção atempada de vestígios de ocupação arqueológica e a sua preservação, bem como a deteção de danos no património arquitetónico e sua reparação, a que corresponde a suplantação dos objetivos estabelecidos;
3. Destruição de vestígios arqueológicos e deteção tardia de danos no património arquitetónico, a que corresponde o não cumprimento dos objetivos estabelecidos.

Causas prováveis do desvio

i. Não deteção dos vestígios arqueológicos, nem de danos nos imóveis, embora tenham ocorrido;

ii. Deteção de vestígios arqueológicos e de danos no património edificado numa fase tardia.

Medidas de gestão ambiental a adotar em caso de desvio

i. Reforço da formação do encarregado, responsável técnico e manobradores, no sentido de melhor identificarem outros vestígios que possam vir a surgir;

ii. Aumento da frequência da monitorização e acompanhamento arqueológico;

iii. Informação das entidades competentes, avaliação dos vestígios e de danos detetados, propostas de ações a tomar para melhor caracterizar e salvaguardar os vestígios e para reparar os danos nos imóveis.

7 LACUNAS TÉCNICAS OU DE CONHECIMENTO

Dada a especificidade de um projeto com estas características e dado estar em fase de Estudo Prévio, é importante conhecer as principais lacunas técnicas ou de conhecimento inerentes ao atual estado de conhecimento da situação local e que interessará, eventualmente, aprofundar em fase de Projeto de Execução.

Tal como é usual nesta fase (Estudo Prévio), registam-se algumas lacunas técnicas que deverão ser superadas na fase de Projeto de Execução, salientando-se os seguintes pontos:

1. Existem incertezas relativamente à seleção de equipamento a utilizar na fase de construção, bem como a caracterização das cargas resultantes, o que terá influência sobre a magnitude dos impactes, essencialmente no que respeita ao ruído e fatores socioeconómicos.
2. As soluções específicas, nomeadamente volumetrias, materiais e aspetos construtivos só naturalmente serão precisados em fase de Projeto de Execução, sendo relevante ter conhecimento (e internalizar as boas práticas sugeridas) na conceção das soluções de transporte de forma a minimizar os constrangimentos que possam decorrer deste transporte.
3. Com base na avaliação do Património Arqueológico, Arquitetónico e Etnográfico detetaram-se ainda as seguintes lacunas técnicas:
    - Vestígios arqueológicos podem encontrar-se ocultos no solo/subsolo, sendo apenas passíveis de serem detetados na fase de construção, para as escavações a realizar à superfície, no âmbito do acompanhamento arqueológico proposto;
    - Detetam-se lacunas técnicas, por parte da equipa de arqueologia, no que concerne à dinâmica da propagação das vibrações derivadas do projeto, tanto na fase de construção como na fase de operação, bem como dos reais impactes que estas terão a nível de afetação da integridade física do património arquitetónico;

Importa registar que o conhecimento existente permitiu antecipar o que se julgam ser os principais impactes existentes, sendo que tais lacunas não colocam em causa estruturalmente os principais resultados do presente Estudo, pelo que as análises por ele expressas e as suas principais conclusões não são colocadas em causa pelas lacunas técnicas apresentadas.

8 CONCLUSÕES

Inundações, um problema que necessita de intervenção estrutural

Em Lisboa, as situações de inundação são frequentes, em particular nas zonas baixas e planas da cidade, situadas a jusante de bacias hidrográficas de grande dimensão e com uma ocupação significativa, como é o caso das zonas baixas de Alcântara, Martim-Moniz, Praça da Figueira, Terreiro do Paço e de Chelas – Xabregas, entre outras. Sobretudo em períodos de elevada intensidade pluvial (que ocorrem algumas vezes por ano) os caudais gerados são elevados e não existe, num tecido urbano já muito ocupado e até consolidado, a possibilidade de infiltrar ou de armazenar, o que torna difícil e não assegura a capacidade em situações extremas.

Durante o último século Lisboa foi **o concelho com mais ocorrências de eventos hidrológicos que levaram à ocorrência de inundações registadas em Portugal, com um total de 84 casos entre 1900 e 2006** (Quaresma, 2008)**.**

Mais recentemente, **entre 2008 e 2014, contabilizaram-se 15 eventos com níveis de pluviosidade significativos e que originaram inundações na cidade de Lisboa.** O sistema atual já não tem capacidade de assegurar a drenagem em várias situações (destacando-se, entre outros eventos pluviosos recentes, as inundações de 18 e 19 de fevereiro de 2008, 30 de outubro de 2010 e de 22 de setembro e 13 de outubro de 2014) levando a prejuízos significativos, perturbação das atividades e até risco de mortalidade, pelo que se torna imperioso e até urgente assegurar a implementação do projeto, ao que acresce os potenciais efeitos das alterações climáticas que tendencialmente irão agravar a situação.

A dimensão dos problemas de drenagem da cidade de Lisboa requer intervenções de natureza estrutural de grande magnitude que, embora não eliminem totalmente, diminuam de forma significativa o risco de inundações e reduza significativamente o risco de catástrofe provocada por fenómenos extremos potenciados por alterações climáticas. Opta-se, assim, pela atualização e desenvolvimento de um Plano Geral de Drenagem de Lisboa (PGDL), que foi aprovado em 2015, pela solução de desvio de caudais que, integrada com um conjunto de intervenções complementares, permite, desde logo, dar resposta a grande parte dos problemas de drenagem da cidade de Lisboa.

O desvio de caudais poderia ser efetuado à superfície, mas tal levaria a elevadas perturbações socioeconómicas na construção e eventuais limitações no tecido urbano pela ocupação das respetivas zonas e perturbação das atividades que se desenvolvem à superfície. Assim, o PGDL opta pela execução de dois grandes coletores em profundidade, nomeadamente dois sistemas de túneis, que asseguram uma solução de maiores desvios de caudais. Esta opção evita demoradas e dispendiosas intervenções nas zonas mais antigas e históricas da cidade, e que têm um impacte social significativo. Adicionalmente, e em fase posterior, estão ainda previstas no PGDL soluções complementares que correspondem a soluções à escala do bairro de gestão das águas locais de forma mais ajustada a esta escala.

Projeto centra-se em dois túneis

O presente projeto materializa as intervenções estruturantes do PGDL na execução de dois grandes coletores, designados por túnel Monsanto-Santa Apolónia (TMSA, extensão de aproximadamente 5 km), entre Campolide e Santa Apolónia, e túnel Chelas-Beato (TCB, extensão de aproximadamente 1.5 km), entre Chelas e o Beato, ambos com um diâmetro interno de 5.5 metros.

Os dois túneis foram concebidos para transportar caudais centenários (para período de retorno de 100 anos), libertando o sistema a jusante e minimizando os riscos de inundação graves ou, potencialmente, muito graves, em zonas críticas da cidade (em particular as zonas de baixas cotas). A operação dos túneis minimiza os impactes sociais e ambientais através do controlo das inundações que ciclicamente se verificam em vários locais da cidade, assegurando ainda um desempenho adequado face

à ocorrência de eventos extremos, que se perspetivam cada vez mais frequentes. De acordo com a evolução climática prevista para Lisboa, com os resultados de vários estudos (ver e.g. Dias, 2016; Soares, Cardoso, Ferreira, & Miranda, 2015) a convergirem para um aumento dos episódios de precipitação intensa e muito intensa para a cidade de Lisboa, bem como a redução dos períodos de retorno (perspetiva-se que, a meio do século, a precipitação associada a um período de retorno de 100 anos no presente passará a ocorrer em média de 20 em 20 anos e que a precipitação associada a um período de retorno de 2 anos no presente, terá um aumento de 18 %).

O dimensionamento do TMSA permite, mesmo tendo em consideração os efeitos de agravamento devido às alterações climáticas, assegurar bons níveis de desempenho para uma precipitação com período de retorno de 100 anos, correspondente a caudais gerados e intercetados pelo túnel, na obra de desvio do Caneiro e nas câmaras de Santa Marta e Avenida Almirante Reis, da ordem dos 170 m^3/s. De igual modo, o TCB, com a interceção de caudais no cruzamento da Estrada de Chelas com a Avenida Santo Condestável permitirá aliviar toda a rede a jusante deste ponto, assegurando bons níveis de desempenho para uma precipitação com período de retorno de 100 anos, correspondente a caudais gerados e intercetados pelo túnel de 147 m^3/s.

