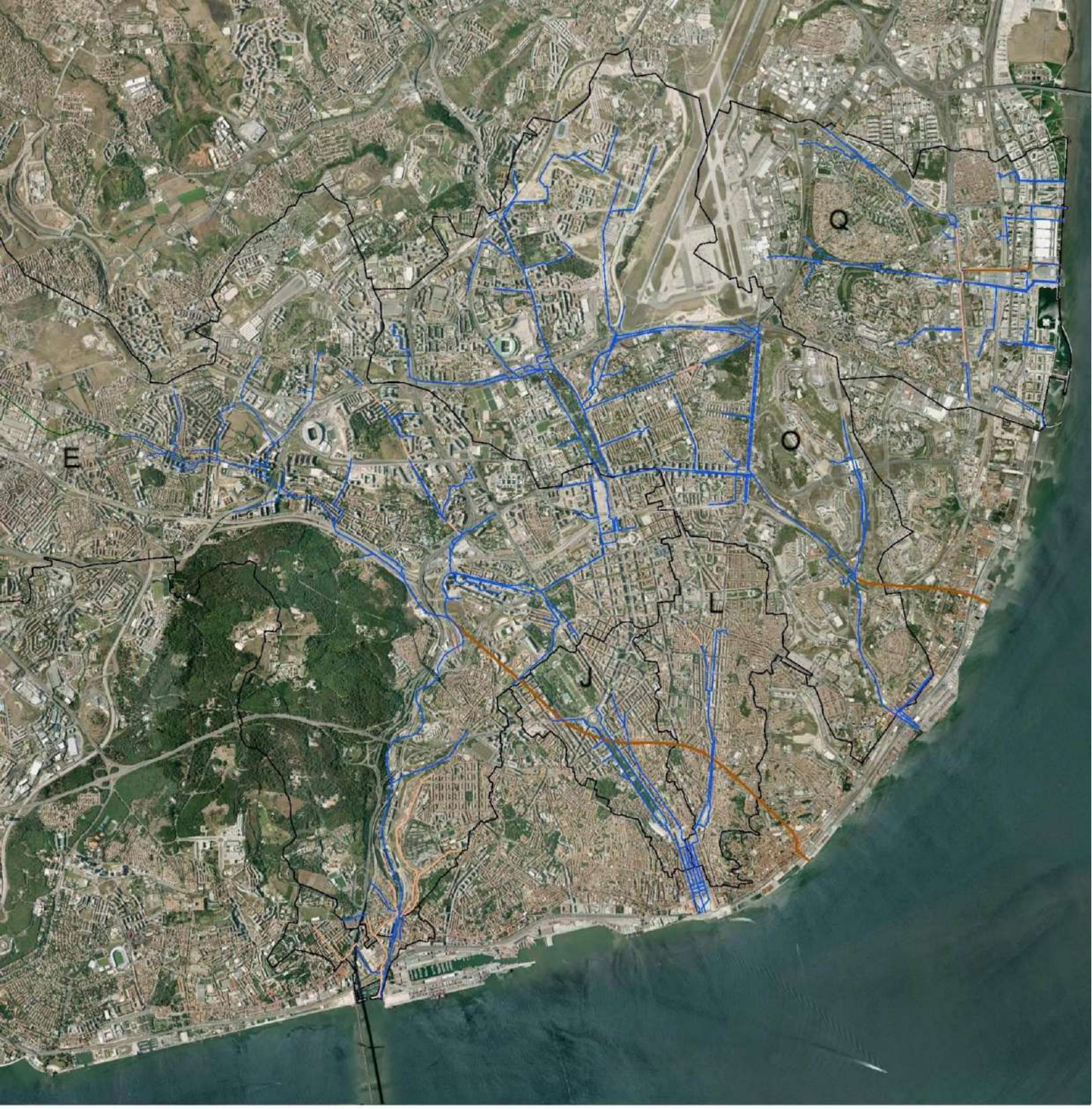


PLANO GERAL DE DRENAGEM DE LISBOA 2016 - 2030

LISBOA
CÂMARA MUNICIPAL

Título: Plano Geral de Drenagem de Lisboa 2016-2030

Referência:

Tipo: Relatório

Confidencialidade: Confidencial corrente

Páginas: 345

Projeto: PGDL

Data: 23 de dezembro de 2015

Autor(es): Ana Guerreiro, António Monteiro, Filipa Ferreira, Frank Braunschweig, Joana Simões, João Guimarães, José Saldanha Matos, Mafalda Estudante, Manuel Pinheiro, Patrícia Ribeiro, Rodrigo Proença de Oliveira, Yohann Leboeuf, Zélia Fernandes

Revisto por: António Monteiro, José Saldanha Matos, Rodrigo Proença de Oliveira

Distribuição: CML

Versão: 4.0

Versão	Data	Alterações	Revisto por
1.0	10/07/2015	N/A	RPO
2.0	22/07/2015	Correções	RPO, JSM, FF
3.0	30/11/2015	Correções	RPO, JSM, FF
4.0	23/12/2015	Correções	RPO, JSM, FF

ÍNDICE DO TEXTO

SUMÁRIO EXECUTIVO 1
1 INTRODUÇÃO 3
1.1 Âmbito e objetivos 3
1.2 Faseamento dos trabalhos 4
1.3 Estrutura do documento 6
2 SÍNTESE DOS PRINCIPAIS ESTUDOS E PROJETOS 7
2.1 Breve nota histórica 7
2.2 Síntese de projetos relevantes de drenagem da cidade 8
2.2.1 O projeto de Gotto & Beesley, 1877 8
2.2.2 O projeto de Ressano Garcia, 1884 9
2.2.3 Os estudos de Arantes e Oliveira, 1941 11
2.2.4 O projeto de Celestino da Costa, 1955 12
2.2.5 Revisão do Plano Geral de Esgotos da Cidade de Lisboa (DRENA, 1999) 13
2.2.6 Plano Geral de Drenagem de Lisboa de 2008 14
2.3 Estudos, projetos e outras*- intervenções relevantes no âmbito deste Plano 15
3 VISÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM DA CIDADE DE LISBOA NO SÉCULO XXI 21
3.1 Aspetos gerais 21
3.2 Tipologia de intervenções propostas 22
3.2.1 Princípios e estratégias de intervenção 22
3.2.2 Separação tendencial e controlo na origem 23
3.2.3 Erradicação de descargas e controlo de afluências indevidas 25
3.2.4 Reabilitação estrutural de coletores 26
3.2.5 Reabilitação e beneficiação de descargas e redução de perdas de carga localizadas 27
3.2.6 Construção de bacias anti-inundação e bacias antipoluição 27
3.2.7 Túneis para desvio de caudais 28
3.2.8 Construção de sistemas elevatórios 29
3.2.9 Sistemas sob vácuo 30
3.3 Monitorização, controlo em tempo real e aviso 32
4 INFORMAÇÃO E DADOS DE BASE 35
4.1 Área servida 35

4.2 Hipsometria e hidrografia 35
4.3 Sistemas de drenagem e bacias associadas 36
4.3.1 Enquadramento 36
4.3.2 Sistema de Alcântara 38
4.3.3 Sistema de Chelas 43
4.3.4 Sistema de Beirolas 49
4.3.5 Zona Ribeirinha - bacia R 55
4.3.6 Bacias adjacentes 56
4.4 Infraestruturas de drenagem 58
4.5 Geomorfologia e uso do solo 63
4.6 População e cenários de evolução 64
4.7 Indústrias, serviços e equipamentos 68
4.7.1 Sistema de Alcântara 69
4.7.1 Sistema de Chelas 69
4.7.2 Sistema de Beirolas 69
4.7.3 Zona Ribeirinha 69
4.7.4 Bacias Adjacentes 69
4.8 Sistema de monitorização 70
4.8.1 Precipitação 70
4.8.2 Caudal 71
4.9 Análise hidrológica 73
4.10 Meio recetor 83
4.10.1 Enquadramento 83
4.10.2 Usos tradicionais e vocacionais das águas recetoras 83
4.10.3 Hidrodinâmica 84
4.10.4 Classificação do estuário do rio Tejo 86
4.10.5 Afluência de nutrientes 86
4.10.6 Impacto ecológico das ETAR sobre o estuário do Tejo 88
4.10.7 Impacto da rede de drenagem pluvial de Lisboa sobre o estuário do Tejo 89
5 ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E IMPACTOS NO SISTEMA DE DRENAGEM 91
6 ESTRATÉGIAS DE DRENAGEM PLUVIAL EM MEIO URBANO. CONTROLO NA ORIGEM E USO EFICIENTE DA ÁGUA 95
6.1 Aspetos gerais 95
6.2 Soluções de controlo na origem de águas pluviais 95