O funcionamento dos túneis permitirá o desvio dos caudais pluviais gerados nas zonas altas das bacias de drenagem, criando assim uma espécie de barreira que impede a sobrecarga das zonas baixas com estas contribuições.

As contribuições de drenagem das zonas altas associadas a eventos de pluviosidade mais intensos são diretamente encaminhadas para os túneis de drenagem pluvial, através de obras de desvio nos grandes coletores das respetivas bacias (Caneiro de Alcântara no caso do TMSA – bacia "E", e grande coletor pluvial da bacia "O" no caso do TCB; o TMSA recebe ainda contribuições das zonas altas das bacias de drenagem da Avenida da Liberdade/Rua de Santa Marta – bacia "J" – e da Av. Almirante Reis – bacia "L"). Os túneis promovem o transporte e descarga das contribuições pluviais excedentárias para o rio Tejo. A drenagem das zonas baixas das bacias de drenagem intercetadas (E, J, L, O) continuará a ser assegurada, sem condicionamentos, pelas redes de drenagem existentes. Uma vez que estas, genericamente, possuem capacidade hidráulica adequada ao transporte destas contribuições, reduzir-se-ão muito significativamente as situações de ocorrência de acumulação de água à superfície e de extravasamentos, minimizando-se o risco de ocorrência de inundações pluviais urbanas.

Os efluentes do sistema de drenagem, em tempo seco, seguirão para tratamento (ETAR de Alcântara, de Beirolas, de Chelas e Frielas, no município de Loures). Em tempo de chuva, a descarga para os túneis só terá lugar a partir de caudais três vezes o caudal de ponta de tempo seco, garantindo diluições elevadas na descarga. À entrada, os túneis dispõem de poço de grossos e de gradagem. Prevê-se que os túneis tenham funções multiusos, no sentido de proporcionar condições para o transporte de efluentes tratados (e de outros serviços) para usos compatíveis (rega de espaços verdes e limpeza urbana), em vários locais da cidade.

As operações de manutenção dos túneis constituem essencialmente a remoção do material sólido retido nos poços de grossos existentes em Santa Marta, Almirantes Reis e nas obras de entrada, em Campolide e Chelas.

Foram analisadas várias alternativas e ao longo do processo selecionou-se uma alternativa para cada túnel

Da evolução do projeto, que decorreu em paralelo com o EIA e internalizou as recomendações, resultaram alternativas de traçado para cada túnel, tendo as mesmas sido ajustadas de forma a minimizar os impactes decorrentes da sua implementação. Para o TMSA foi selecionada e desenvolvida no projeto a Alternativa TMSA2, no entanto, no presente EIA, foram analisadas as duas alternativas de traçado que variam entre si relativamente ao troço final em Santa Apolónia. Para o TCB foi selecionada e desenvolvida no projeto a Alternativa TCB4, tendo no presente EIA sido analisadas as quatro alternativas

que resultaram da evolução do projeto. Todas as alternativas analisadas para o TCB têm em comum a zona de início do túnel, junto à Estrada de Chelas, variando o traçado a partir daí, assim como a zona de descarga no estuário do Tejo.

No que respeita às alternativas que globalmente se revelam mais favoráveis, a análise realizada ao longo do presente EIA evidencia e confirma que também em termos ambientais a Alternativa TMSA2 é a alternativa mais favorável para o TMSA. Esta alternativa já considera as condicionantes ao nível do património, apresentando um traçado ajustado à sua localização e características, o que permite a minimização dos impactes no património arqueológico e arquitetónico. Para o TCB, ponderando as condicionantes associadas às alternativas analisadas, considera-se que a afetação decorrente das Alternativas TCB1, TCB2 e TCB3 poderá conduzir a maiores constrangimentos e impactes futuros pela possível afetação no desenvolvimento de projetos previstos para o local (TCB2 e TCB3), afetação de património arquitetónico (TCB3) ou geológico (TCB1) e das atividades do Porto de Lisboa na fase de operação (TCB1), pelo que a avaliação realizada evidencia e confirma a Alternativa TCB4 como sendo a solução mais favorável.

A Alternativas TMSA2 e TCB4 correspondem às alternativas mais favoráveis quer em termos ambientais, quer de acordo com as entidades consultadas, correspondendo às opções mais adequadas, que permitem a minimização de impactes negativos, sobretudo, na fase de construção e que se traduzem num desempenho globalmente mais favorável do projeto.

A alternativa Monsanto-Santa Apolónia ajustada (TMSA2) para evitar a afetação da Cerca Fernandina com medidas de atenuação consideradas na opção de descarga revela-se como a alternativa que, assegurando a resposta ao objetivo de contribuir para reduzir os riscos de inundação, minimiza os impactes negativos mais significativos.

A alternativa Chelas-Beato ajustada (TCB4) para evitar a afetação das atividades socioeconómicas, nomeadamente portuárias, com medidas de atenuação da orientação da descarga revela-se como a alternativa que, assegurando a resposta ao objetivo de contribuir para reduzir os riscos de inundação, minimiza os impactes negativos mais significativos.

Assim, confirma-se que as alternativas selecionadas e desenvolvidas no projeto, nomeadamente as alternativas Monsanto-Santa Apolónia designada por TMSA2 e para Chelas-Beato designada por TCB4 (Figura 6.3-1), correspondem às soluções que minimizam os impactes negativos e potenciam os impactes positivos.

Figura 6.3-1 – Implantação do traçado das Alternativas mais favoráveis para o projeto dos dois túneis

Impactes ambientais globais nas diferentes fases

Considerando as alternativas que maximizam a adaptação do projeto às condicionantes locais, minimizando os impactes negativos decorrentes, importa considerar os impactes globais resultantes do projeto. Refira-se que apesar de na fase de construção os impactes negativos serem em maior número e mais significativos, estes são impactes temporários, localizados e próprios desta fase. É essencial compreender que os impactes negativos na fase de construção, na sua maioria pouco significativos após a adoção das medidas propostas, se traduzem na fase de operação num projeto com impactes positivos muito significativos, não só à escala local ou do projeto, mas também e, sobretudo, à escala do município, com especial relevância no que respeita à segurança de pessoas e bens.

Refira-se também que os potenciais impactes negativos ocorrem sobre recursos, património e áreas com população e atividades económicas perfeitamente estabelecidas que, face à não concretização do projeto, seriam francamente afetados pelos eventos de precipitação extremos cuja frequência e intensidade irá aumentar decorrente da evolução climática prevista. Com a implementação do projeto promove-se um conjunto de medidas de minimização, valorização, bom desempenho e sustentabilidade que permitem uma gestão adequada através do cumprimento de procedimentos que levam à minimização dos impactes mesmo na fase de construção. Esta situação, perante a possibilidade de não realização do projeto, torna-se globalmente mais vantajosa, pelo conjunto de ações e medidas previstas que minimizam a afetação, que se revela temporária e pouco significativa face aos impactes globais do projeto e componente adaptativa que este representa.

Destaque-se que, se no PGDL a opção pela construção dos túneis em profundidade reduz a perturbação generalizada à superfície, já no projeto em fase de estudo prévio foram introduzidas propostas de soluções que minimizam os potenciais impactes negativos da construção ou intervenção à superfície. Entre as várias alterações consideradas no projeto é de destacar a compatibilização com as infraestruturas existentes, por exemplo das empresas Metropolitano de Lisboa, EPAL, Infraestruturas de Portugal e APL, a proposta de alteração em Santa Apolónia que salvaguarda a Cerca Fernandina (Monumento Nacional) e alteração de traçado no Beato que permite reduzir as perturbações nas atividades portuárias.

As intervenções previstas para a execução dos túneis podem ser divididas em intervenções em profundidade (T1 e T2) e intervenções à superfície referentes às obras de entrada, troços construídos em vala e poços de ligação (Z1 a Z6).

Da realização dos túneis em profundidade, potencialmente, podem surgir impactes ao nível da hidrogeologia e património, que importa precisar em fase de projeto de execução, garantindo em fase de construção o cumprimento das medidas minimizadoras das potenciais perturbações nestes fatores. À superfície, as intervenções estão associadas a impactes ao nível dos solos e ocupação do solo, ruído e socio economia, decorrentes da emissão de ruído e poeiras, afetação das atividades existentes na envolvente direta e perturbações na circulação e acessos nas vias envolventes. Destaque-se que estes constituem impactes localizados e de caracter temporário, restringindo-se à duração prevista para os trabalhos em cada zona de intervenção.

Na fase de operação os impactes negativos são praticamente inexistentes, podendo existir alguma perturbação temporária e esporádica nas zonas de descarga, bem como nos locais com poços de grossos, para a remoção do material sólido acumulado. No entanto, quer a construção, quer a operação dos dois túneis não altera significativamente as características do estuário do Tejo dado o reduzido número de descargas previsto e o grau de diluição dos volumes descarregados. Também ao nível da hidrodinâmica, as velocidades médias de escoamento na descarga dos túneis no estuário, para caudais centenários, pretendem-se que sejam inferiores a 2 m/s, ou seja, da mesma ordem de grandeza das velocidades máximas no rio Tejo. As forças de arrastamento resultantes, em particular em Santa Apolónia, garantem o não assoreamento de material sólido e são comparáveis aos esforços decorrentes de ondulação da ordem dos 0.5 metros. Considera-se assim que a afetação da operação dos dois túneis previstos é muito pouco significativa. Não obstante, nas zonas de descarga de Santa Apolónia e Beato, considera-se que será útil implementar um sistema de alerta, em concertação com a Proteção Civil, que informe os operadores e entidades portuárias da ocorrência de eventos extremos com as características referidas, como medida preventiva.

Evidenciam-se os impactes positivos e muitíssimo significativos na fase de operação que se refletem em diferentes fatores ambientais e em aspetos tão diversos quanto a valorização da ocupação do solo e paisagem nas zonas beneficiadas, a melhoria significativa das condições de drenagem que se traduz numa resposta adaptativa à evolução climática prevista e minimização da vulnerabilidade ao risco de inundação em diferentes zonas da cidade de Lisboa, com evidentes benefícios económicos e sociais.

Uma avaliação global dos impactes ambientais deste projeto dos dois túneis revela o seu forte impacte positivo decorrente da redução do risco de inundação em zonas críticas da cidade de Lisboa, atenuando os prejuízos decorrentes da precipitação e alterações climáticas, assegurando, simultaneamente, o bom funcionamento do espaço urbano, contribuindo assim para assegurar resiliência e capacidade de adaptação face a estes fenómenos climáticos, dispondo de impactes negativos circunscritos.

Benefícios claros e a necessidade imperiosa da sua implementação

A construção dos dois túneis, para as premissas assumidas no projeto e com a execução também de outras atividades indicadas no PGDL, contribui para reduzir significativamente a ocorrência de inundações nas zonas Ocidental, Central e Oriental da cidade, dando resposta a cerca de 70 a 80% dos problemas de drenagem da cidade de Lisboa.

Numa perspetiva de adaptação e prevenção dos riscos provenientes da potencial evolução climática os seus efeitos foram integrados na conceção do projeto. Em face dos cenários previstos, optou-se por considerar um cenário de aumento do nível médio do mar de 70 cm e um aumento da precipitação em períodos curtos de 5%, referidos ao ano 2100. **Face a um cenário**

de projeção que já considera estes efeitos, reduz-se a vulnerabilidade ao risco de inundação, obtendo-se a redução da probabilidade de ocorrência dos riscos e impactes associados.

Num contexto de adaptação, o projeto considera desde já as alterações climáticas projetadas, pelo que contribui significativamente para a minimização do risco através de uma resposta adaptativa. Resultante da implementação do projeto prevê-se assim **a redução das zonas atualmente vulneráveis ao risco de inundação.** Da diminuição das zonas de risco de inundação ou minimização da sua frequência decorrem impactes muito positivos sobretudo ao nível socioeconómico e ocupação do solo pela potenciação e valorização das zonas atualmente fustigadas pela ocorrência de inundações e consequentes danos e prejuízos.

A beneficiação de zonas atualmente consideradas críticas ocorre a jusante dos locais de interceção de caudais pelos túneis. O TMSA, independentemente da intensidade da precipitação e nível de maré considerados (incluindo agravamentos resultantes das alterações climáticas), irá aliviar o Caneiro de Alcântara e o sistema de drenagem a jusante do túnel, contribuindo para reduzir significativamente os extravasamentos/inundações que atualmente ocorrem ao longo da Rua Santa Marta, Rua de São José, Portas St.º Antão e de outras zonas críticas, tais como a Praça da Figueira, Rossio e a zona da Baixa Pombalina, bem como a zona baixa de Alcântara com a minimização dos constrangimentos que agora se verificam, por exemplo, na Avenida de Ceuta. Para o TCB a interceção de caudais pelo túnel no cruzamento da Estrada de Chelas com a Avenida Santo Condestável permitirá aliviar toda a rede a jusante deste local, com visíveis benefícios nas zonas baixas do Beato e Xabregas, destacando-se o facto de o túnel permitir a resolução dos problemas na Estrada de Chelas, Rua Gualdim Pais e Largo Marquês de Nisa.

Em Lisboa, as áreas classificadas com elevada e muito elevada vulnerabilidade ao risco de inundação atingem um valor superior a 640 ha, o que corresponde a cerca de 6 % da área total do concelho; destas é possível reduzir a ocorrência de inundações e dos respetivos impactes em cerca de 278 ha. **A operação dos túneis permite, assim, a redução de cerca de 19 % das áreas classificadas com elevada vulnerabilidade ao risco de inundação e cerca de 64 % das áreas classificadas com muito elevada vulnerabilidade ao risco de inundação.**

Esta situação carece de acompanhamento continuado em função da evolução do risco, destacando-se a necessidade de avaliar as zonas com vulnerabilidade ao risco de inundação, ajustando, se necessário, a carta de risco da cidade de Lisboa.

De acordo com o potencial de redução da vulnerabilidade ao risco de inundação decorrente da operação dos túneis determinaram-se os benefícios através de duas metodologias, nomeadamente a determinação da redução dos danos (evitar dos eventos que provocam esses danos) e a disponibilidade para a pagar.

De acordo com a análise efetuada, considera-se que em 100 anos existem três tipologias de danos decorrentes da ocorrência de inundações, assumindo-se que virão a existir 10 inundações com danos elevados, 8 inundações com danos muito elevados e 2 inundações com danos catastróficos. **Assim, para o cenário considerado nos 100 anos do horizonte de projeto, considera-se que o sistema vai contribuir para reduzir os efeitos das inundações em, pelo menos, 20 situações. Neste caso, o potencial de redução de danos pode atingir cerca de 780 milhões de euros.**

Com base nos inquéritos realizados apuraram-se os valores de disponibilidade para pagar, por dia, de 4 cêntimos para os munícipes (14.6 € por ano), 6 cêntimos para os trabalhadores e 20 cêntimos no caso dos turistas. O valor no horizonte de projeto (100 anos) atinge o total de 1 438 milhões de euros.

Os túneis são a componente estruturante do sistema e asseguram a redução do risco mais significativa, abrangendo uma parte importante das zonas da cidade que dispõem de zonas residenciais, comerciais e turismo, pelo que se considera que

estão associados a 75 % dos benefícios decorrentes da implementação das propostas do PGDL. Segundo esta metodologia o valor para a componente dos túneis atinge cerca de 1 080 milhões de euros.

Em síntese, os valores atingidos pelos benefícios ultrapassam significativamente os custos decorrentes do projeto (85 milhões de euros) e do PGDL (170 milhões de euros) revelando a importância e necessidade do projeto também nesta dimensão.

Da operação dos túneis decorrerão vários benefícios e dado o seu dimensionamento hidráulico para uma inundação com período de retorno de 100 anos, é possível reduzir significativamente a ocorrência de inundações e potenciais vitimas mortais associadas a estas ocorrências. Refira-se que, embora num contexto completamente diferente (de ordenamento e gestão de recursos hídricos), a inundação de 25 e 26 de novembro de 1967 causou na região de Lisboa mais de 522 mortos (TRIGO et al., 2016).

Os efeitos das alterações climáticas e de fenómenos extremos colocam a possibilidade de ocorrência de eventos gravosos cada vez mais na agenda, sendo que as zonas intervencionadas e beneficiadas de Lisboa dispõem de património classificado que, em caso de ocorrência de inundações significativas, poderá ser destruído de forma irreversível.