6.2.1 Aspetos gerais 95
6.2.2 Vantagens e limitações das soluções de controlo na origem 96
6.2.3 Conceção de técnicas de controlo na origem e critérios de seleção 98
6.2.4 Descrição sumária das principais técnicas 101
6.2.5 Considerações finais 117
6.3 Utilização da água 117
6.4 Síntese e considerações finais 118
7 CRITÉRIOS DE VERIFICAÇÃO E DIMENSIONAMENTO E DE MODELAÇÃO DE DESEMPENHO DE INFRAESTRUTURAS 119
7.1 Critérios de verificação e dimensionamento 119
7.1.1 Períodos de retorno e cenários de simulação 119
7.1.2 Precipitação de projeto 120
7.1.3 Critérios de verificação e dimensionamento hidráulico de coletores 121
7.2 Modelação do comportamento do sistema 123
7.2.1 Modelo concetual 123
7.2.2 Modelação 1D – SWMM 126
7.2.3 Modelação 2D 128
8 SÍNTESE DE CAUDAIS DE TEMPO SECO E DE TEMPO DE CHUVA 131
9 DIAGNÓSTICO DE DESEMPENHO DOS SISTEMAS 133
9.1 Avaliação global da capacidade de drenagem e velocidade de escoamento 133
9.2 Sistema de Alcântara 136
9.2.1 Bacia A – Algés 136
9.2.2 Bacia B – Jerónimos 136
9.2.3 Bacia C – Ajuda 137
9.2.4 Bacia D – Cordoaria 137
9.2.5 Bacia E – Alcântara 137
9.2.6 Bacia F – Estrela e Av. Infante Santo 141
9.2.7 Bacia G – Lapa 141
9.2.8 Bacia H – Santos 142
9.2.9 Bacia I – R. do Alecrim e Cais do Sodré 142
9.2.10 Bacia J – Av. da Liberdade 143
9.2.11 Bacia L – Av. Almirante Reis 145
9.2.12 Bacia M1 – Alfama 146
9.2.13 Bacia K – Zonas Ribeirinhas (zona ocidental) 146

9.3 Sistema de Chelas 147
9.3.1 Bacia M2- Graça-Santa Apolónia 147
9.3.2 Bacia N - Penha de França (Av. Mouzinho de Albuquerque) 148
9.3.3 Bacia O - Campo Grande-Chelas 149
9.4 Sistema de Beirolas 153
9.4.1 Bacia P - Poço do Bispo 153
9.4.2 Bacia Q - Av. de Berlim 154
9.5 Zona Ribeirinha - bacia R 155
9.6 Bacias adjacentes (bacias S, T, U e V) 156
9.6.1 Bacia S – Lumiar - Ameixoeira 156
9.6.2 Bacias T e U 158
10 SOLUÇÕES ALTERNATIVAS 159
10.1 Sistema de Alcântara 159
10.1.1 Enquadramento geral 159
10.1.2 Solução A (ênfase em atenuação e desconexão) 159
10.1.3 Solução B (ênfase em atenuação) 167
10.1.4 Solução C (ênfase em desvio de caudais) 175
10.2 Sistema de Chelas 186
10.2.1 Enquadramento geral 186
10.2.2 Solução A (solução estudada no PGDL de 2008) 187
10.2.3 Solução B (atenuação e desconexão) 188
10.2.4 Solução C (desvio de caudal) 193
10.3 Sistema de Beirolas 197
10.3.1 Enquadramento geral 197
10.3.2 Solução A (atenuação) 199
10.3.3 Solução B e C (reforço de transporte) 199
10.4 Intervenções e ações complementares 202
11 ANÁLISE COMPARATIVA DE SOLUÇÕES 203
11.1 Custos associados 203
11.1.1 Custos de investimento 203
11.1.2 Custos de operação e manutenção 204
11.2 Aspetos técnicos, sociais e ambientais 205
11.3 Síntese e solução recomendada 207