Os túneis têm benefícios nem sempre fáceis de percecionar, que decorrem do facto de assegurar nas zonas a montante da interceção de caudais uma drenagem rápida. Deste modo, mesmo fora das áreas mais beneficiadas – zona baixa de Alcântara, Baixa de Lisboa, Beato, Xabregas, entre outras – permite a redução dos caudais presentes e o ganho de tempo, contribuindo também para reduzir inundações, ou pelo menos perturbações nessas zonas da cidade.

Os benefícios traduzem-se não só na redução de risco de inundação e na criação de condições para fechar o ciclo da água (sistemas para encaminhar a água residual tratada na ETAR de Alcântara), mas também pelo facto das intervenções (e obras) serem na generalidade realizadas em profundidade, sendo um contributo muito positivo e essencial à Cidade e seus utentes.

A possibilidade de ocorrência de uma inundação de elevada gravidade, na ausência dos túneis, poderá dar origem a outros danos muitíssimo graves, como mortalidade nos munícipes, turistas e outros utentes; a destruição de zonas com património classificado; ou a colocação da cidade em situação de emergência e catástrofe. Nesse sentido a execução deste projeto reveste-se de importância extrema e urgência, podendo mesmo dizer-se que é uma emergência.

BIBLIOGRAFIA

CAPITULOS 1 E 2

APA. (2015). *Requisitos técnicos e número de exemplares de documentos a apresentar em suporte digital (Avaliação de Impacte Ambiental)*. Lisboa. Retrieved from http://www.apambiente.pt/_zdata/Instrumentos/AIA/Modelos e Documentos de Orientacao/Documentos-Orientacao/Requisitos_Tecnicos_Docs(v1_2015_03).pdf

CML. (2012). *Planta de Ordenamento do PDM de Lisboa - Riscos Naturais I e Antrópicos. Direção Municipal de Planeamento, Reabilitação e Gestão Urbanística. Departamento de Planeamento e Reabilitação Urbana.*

CML. (2017). *Explicação do modo de operação dos túneis de drenagem. Equipa de Projeto da CML, 17 de Fevereiro de 2017, Lisboa.*

Consórcio Hidra/Engidro. (2015). *Plano Geral de Drenagem de Lisboa 2016-2030*. Lisboa.

Consórcio Hidra/Engidro. (2016). *Processo de Concurso para a Empreitada dos Túneis de Drenagem de Lisboa - Programa Base dos Túneis e Anteprojeto das Obras Especiais (Fase A). Dezembro 2016.*

Consórcio Hidra/Engidro. (2017). *Programa Base dos Túneis e Anteprojeto das Obras Especiais do Projeto dos túneis de Drenagem de Lisboa*.

Figueiral, E. (2014). *Fotografias enviadas por leitores para o Semanário SOL. Cheias de 13 de Outubro de 2014. Rossio, Lisboa*.

Hidromod. (2017). *Estudo do efeito de descarga das águas pluviais dos túneis Monsanto/Sta. polónia e Chelas/Beato na hidrodinâmica local e na dinâmica sedimentar junto ao rio Tejo. Processo nº 0023/AQS/AD/DGES/ND/2016.* Lisboa.

Matos, J. de S., Oliveira, R. P. de, Monteiro, A., & Lacerda, M. (2007). O Plano Geral de Drenagem de Águas Residuais da Cidade de Lisboa. *Águas E Resíduos*, *Janeiro/Ab*.

Tavares, I. (2010). Inundações em Xabregas. Fotografias enviadas por leitores para o Portal IOL.

CAPITULO 3

Acciaiuoli, L. (1944). *Aguas de Portugal minerais e de mesa: história e bibliografia - Vol. III: História das águas minerais: águas minerais com concessão. Direcção Geral de Minas e Serviços Geológicos. 6 vols, Lisboa, 192p;*

Albuquerque, J. de P. M. e. (1982). *Carta Ecológica de Portugal (1:500 000) -Direcção Geral dos Serviços Agrícolas. Lisboa*.

Alcoforado, M. J. (1987). Brisas estivais do Tejo e do Oceano na região de Lisboa. *Finisterra - Revista Portuguesa de Geografia, Lisboa, XXII (43)*, 71–112.

Alcoforado, M. J. (1992a). Lisbon's thermal patterns. In *Pre-congress meeting of the Comission on Climatology, 27th international Conference of the IGU, Pennsylvania* (pp. 100–108).

Alcoforado, M. J. (1992b). *O clima da região de Lisboa. Contrastes e ritmos térmicos. Memórias do C.E.G, vol.15.* Lisboa.

Alcoforado, M. J., & Andrade, H. (2005). *Nocturnal urban heat island in Lisbon (Portugal): main features and modelling attempts. Theoretical and Applied Climatology, 84, versão electrónica.*

Alcoforado, M. J., Lopes, A., Andrade, H., & Vasconcelos, J. (2005). *Orientações Climáticas para o Ordenamento em Lisboa*.

Almeida, F. M., & Almeida, I. M. (1997). *Contribuição para a atualização da Carta Geológica do Concelho de Lisboa. A Geotecnia nas Infraestuturas de Transportes, Energia e Ambiente. 6º Congresso Nacional de Geotecnia, Volume 1/3, Soc. Portuguesa de Geotecnia e Centro de Geotecnia de Inst. Sup. T*.

Andrade, C. F. (1935). *Memória descritiva sobre a modificação a introduzir na actual captagem da "Alcalina" das Alcaçarias do Duque. 47p.*

Andrade, H. (2003). *Bioclima humano e Temperatura do ar em Lisboa. Dissertação de Doutoramento em Geografia Física.* Faculdade de Letras, Universidade de Lisboa.

ANPC. (2014). *Avaliação Nacional de Risco*. Retrieved from http://www.prociv.pt/RiscosVulnerabilidades/Documents/Avaliação Nacional de Risco.pdf

APA. (2014). QualAr - Base de Dados Online sobre Qualidade de Ar. Retrieved from http://qualar.apambiente.pt/index.php?page=1&subpage=11&zona=4&year=2014&x=15&y=1

APA. (2016a). Avaliação da Qualidade do Ar na RLVT - Ambiente - CCDR LVT. Retrieved April 8, 2016, from http://www.ccdr-lvt.pt/pt/avaliacao-da-qualidade-do-ar-na-rlvt/8085.htm

APA. (2016b). *Plano de Gestão dos Riscos de Inundações - Região Hidrográfica 5: Tejo e Ribeiras do Oeste*. Lisboa. Retrieved from http://www.apambiente.pt/_zdata/Politicas/Agua/PlaneamentoeGestao/PGRI/2016-2021/PGRI_RH5A.pdf

APL. (2015). *Manual de Gestão da Qualidade*. Lisboa. Retrieved from http://www.portodelisboa.pt/portal/page/portal/PORTAL_PORTO_LISBOA/NAVIOS_PILOTAGEM/PILOTAGEM/MGQ-01 00 AJ Manual de Gest%E3o da Qualidade.pdf

APL. (2016). Atividade portuária no Porto de Lisboa. Retrieved from http://www.portodelisboa.pt/portal/page/portal/PORTAL_PORTO_LISBOA/ESTATISTICAS/ACTIVIDADE_PORTUARIA

ARH Tejo. (2010). *Os Aquíferos das Bacias Hidrográficas do Rio Tejo e das Ribeiras do Oeste – Saberes e Reflexões. Colecção Tágides Vol. VII. Lisboa;*

ARH Tejo. (2012). *Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Tejo. Relatório técnico, Parte 2 – Caracterização e Diagnóstico da Região Hidrográfica*.

ArqueoHoje. (2016). *Relatório das Sondagens arqueológicas em Santa Apolónia - SAP 2016. Relatório Preliminar 2. Troço final do Túnel Monsanto - Santa Apolónia do Plano Geral de Drenagem de Lisboa. Novembro de 2016*.

ArqueoHoje. (2017). *Relatório das Sondagens arqueológicas em Santa Apolónia. Troço final do Túnel Monsanto - Santa Apolónia do Plano Geral de Drenagem de Lisboa. Março de 2017*.

artop. (2016). *Levantamento topográfico. Junho 2016.* Lisboa.

Bettencourt, A.M.M, & Costa, C. (1980). *Dispersão e Escoamento no Estuário do Tejo, Recursos Hídricos, Vol.1, nº1, pp. 15 17, janeiro.*

Bolt, M. L. (2003). *Os Portos na Origem dos Centros Urbanos. Contributo para a Arqueologia das Cidades Marítimas e Flúvio- Marítimas em Portugal. Trabalhos de Arqueologia, 20, Instituto Português de Arqueologia.*

Cabral, J. ., & Ribeiro, A. (1988). *Carta Neotectónica de Portugal Continental na escala 1/1 000 000. Direção Geral de Geologia e Minas, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Secretaria de Estado do Ambiente e dos Recursos Naturais, Lisboa, s/pp.*

Canário, J. ., & Vale, C. (2007). *Monitoring program for the Tagus Estuary and tributaries, Scientific Report, IPIMAR, June 2007, p. 78.*

Cancela d'Abreu, A., Pinto-Correia, T., & Oliveira, R. (2002). *Contributos para a Identificação e Caracterização das Unidades de Paisagem em Portugal Continental. Volumes I a V. DGOTDU Ed. 2004.*

Cardoso, M. C. (2011). *Biodiversidade Urbana: seleção e caracterização de Indicadores para Lisboa.*

Carvalho, J. M., Berthou, P. Y., & Silva, L. F. (1990). *Introdução aos Recursos Geotérmicos da Região de Lisboa, Book tribute to Carlos Romariz – Applied and Economical Geology Section, Lisbon, 332-356.*

CCDR-LVT. (2002). Plano Regional de Ordenamento do Território da Área Metropolitana de Lisboa - Ordenamento do Território - CCDR LVT. Retrieved July 20, 2015, from http://www.ccdr-lvt.pt/pt/plano-regional-de-ordenamento-do-territorio-da-area-metropolitana-de-lisboa/54.htm

Chiron, Engidro, & Hidra. (2008). *Avaliação da rede de drenagem de Lisboa para a EPAL*.

Choffat, P. (n.d.). *Les eaux d'alimentatione Lisbonne – rapport entre leur origine géologique et leur composition chimique. Comunicações da Direcção dos Trabalhos Geológicos de Portugal. Tomo III, p.145-198.*

CML. (2008a). *Mapa do Ruído - Memória Descritiva. Direcção Municipal de Ambiente Urbano. Departamento de Ambiente e Espaços Verdes. Divisão de Controlo Ambiental.* Lisboa. Retrieved from http://www.cm-lisboa.pt/fileadmin/VIVER/Urbanismo/urbanismo/planeamento/pdm/novo0ut2013/ea/08_Mapa_de_Ruido.pdf

CML. (2008b). *PDM Lisboa. Elementos de acompanhamento: Mapa do Ruído.* Lisboa. Retrieved from http://www.cm-lisboa.pt/fileadmin/VIVER/Urbanismo/urbanismo/planeamento/pdm/novo0ut2013/ea/08_Mapa_de_Ruido.pdf

CML. (2009). Comércio de Lisboa. Retrieved December 1, 2016, from www.cm-lisboa.pt/investir/comercio

CML. (2010a). *Componente Geológica - Caracterização. Revisão do PDM.*

CML. (2010b). *Relatório síntese de Caracterização Biofísica de Lisboa - Revisão do Plano Director Municipal de Lisboa*. Lisboa.

CML. (2012a). *Planta de Ordenamento do PDM de Lisboa - Acessibilidades e Transportes. Direção Municipal de Planeamento, Reabilitação e Gestão Urbanística. Departamento de Planeamento e Reabilitação Urbana.* Lisboa. Retrieved from http://www.cm-lisboa.pt/fileadmin/VIVER/Urbanismo/urbanismo/planeamento/pdm/vigor2/07_ACESSTRANS.pdf

CML. (2012b). *Relatório de Caracterização síntese do Plano Diretor Municipal de Lisboa*. Lisboa. Retrieved from http://www.cm-lisboa.pt/fileadmin/VIVER/Urbanismo/urbanismo/planeamento/pdm/novo0ut2013/ea/Relatorio_caracterizacao_sintese.pdf

CML. (2014). *Lisboa, uma cidade para respirar. Folheto ZER 3ª Fase.*

CML. (2015a). *Plano de Ação do Município de Lisboa para o cumprimento do PERSU 2020. Câmara Municipal de Lisboa, Direção Municipal de Ambiente Urbano.*

CML. (2015b). *Relatório Técnico de Avaliação Visual de Arvoredo junto à Estação de Santa Apolónia. Núcleo de Arvoredo CML.*

CML. (2016a). *Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas de Lisboa (consulta pública)*.

CML. (2016b). *Parecer técnico sobre o arvoredo a afetar pela obra do túnel de drenagem no Largo do Museu da Artilharia/Avenida Infante Dom Henrique. Núcleo de Arvoredo e Fitossanidade CML.*

CML. (2017). Zonas de Emissões Reduzidas na cidade de Lisboa e respectivas fases. Retrieved January 1, 2017, from http://www.cm-lisboa.pt/viver/mobilidade/zonas-emissoes-reduzidas

Consórcio Hidra/Engidro. (2015). *Plano Geral de Drenagem de Lisboa 2016-2030*. Lisboa.

Consórcio Hidra/Engidro. (2016). *Processo de Concurso para a Empreitada dos Túneis de Drenagem de Lisboa - Programa Base dos Túneis e Anteprojeto das Obras Especiais (Fase A). Dezembro 2016.*

Costa, J. C., Aguiar, C., Capelo, J. H., Lousã, M., & Neto, C. (1998). *Biogeografia de Portugal Continental. Quercetea vol 0: 1-56*.

Cruces, A., Lopes, I., Freitas, M., & Andrade, C. (2002). *A Geologia no Litoral – Parte I: Do Tejo à Lagoa de Albufeira,*

Geologia no Verão 2002 – Guia de Excursão, Agência Ciência Viva, Departamento de Geologia, Centro de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, 7-8 pp;

DGOTDU. (2004). *Contributos para a identificação e caracterização da Paisagem em Portugal Continental*.

Dias, L. (2016). *As alterações climáticas, as inundações e a cidade. Contributos para o estudo da resiliência urbana em situações de chuvas torrenciais. Dissertação apresentada na Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa para obtenção do Grau de Doutor.*

Dinis da Gama, C., & Matos, P. (2016). *Modelação e Zonamento Geológico-Geotécnico dos Terrenos a Atravessar pelos Futuros Túneis de Drenagem de Lisboa, com base em Informações Pré- Existentes*.

DMPU. (2009). *Relatório do Estado do Ordenamento do Território - REOT. Departamento de Planeamento Urbano. Câmara Municipal de Lisboa*. Libsoa.

EMERITA. (2017). *Relatório sobre a Avaliação do Fator Património Arqueológico, Arquitectónico e Etnográfico do Estudo de Impacte Ambiental de Dois Túneis de Drenagem de Lisboa*.

Ferreira, J., Simas, T., Nobre, A., Silva, M. C., Shifferegger, K., & Lencart-Silva, J. (2003). *Identification of sensitive areas and vulnerable zones in transitional and coastal Poruguese systems, IMAR/INAG.*

Franco, A. (1996). *Zonas Fitogeográficas predominantes em Portugal Continental. Anais do Instituto Superior de Agronomia 44(1): 39:56*.

Franz, G. (2016). *Modelling hydrodynamics and sediment dynamics in coastal systems. Tese de doutoramento em engenharia do ambiente, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, 2016 (em desenvolvimento).*

Franz, G., Pinto, L., Ascione, I., Mateus, M., Fernandes, R., Leitão, P., & Neves, R. (2014). *Modelling of cohesive sediment dynamics in tidal estuarine systems: Case study of Tagus estuary, Portugal. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 2014; 151: 34–44.* Lisboa.

Freire, P., Taborda, R., & Andrade, C. (2006). *Caracterização das praias estuarinas do Tejo, 8º Congresso da Água.*

Freitas, M. da C., Andrade, C., & Silva, T. (2015). Caracterização de eventos holocénicos de alta energia no estuário do Tejo. Recorrência de tsunamis no Estuário do Tejo. Retrieved August 13, 2015, from http://lxrisk.cm-lisboa.pt/eventos_holocenicos.html

GEOTPU. (2011). *Relatório de Caracterização e Diagnóstico Plano de Pormenor – Margem Direita da Foz do Rio Jamor*. Retrieved from http://www.cm-oeiras.pt/municipio/BolMunOnl/avisos1/pecas_escritas/05_RELATORIO_CARACTERIZACAO E DIAGNOSTICO.pdf

Google Earth. (2016). Google Earth - Mapas. Retrieved from http://www.google.com/earth/

Hidromod. (2017). *Estudo do efeito de descarga das águas pluviais dos túneis Monsanto/Sta. polónia e Chelas/Beato na hidrodinâmica local e na dinâmica sedimentar junto ao rio Tejo. Processo nº 0023/AQS/AD/DGES/ND/2016.* Lisboa.