11.4 Ponderação dos aspetos ambientais e da perspetiva de agentes envolvidos na elaboração do Plano de Drenagem de Lisboa 2016-2030 208
11.4.1 Enquadramento e objetivo da ponderação dos aspetos ambientais 208
11.4.2 Objetivos e problemática ambiental 211
11.4.3 Análise ambiental estratégica 212
11.4.4 Impactes ambientais preliminares da alternativa de desvio de caudais 219
11.4.5 Participação dos agentes envolvidos 227
11.4.6 Conclusões e recomendações para desenvolvimentos futuros 229
11.5 Estimativa de benefícios associados à implementação do Plano 230
11.5.1 Aspetos gerais 230
11.5.2 Potencial valor decorrente da redução de danos 231
11.5.3 Análise simplificada dos valores da disponibilidade para pagar 234
11.5.4 Aspetos conclusivos 234
12 AÇÕES E INTERVENÇÕES DA SOLUÇÃO RECOMENDADA 235
12.1 Túneis 235
12.1.1 Sistema de Alcântara 235
12.1.2 Sistema de Chelas 239
12.2 Bacias de amortecimento 242
12.2.1 Bacia D 242
12.2.2 Bacia O 242
12.2.3 Bacia Q 243
12.2.4 Bacia S 243
12.3 Reforço e reabilitação de coletores e sistemas elevatórios 244
12.3.1 Bacia D 244
12.3.2 Bacia E 246
12.3.3 Bacia F 248
12.3.4 Bacia G 248
12.3.5 Bacia H 249
12.3.6 Bacia I 250
12.3.7 Bacia J 250
12.3.8 Bacia L 251
12.3.9 Bacia M1 252
12.3.10 Bacia K 252
12.3.11 Bacia M2 252

12.3.12 Bacia O 253
12.3.13 Bacia P 256
12.3.14 Bacia Q 258
12.3.15 Bacia R 259
12.3.16 Bacia S 260
12.4 Separação e controlo de caudais 261
12.4.1 Bacia C 261
12.4.2 Bacia D 262
12.4.3 Bacia E 263
12.4.4 Bacia G 265
12.4.5 Bacia H 266
12.4.6 Bacia I 267
12.4.7 Bacia M2 268
12.4.8 Bacia N 269
12.4.9 Bacia O 269
12.4.10 Bacia P 274
12.4.11 Bacia Q 277
12.4.12 Bacia R 280
12.4.13 Bacia S 282
12.4.14 Bacia T 283
12.5 Minimização de perdas de carga localizadas 284
12.5.1 Bacia J 284
12.5.2 Bacia L 284
12.6 Controlo na origem 285
12.6.1 Bacia A 285
12.6.2 Bacia E 286
12.6.3 Outras bacias 286
12.7 Cadastro e inspeção 287
12.8 Sistema de monitorização e aviso 288
12.9 Formação, capacitação e gestão de ativos 290
12.10 Outras intervenções 291
12.10.1 Captação de escoamento de superfície 291
12.10.2 Relocalização de estruturas/soluções urbanísticas 292

12.10.3 Rede de drenagem separativa para a zona ribeirinha 292
12.10.4 Beneficiação de descargas no rio Tejo 293
12.10.5 Beneficiação do troço marítimo do Caneiro de Alcântara..... 294
12.10.6 Renovação da rede de drenagem 294
13 AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS E ENCARGOS DE EXPLORAÇÃO 297
13.1 Custos de investimento..... 297
13.2 Custos totais de operação e manutenção..... 298
14 PLANEAMENTO DE INTERVENÇÕES PRIORITÁRIAS E ATIVIDADES COMPLEMENTARES ... 299
15 SÍNTESE, RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÕES 305
REFERÊNCIAS..... 307
ANEXOS 317
ANEXO I - Programa Uma praça em cada bairro..... 319
ANEXO II - Planos de Pavimentação e Acessibilidade Pedonal de Lisboa 321