ICNF. (2016). Cartografia das Áreas Protegidas geridas pelo ICNF e da Rede Natura 2000.

INE. (2011a). Censos 2011 - Dados Estatísticos. Retrieved from http://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpid=CENSOS&xpgid=ine_censos_indicador&contexto=ind&indOcorrCod=0006383&selTab=tab10

INE. (2011b). Censos 2011 - Resultados definitivos. Retrieved December 1, 2016, from mapas.ine.pt/map.phtml

INE. (2016). *Estatísticas dos resíduos 2014.*

IPCC. (2014). *Climate Change 2014 Synthesis Report Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Geneva, Switzerland. Retrieved from http://ar5-syr.ipcc.ch/ipcc/ipcc/resources/pdf/IPCC_SynthesisReport.pdf

IPMA. (2016). Normais Climatológicas. Retrieved August 23, 2016, from http://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/

IST. (2003). Modelo Operacional para o Estuário do Tejo. Situação de Referência para o Estuário do Tejo (MOHID). Retrieved September 15, 2015, from http://www.mohid.com/tejo-op/sit_ref.htm

Kullberg, M. C. ., Manuppella, G. ., Rey, J. ., & Berthou, P. Y. (1991). *Carta geológica 1:50 000, nº 34-A, Sintra. Instituto Geológico e Mineiro. Lisboa.*

LNEG. (2016a). *GeoAlfama, Caracterização e aproveitamento geotérmico/hidromineral das águas termominerais da zona de Alfama. Relatório realizado por Marrero-Diaz, R., Ramada, A., Dias, R., Ramalho, E., Carvalho, J. no âmbito do protocolo assinado entre o Laboratório Nac*. Lisboa.

LNEG. (2016b). *Resposta à Solicitação ao LNEG de apoio para a realização do estudo hidrogeológico para a construção dos túneis Monsanto/Santa Apolónia e Chelas/Beato que fazem parte do Plano Geral de Drenagem de Lisboa (PGDL 2016-2030).*

LNEG-INETI. (2005). *Carta Geológica de Portugal escala 1:50 000, Folha 34D - Lisboa; 2ª Ed. Lisboa.*

Lopes, A. (2003). *Modificações no clima urbano de Lisboa como consequência do crescimento urbano. Vento, ilha de calor de superfície e balanço energético. Dissertação de Doutoramento.* Faculdade de Letras, Universidade de Lisboa.

MARETEC/IST. (2002). *Qualidade da Água no estuário do Tejo (Portugal), Maretec/IST.*

Marrero-Diaz, R. ., Costa, A. ., Duarte, L. ., Ramalho, E. ., Rosa, C., & Rosa, D. (2013). *Principais características e limitações hidrogeológicas do aquífero cretácico inferior da região de lisboa para o seu aproveitamento como recurso geotérmico de baixa entalpia in Actas do 9º Seminário Sobre Águas Subterrâneas, Campus de Caparica, 7 e 8 de* .

Marrero-Diaz, R. ., Ribeiro, L., & Costa, A. (2014). *Conceptual model of low-enthalpy Lower Cretaceous aquifer in Lisbon urban area (Portugal) [abstract]. In: 2014 IWA World Water Congress & Exhibition, Lisboa, Portugal, 21-26 September 2014. - Lisbon World Water Congress of International Water Association.*

Marrero-Diaz, R., & Ramalho, E. C. (2015). *Características geoquímicas das antigas nascentes de Alfama (Lisboa, Portugal): estudo preliminar do seu potencial geotérmico e hidromineral in Actas do X Congresso Ibérico de Geoquímica, Lisboa (LNEG Alfragide), Portugal, 19-23 Outubro 2015.*

Moitinho de Almeida, F. (1972). *Parecer hidrogeológico sobre uma sondagem executada no Largo do Chafariz de Dentro para o Metropolitano de Lisboa. Revista da Faculdade de Ciências, 2ª série. C – Ciências Naturais, Vol. XVII – Fasc. 1º, pp. 187-196.*

Moitinho de Almeida, F. (1986). *Carta geológica de Concelho de Lisboa, escala 1:10000. Folhas 1, 2, 3 e 4 Direcção Geral de Geologia e Minas. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.*

Neves, F. dos S. (2010). *Dynamics and hydrology of the Tagus estuary : results from in situ observations*. Universidade de Lisboa. Retrieved from http://repositorio.ul.pt///handle/10451/2003

Oke, T. R. (1987). *Boundary Layer Climates.* Routledge, London.

Oke, T. R. (1988). Street design and urban canopy layer climate. *Energy and Buildings*, *11*, 103–113.

Oliveira, C. S. (1997). *Sismologia, sismicidade e risco sísmico. Aplicações em Portugal. Relatório. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.*

Oliveira, D. O. (2010). *Estudo hidrogeológico da sub-bacia hidrográfica de Alcântara-Lisboa. Tese de mestrado em geologia aplicada. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa.*

Oliveira, P. E. (2003a). *Inundações na cidade de Lisboa: estudo de hidrogeografia urbana. Centro de estudos geográficos.*

Oliveira, P. E. (2003b). *Inundações na cidade de Lisboa: implicações da melhoria do sistema de drenagem artificial após os anos 60. Centro de Estudos Geográficos, Universidade de Lisboa.* Lisboa.

Oliveira, P. E., & Ramos, C. (2002). *Inundações na Cidade de Lisboa durante o século XX e seus factores agravantes. Finisterra, XXXVII, 74, 2002, pp.33-54.*

Pais, J. ., Moniz, C. ., Cabral, J. ., Cardoso, J. ., Legoinha, P. ., Machado, S. ., … Falé, P. (2006). *Notícia Explicativa da Carta geológica 1:50 000, nº 34-D, Lisboa. Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação.*

Perestrelo, J. (1971). *Comportamento de Canais e Bacias Dragados em Fundos Lodosos de Estuários. Instituto Superior Técnico. Lisboa.*

Pinto, C. (2003). *Estudo dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Concelho de Lisboa – Zona Ocidental. Relatório de estágio profissionalizante. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa.*

POET. (2013). *Plano de ordenamento do Estuário do Tejo.*

Ramalho, M. M. ., Pais, J. ., Rey, J. ., Berthou, P. Y. ., Alves, C. A. M. ., Palácios, T. ., … Kullberg, M. C. (1993). *Notícia Explicativa da Carta geológica 1:50 000, nº 34-A, Sintra. Instituto Geológico e Mineiro. Lisboa.*

RAMALHO, M. M. ., REY, J. ., ZBYSZEWSKI, G., MATOS ALVES, C. A. ., PALÁCIOS, T. ., MOITINHO DE ALMEIDA, F. ., … KULLBERG, M. (2001). *Notícia Explicativa da Carta geológica 1:50 000, nº 34-C, Cascais. Instituto Geológico e Mineiro. Lisboa.*

Ribeiro, D., Guerreiro, J., & Duarte, J. (2005). *Estudo Hidrogeológico do Bairro de Alfama. Trabalho final de curso, FCUL, Lisboa, 75 + anexos.*

Ribeiro, L. F. et al. (2010). *Geo-referenciação e caracterização da água subterrânea dos poços, furos e minas da cidade de Lisboa. Relatório final de projecto realizado para a Empresa Portuguesa de Águas Livres (EPAL).*

Ribeiro et al. (2010). *Geo-referenciação e caracterização da água subterrânea dos poços, furos e minas da cidade de Lisboa. Relatório final de projecto realizado para a Empresa Portuguesa de Águas Livres (EPAL).*

RSA. (2005). *Regulamento de Segurança e Acções em Edifícios e Pontes. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Lisboa.*

Sailor, D. J., & Lu, L. (2004). A top-down methodology for developing diurnal and seasonal anthropogenic heating profiles for urban areas. *Energy and Buildings*, *38*, 2737–2748.

Saldanha, J. M., Monteiro, J., & Oliveira, R. P. (2015). *Apresentação do plano de drenagem de Lisboa*.

Simpson, J. E. (1994). *Sea breeze and local winds. Cambridge, Cambridge University Press.*

SNIRH. (2016). Estação de São Julião do Tojal - Boletim de Precipitação. Retrieved from http://snirh.pt/index.php?idMain=1&idItem=1.1

Soares, P. M. M., Cardoso, R. M., Ferreira, J. J., & Miranda, P. M. A. (2015). *Climate change and the Portuguese precipitation: ENSEMBLES regional climate models results. Climate Dynamics. Vol. 45. n.º 7 (2015). p. 1771-1787.*

Souto Cruz, C. (2004). *Relatório de Caracterização Fitogeográfica. Câmara Municipal de Lisboa*.

Taborda, R., Andrade, C., Marques, F., Conceição, F. M. da, Raquel, R., Antunes, C., & Pólvora, C. (2010). PLANO ESTRATÉGICO DE CASCAIS FACE ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS Sector Zonas Costeiras. Retrieved September 5, 2015, from http://www.siam.fc.ul.pt/PECAC/index.php?id=zonas-costeiras#cnt

Terrinha, P., Matias, L., Vicente, J., Duarte, J., Luís, J., Pinheiro, L., … Team, M. (2009). *Strain Partitioning and Morphotectonics at the Iberia-Africa plate boundary from multibeam and seismic reflection data. Mar. Geol. doi:10.1016/j.margeo.2009.09.012.*

Vasconcelos, J., Lopes, A., Neto, J., & Salgado, R. (2004). Modelling estuarine breezes of Lisbon, Portugal. Preliminary results. In *Proceedings of the IV Conference of the Spanish Association of Climatology, Santander*

(pp. 165–171).

Waterways. (2017). *Estudo do descritor hidrogeologia para a construção dos túneis Monsanto/Santa Apolónia e Chelas/Beato, no âmbito do Plano Geral de Drenagem de Lisboa. PROCESSO 0022/AQS/AD/DGES/ND/2016. Fevereiro 2017*. Lisboa.

Zbyszewski, G. (1963). *Notícia Explicativa da Carta Geológica dos Arredores de Lisboa na escala 1:50000, Folha 4, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.*

CAPITULO 4

Consórcio Hidra/Engidro. (2015). *Plano Geral de Drenagem de Lisboa 2016-2030*. Lisboa.

Consórcio Hidra/Engidro. (2016). *Processo de Concurso para a Empreitada dos Túneis de Drenagem de Lisboa - Programa Base dos Túneis e Anteprojeto das Obras Especiais (Fase A). Dezembro 2016.*

Consórcio Hidra/Engidro. (2017). *Programa Base dos Túneis e Anteprojeto das Obras Especiais do Projeto dos túneis de Drenagem de Lisboa*.

Nakamura, J. (2013). Insfraestrutura urbana, Projetos, custos e construção. Retrieved November 1, 2016, from http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/24/aduelas-para-tuneis-elementos-pre-fabricados-servem-como-revestimento-final-277866-1.aspx

CAPITULO 5

Action Modulers. (2013). *Urban Floods Final report on numerical modeling of urban floods in 4 Portuguese cities (Prepared for CCIAM)*.

Alfieri, L., Feyen, L., Dottori, F., & Bianchi, A. (2015). Ensemble flood risk assessment in Europe under high end climate scenarios. *Global Environmental Change*, *35*, 199–212. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.09.004

APS. (2017). WebSig CIRAC.

ArqueoHoje. (2017). *Relatório das Sondagens arqueológicas em Santa Apolónia. Troço final do Túnel Monsanto - Santa Apolónia do Plano Geral de Drenagem de Lisboa. Março de 2017*.

artop. (2016). *Levantamento topográfico. Junho 2016.* Lisboa.

Associação Portuguesa de Seguradores. (2017). CIRAC - Cartas de Inundação e Risco em Cenários de Alterações Climáticas.

Barredo, J. I. (2009). Normalised flood losses in Europe: 1970–2006. *Natural Hazards and Earth System Science*, *9*(1), 97–104. https://doi.org/10.5194/nhess-9-97-2009

Barredo, J. I. . (2007). *Major flood disasters in Europe: 1950–2005, Nat. Hazards, 42, 125–148.*

Begum, Selina, Marcel J.F. Stive, J. W. H. (2007). *Flood Risk Management in Europe: Innovation in Policy and Practice*. Springer Science & Business Media.

CIRAC. (2013). *Inquérito às seguradoras - Appendix I – From National Flood Vulnerability to Risk*.

CML. (2012). *Planta de Ordenamento do PDM de Lisboa - Riscos Naturais I e Antrópicos. Direção Municipal de Planeamento, Reabilitação e Gestão Urbanística. Departamento de Planeamento e Reabilitação Urbana.*

CML. (2015). *Relatório Técnico de Avaliação Visual de Arvoredo junto à Estação de Santa Apolónia. Núcleo de Arvoredo CML.*

CML. (2016a). *Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas de Lisboa (consulta pública)*.

CML. (2016b). *Parecer técnico sobre o arvoredo a afetar pela obra do túnel de drenagem no Largo do Museu da*

Artilharia/Avenida Infante Dom Henrique. Núcleo de Arvoredo e Fitossanidade CML.

CML. (2017). Zonas de Emissões Reduzidas na cidade de Lisboa e respectivas fases. Retrieved January 1, 2017, from http://www.cm-lisboa.pt/viver/mobilidade/zonas-emissoes-reduzidas

Consórcio Hidra/Engidro. (2015). *Plano Geral de Drenagem de Lisboa 2016-2030*. Lisboa.

Consórcio Hidra/Engidro. (2016a). *Processo de Concurso para a Empreitada dos Túneis de Drenagem de Lisboa - Programa Base dos Túneis e Anteprojeto das Obras Especiais (Fase A). Anexo 3 - Resultados de modelação hidráulica: Túnel Monsanto-Santa Apolónia e Túnel Chelas-Beato*.

Consórcio Hidra/Engidro. (2016b). *Processo de Concurso para a Empreitada dos Túneis de Drenagem de Lisboa - Programa Base dos Túneis e Anteprojeto das Obras Especiais (Fase A). Dezembro 2016.*

Consórcio Hidra/Engidro. (2017). *Programa Base dos Túneis e Anteprojeto das Obras Especiais do Projeto dos túneis de Drenagem de Lisboa*.

CRED. (2017). EM-DAT - The International Disaster Database. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters - CRED, School of Public Health, Université catholique de Louvain.

Dias, L. (2016). *As alterações climáticas, as inundações e a cidade. Contributos para o estudo da resiliência urbana em situações de chuvas torrenciais. Dissertação apresentada na Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa para obtenção do Grau de Doutor.*

DN. (2014). Seguradoras pagaram em 8 anos 320 ME por sinistros graves devido a clima, noticia de 6 de Maio de 2014.

Duarte, A., Borges, B., Ramos, C., Pedro, P., & Pancada, R. (2005). CHEIAS RÁPIDAS EM ÁREAS URBANAS E SUA PERCEPÇÃO: O CASO DA BACIA DA Rª DE ODIVELAS. In *X Colóquio Ibérico de Geografia, "A Geografia Ibérica no Contexto Europeu" Évora, Universidade de Évora 22 a 24 de Setembro de 2005*.

EMERITA. (2017). *Relatório sobre a Avaliação do Fator Património Arqueológico, Arquitectónico e Etnográfico do Estudo de Impacte Ambiental de Dois Túneis de Drenagem de Lisboa*.

Figueiral, E. (2014). *Inundações de 13 de outubro de 2014. Fotografias enviadas por leitores para a TVI.*

Franz, G., Pinto, L., Ascione, I., Mateus, M., Fernandes, R., Leitão, P., & Neves, R. (2014). *Modelling of cohesive sediment dynamics in tidal estuarine systems: Case study of Tagus estuary, Portugal. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 2014; 151: 34–44.* Lisboa.

GAR. (2016). Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2015 - Data Platform Portugal Profile.

GEO. (2016). Património Cultural. Retrieved from http://geo.patrimoniocultural.pt/flexviewers/Atlas_Patrimonio/default.htm

Google Earth. (2016). Google Earth - Mapas. Retrieved from http://www.google.com/earth/

Hegger, D. L. T., Driessen, P. P. J., Wiering, M., van Rijswick, H. F. M. W., Kundzewicz, Z. W., Matczak, P., … Ek, K. (2016). Toward more flood resilience: Is a diversification of flood risk management strategies the way forward? *Ecology and Society*, *21*(4), art52. https://doi.org/10.5751/ES-08854-210452

Hidra. (2016). *Esclarecimentos - Soluções de Projeto para o túnel Monsanto-Santa Marta-Santa Apolónia*.