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Planta geral da cidade de Lisboa (fotografado do Projeto Ressano Garcia, de 1884) 10
Figura 2.2 - Canos atuais do projeto de Ressano Garcia 11
Figura 2.3 – Síntese de intervenções de reabilitação do caneiro de Alcântara, entre 1969 e 2014. 19
Figura 3.1 - Aplicação de pavimentos porosos: Doca de Alcântara 24
Figura 3.2 - Vista do reservatório enterrado de retenção de águas pluviais da "Escola Industrial", Barcelona, com capacidade útil de 35 000 m³ 27
Figura 3.3 - Instalação de uma comporta para controlo de caudal pluvial em reservatório 28
Figura 3.4 - Esquematização do método de ataque pontual 29
Figura 3.5 - Esquema de comparação entre um sistema gravítico e um sistema de drenagem sob vácuo (Roediger, 2009) 32
Figura 3.6 - Centro de supervisão de uma cidade europeia 33
Figura 3.7 - Extrato de sistema de informação geográfica da cidade de Barcelona 33
Figura 4.1 – Carta hipsométrica 36
Figura 4.2 - Sistemas de drenagem domésticos 37
Figura 4.3 – Grandes bacias e bacias 37
Figura 4.4- Sistema de Alcântara: zona alta e baixa e principais frentes de drenagem da zona base 39
Figura 4.5 - Sistema de Chelas: principais bacias de drenagem (M2, N e O) e sub-bacias 44
Figura 4.6 - Fotografia aérea da Bacia M2 45
Figura 4.7 - Fotografia aérea da Bacia N 46
Figura 4.8 – Coletor principal da rede principal da Bacia O 47
Figura 4.9 – Perfil simplificado do coletor principal da rede principal da Bacia O 47
Figura 4.10 – Bacia O: foto aérea da zona de descarga do coletor principal 48
Figura 4.11 – Parque Urbano Oeste do Alto do Lumiar - configuração da bacia de retenção construída 48
Figura 4.12 – Bacia O – Alameda das Linhas de Torres – Campo Grande: esquema da situação atual 49
Figura 4.13 - Sistema de Beirolas: principais bacias e sub-bacias de drenagem no concelho de Lisboa 50
Figura 4.14 - Fotografia aérea da Bacia P com traçado simplificado da rede principal 52
Figura 4.15 - Fotografia aérea da Bacia Q com traçado simplificado da rede principal 53
Figura 4.16 - Perfil simplificado do coletor principal da Bacia Q 54
Figura 4.17 - Descarregador de Tempestade (Av. Berlim - Sistema Intercetor) 54
Figura 4.18 - Área abrangida pela bacia R 55
Figura 4.19 – Fotografia aérea da bacia R 55
Figura 4.20 - Bacias adjacentes: principais bacias e sub-bacias de drenagem 56
Figura 4.21 – Área servida pelas bacias adjacentes (S, T e U) 56
Figura 4.22 – Fotografia aérea da bacia T (redes existentes assinaladas a vermelho) 57
Figura 4.23 – Fotografia aérea da Bacia U (redes existentes assinaladas a vermelho) 58
Figura 4.24 – Rede de drenagem do concelho de Lisboa 59
Figura 4.25 – Tubagens de Lisboa: saimel, cascões, oval, arco abatido, retangular e circular (fotografias cedidas pela EMARLIS) 60
Figura 4.26 – Materiais e extensão total de tubagens 61
Figura 4.27 – Dimensão e extensão total das tubagens 61
Figura 4.28 - Rede de coletores de Lisboa por classe de idade (CHIRON/ENGIDRO/HIDRA, 2008) 62
Figura 4.29 – Carta de ocupação de Lisboa 64
Figura 4.30 – Densidade populacional por sub-bacia (2011) 67
Figura 4.31 – Udómetros na área do Plano 71