Hidromod. (2017). *Estudo do efeito de descarga das águas pluviais dos túneis Monsanto/Sta. polónia e Chelas/Beato na hidrodinâmica local e na dinâmica sedimentar junto ao rio Tejo. Processo nº 0023/AQS/AD/DGES/ND/2016.* Lisboa.

INE. (2011). Censos 2011 - Resultados definitivos. Retrieved December 1, 2016, from mapas.ine.pt/map.phtml

IPCC. (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2013.*

Jacinto, R., Grosso, N., Reis, E., Dias, L., Santos, F. D., & Garrett, P. (2015a). Continental Portuguese Territory Flood Susceptibility Index – contribution to a vulnerability index. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci*, *15*, 1907–1919. https://doi.org/10.5194/nhess-15-1907-2015

Jacinto, R., Grosso, N., Reis, E., Dias, L., Santos, F. D., & Garrett, P. (2015b). Continental Portuguese Territory Flood Susceptibility Index – contribution to a vulnerability index. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci*, *15*, 1907–1919. https://doi.org/10.5194/nhess-15-1907-2015

Jongman, B., Hochrainer-Stigler, S., Feyen, L., Aerts, J. C. J. H., Mechler, R., Botzen, W. J. W., … Ward, P. J. (2014). Increasing stress on disaster-risk finance due to large floods. *Nature Climate Change*, *4*(4), 264–268.

https://doi.org/10.1038/nclimate2124

Jongman, B., Kreibich, H., Apel, H., Barredo, J. I., Bates, P. D., Feyen, L., … Ward, P. J. (2012). Comparative flood damage model assessment: towards a European approach. *Natural Hazards and Earth System Science*, *12*(12), 3733–3752. https://doi.org/10.5194/nhess-12-3733-2012

Jongman, B., Ward, P. J., & Aerts, J. C. J. H. (2012). *Global exposure to river and coastal flooding: Long term trends and changes. Glob. Environ. Change 22, 823-835*.

Lima, M. L., & Faísca, L. (1994). O ajustamento das populações ao risco das cheias. Estudo exploratório em Portugal. *Recursos Hídricos. Revista Da Associação Portuguesa Dos Recursos Hídricos*, *2*.

Matos, J. S. (2014). SIC Notícias | Especialista explica o porquê de Lisboa ter as chamadas cheias rápidas.

Meyer, V., Becker, N., Markantonis, V., Schwarze, R., van den Bergh, J. C. J. M., Bouwer, L. M., … Viavattene, C. (2013). Review article: Assessing the costs of natural hazards – state of the art and knowledge gaps. *Natural Hazards and Earth System Science*, *13*(5), 1351–1373. https://doi.org/10.5194/nhess-13-1351-2013

Munich RE. (2017). NatCatSERVICE - Annual Statistics | Munich Re Touch Natural Hazards.

Oliveira, P. E. (2005). Inundações na cidade de Lisboa: implicações da melhoria do sistema de drenagem artificial após os anos 60.

Oliveira, P. E., & Ramos, C. (2002). Inundações na cidade de Lisboa durante o século XX e seus factores agravantes. *Finisterra*, *XXXVIII*(74), 35–54.

P. Garrett, Grosso L., N., & Dias, F. (2013). *STATISTICAL DOWNSCALING OF EXTREME PRECIPITATION - Cenários Climáticos Extremos*.

Pedro, G., & Santos, F. D. (2014a). *Cartas de inundação e risco em cenários de alterações climáticas*. Associação Portuguesa de Seguradores - APS. Fundação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

Pedro, G., & Santos, F. D. (2014b). *Cartas de inundação e risco em cenários de alterações climáticas*. Associação Portuguesa de Seguradores - APS. Fundação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

Peixoto, J. P. (1981). *A radiação solar e o ambiente*. Lisboa.

Pettersson, K., Rijswick, V., & Ek, A. (2016). *Design principles for resilient, efficient and legitimate flood risk governance; Lessons from cross-country comparisons*.

Quaresma, I. (2008). *Inventariação e análise de eventos hidro-geomorfológicos com carácter danoso em Portugal continental. Tese de mestrado, Geografia.* Universidade de Lisboa, Faculdade de Letras.

Quaresma, I., & Zêzere, J. L. (2011). *Cheias e movimentos de massa com carácter danoso em Portugal Continental. Santos, N.; Cunha, L. (coord.), Trunfos de uma Geografia Activa, Desenvolvimento Regional, Ordenamento e Tecnologia, Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal, 799–807.*

Santos, P. M. P. dos. (2015). *Cheias e inundações : avaliação, impactos e instrumentos para a gestão do risco*. Universidade de Lisboa.

Selvakumar A., & M., B. (2006). *Variation of microorganism concentrations in urban stormwater runoff with land use and seasons. J Water Health. 2006 Mar; 4(1):109-24.*

Soares, P. M. M., Cardoso, R. M., Ferreira, J. J., & Miranda, P. M. A. (2015). *Climate change and the Portuguese precipitation: ENSEMBLES regional climate models results. Climate Dynamics. Vol. 45. n.º 7 (2015). p. 1771-1787.*

Sofia, G., Roder, G., Dalla Fontana, G., & Tarolli, P. (2017). Flood dynamics in urbanised landscapes: 100 years of climate and humans' interaction. *Scientific Reports*, *7*, 40527. https://doi.org/10.1038/srep40527

Swiss Re. (2017). sigma explorer extended.

Swiss RE. (2016). *Information and methodology of sigma explorer data*.

TRIGO, R. M., RAMOS, C., PEREIRA, S. S., RAMOS, A. M., ZÊZERE, J. L., & LIBERATO, M. L. R. (2016). Revisiting the outstanding flooding episode of November 1967 in the greater metropolitan Lisbon area. In *ICUR2016 - International Conference on Urban Risks. Conferência Internacional de Riscos Urbanos* (pp. 477–488).

UNISDR. (2015). *Making Development Sustainable: The Future of Disaster Risk Management. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. United Nations Office fo Disaster Risk Reduction, Genebra.*

van Alphen, J., Martini, F., Loat, R., Slomp, R., & Passchier, R. (2009). Flood risk mapping in Europe, experiences and

best practices. *Journal of Flood Risk Management*, *2*(4), 285–292. https://doi.org/10.1111/j.1753-318X.2009.01045.x

Willis. (2011). *European Natural Catastrophe Bulletin*.

Zêzere, J. L., Pereira, S., Tavares, A., Bateira, C., Trigo, R., Quaresma, I., … Verde, J. (2014). *DISASTER: a GIS database on hydro-geomorphologic disasters in Portugal, Natural Hazards, 71, 1029–1050, doi:10.1007/s11069-013-1018- y, 2014.*

CAPITULOS 6, 7 E 8

Dias, L. (2016). *As alterações climáticas, as inundações e a cidade. Contributos para o estudo da resiliência urbana em situações de chuvas torrenciais. Dissertação apresentada na Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa para obtenção do Grau de Doutor.*

EMERITA. (2017). *Relatório sobre a Avaliação do Fator Património Arqueológico, Arquitectónico e Etnográfico do Estudo de Impacte Ambiental de Dois Túneis de Drenagem de Lisboa*.

Quaresma, I. (2008). *Inventariação e análise de eventos hidro-geomorfológicos com carácter danoso em Portugal continental. Tese de mestrado, Geografia.* Universidade de Lisboa, Faculdade de Letras.

Soares, P. M. M., Cardoso, R. M., Ferreira, J. J., & Miranda, P. M. A. (2015). *Climate change and the Portuguese precipitation: ENSEMBLES regional climate models results. Climate Dynamics. Vol. 45. n.º 7 (2015). p. 1771-1787.*

TRIGO, R. M., RAMOS, C., PEREIRA, S. S., RAMOS, A. M., ZÊZERE, J. L., & LIBERATO, M. L. R. (2016). Revisiting the outstanding flooding episode of November 1967 in the greater metropolitan Lisbon area. In *ICUR2016 - International Conference on Urban Risks. Conferência Internacional de Riscos Urbanos* (pp. 477–488).