Figura 4.32 – Estações de monitorização de caudal....72
Figura 4.33 – Caudais de verão e de inverno medido no Caneiro de Alcântara (retirado de ADIST, 2014). 72
Figura 4.34 – Inundações em Lisboa, em 22/09/2014 76
Figura 4.35 – Inundações em Lisboa, em 13/10/2014 77
Figura 4.36 – Ocorrências de inundações registadas a 22/09/2014 e 13/10/2014....78
Figura 4.37 – Carta de vulnerabilidade ao risco de inundação da cidade de Lisboa 78
Figura 4.38 – Determinação da excecionalidade dos eventos pluviosos....79
Figura 4.39 - Valores de intensidade de precipitação medidos durante o evento pluvioso de 22/09/2014 (mm/h)....80
Figura 4.40 - Valores de caudal medidos durante o evento pluvioso de 22/09/2014 81
Figura 4.41 - Valores de intensidade de precipitação medidos durante o evento pluvioso de 13/10/2014 (mm/h)....82
Figura 4.42 - Valores de caudal registados durante o evento pluvioso de 13/10/2014....82
Figura 5.1 – Níveis de maré....91
Figura 5.2 – Zonas do concelho de Lisboa suscetíveis ao efeito de maré....92
Figura 5.3 – Registo do nível médio do mar do marégrafo de Cascais (Antunes e Taborda, 2009)....92
Figura 5.4 – Cenários de subida do nível médio das águas do mar (em cm) 93
Figura 5.5 – Cenários de subida do nível médio das águas do mar (em m), adotados no AR5 do IPCC (IPCC, 2014). 93
Figura 6.1 - Perfil transversal de uma bacia a seco 102
Figura 6.2 - Perfil transversal de uma bacia com nível de água permanente 103
Figura 6.3 - Planta e perfis transversais de uma bacia de retenção localizada em Portugal (Matos, 2007) 104
Figura 6.4 - Secção transversal de pavimento reservatório 107
Figura 6.5 - Condições hidráulicas de entrada e saída em pavimento reservatório 107
Figura 6.6 - Comportamento de pavimento reservatório com camada de desgaste porosa e de pavimento tradicional, Craponne, França....109
Figura 6.7 - Parque de estacionamento construído com pavimento reservatório e camada de desgaste porosa, Bordéus, França 109
Figura 6.8 - Poços absorventes: de infiltração e de injeção (Azzout et al. 1994) 110
Figura 6.9 -Tipos de alimentação de poços absorventes (Azzout et al. 1994) 110
Figura 6.10 – Poços absorventes com e sem material de enchimento (Azzout et al. 1994)....111
Figura 6.11 – Tipos de utilização de poços de infiltração em meio urbano (Chocat et al.1997) 111
Figura 6.12 – Exemplificação da associação de poço absorvente com outras técnicas de controlo na origem (Azzout et al. 1994)....112
Figura 6.13 - Tipos de alimentação de trincheira de infiltração (Azzout et al. 1994)....113
Figura 6.14 - Exemplos de trincheiras de infiltração com e sem cobertura (Azzout et al. 1994)....113
Figura 6.15 - Exemplos de trincheira de infiltração e de trincheira de retenção (Azzout et al. 1994) 113
Figura 6.16 - Sistema de retenção/infiltração mulden-rigolen (Sieker 1998) 115
Figura 6.17 - Vala de infiltração e vala de retenção....115
Figura 6.18 - Vala relvada com seccionamento transversal em madeira (adaptado de Thomachot 1981) 116
Figura 6.19 - Vala relvada integrada em espaço verde 116
Figura 7.1 - Hietograma de projeto para Portugal (Matos, 1987) 121
Figura 7.2 - Hietograma de projeto para o período de retorno de 10 anos (precipitações acumuladas em intervalos de 10 min) - Curvas IDF do posto IGDL 121
Figura 7.3 – Esquema de ligação dos conceitos base do modelo 124
Figura 7.4 – Rede concetual do PGDL....124

Figura 7.5 - Representação do modelo dinâmico realizado em SWMM para o sistema de Alcântara 128
Figura 7.6 - Limites da bacia hidrográfica (amarelo).....129
Figura 7.7 - Malha computacional – Zona do Rossio 130
Figura 9.1 – Distribuição do caudal de ponta gerado em tempo seco (m^3/s).....133
Figura 9.2 – Avaliação da capacidade de drenagem do sistema do caudal gerado em tempo seco 134
Figura 9.3 – Avaliação da capacidade de drenagem do sistema do caudal pluvial gerado por eventos pluviosos com um período de retorno de 10 anos (ano 2045) 134
Figura 9.4 – Velocidade de escoamento para 2045 e T=20 anos 135
Figura 9.5 – Velocidade de escoamento em tempo seco (caudal médio).....136
Figura 9.6 - Caudais simulados no Caneiro de Alcântara para um evento pluviométrico de período de retorno de 10 anos 139
Figura 9.7 - Perfil do troço marítimo do Caneiro de Alcântara para um evento pluviométrico de período de retorno de 10 anos e nível de maré de 1m 140
Figura 9.8 - Nós com extravasamento de caudal e perfil do troço marítimo do Caneiro de Alcântara para um evento pluviométrico de período de retorno de 10 anos e nível de maré de 1.95m 140
Figura 9.9 – Assoreamento na descarga de trecho de coletor no Terreiro do Paço (braço do cais das colunas). 143
Figura 9.10 - Modelação dinâmica em SWMM para precipitação do dia 22-09-2014 144
Figura 9.11 - Perfil longitudinal do coletor da R. Stª Marta/R. S. José/Portas Stº Antão para precipitação do dia 22-09-2014.....144
Figura 9.12 - Modelação 2D através do MOHID para um evento de precipitação com T=10 anos 145
Figura 9.13 – Bacia M2 - Resultados da simulação dinâmica 147
Figura 9.14 - Descarregador de Tempestade (Nó M2.N040) 148
Figura 9.15 – Bacia N - Resultados da simulação dinâmica.....148
Figura 9.16 - Descarregador de Tempestade localizado no nó N.N060 (funcionamento em período estival) 149
Figura 9.17 – Bacia O - Resultados da simulação dinâmica.....150
Figura 9.18 – Nó O.N0250: pormenorização do descarregador existente 151
Figura 9.19 – Nó O.N0310: Esquema da câmara onde arranca o recurso (visível à direita).....151
Figura 9.20 – Intercetor doméstico afluente à ETAR (Câmara com descarregador de tempestade).....152
Figura 9.21 – Bacia P - Resultados da simulação dinâmica 153
Figura 9.22 – Bacia Q - Resultados da simulação dinâmica.....154
Figura 9.23 – Interior do troço canalização da linha de água (troço S.T050 - foto EMARLIS).....157
Figura 9.24 – Vista do arranque do troço canalização da linha de água (junto à Cç. de Carriche, que se vê ao fundo) 157
Figura 9.25 – Bacia S - Resultados da simulação dinâmica.....157
Figura 9.26 – Coletores com secção obstruída por tubagem de outra infraestrutura (foto EMARLIS).....158
Figura 10.1 - Representação em planta dos locais propostos para a construção dos reservatórios de Campolide-Benfica e das Avenidas Novas.....160
Figura 10.2 - Local sugerido para a construção do reservatório de Benfica-Campolide, próximo do Bairro da Liberdade 160
Figura 10.3 - Local sugerido para a construção do reservatório das Avenidas Novas em Campolide 160
Figura 10.4 - Volume armazenado (verde) e hidrogramas afluente (azul tracejado) e efluente (azul cheio) no reservatório de Benfica-Campolide à esquerda e no reservatório das Avenidas Novas à direita (T=10 anos) 161
Figura 10.5 - Planta esquemática das intervenções propostas para a margem direita do Caneiro 162
Figura 10.6 – Perfil Longitudinal do troço final do Caneiro com parede na descarga.....163

Figura 10.7 – Perfil Longitudinal do troço final do Caneiro sem parede na descarga 164
Figura 10.8 – Planta de enquadramento da rede a substituir (a amarelo) na bacia J. 165
Figura 10.9 – Traçado do túnel de desvio de caudal Martim Moniz / Stª Apolónia 165
Figura 10.10 - Modelação dinâmica da solução com o túnel Martim Moniz – Stª Apolónia através do *software MOHID* 166
Figura 10.11 - Localização esquemática dos reservatórios do sistema de Alcântara (solução B) 168
Figura 10.12 - Representação do reservatório de Benfica - Campolide.....168
Figura 10.13 - Representação do reservatório da Quinta José Pinto 169
Figura 10.14 - Representação do reservatório da Quinta da Alfarrobeira 169
Figura 10.15 - Representação do reservatório da Praça de Espanha 170
Figura 10.16 - Resultados de simulação de caudais a montante e jusante dos três reservatórios considerados na solução B (3 reservatórios) para um evento pluviométrico de período de retorno de 10 anos 171
Figura 10.17 - Resultados de simulação de caudal no troço marítimo do caneiro (Solução B com 3 reservatórios) para um evento pluviométrico de período de retorno de 10 anos 171
Figura 10.18 - Resultados de simulação de caudais a montante e jusante dos três reservatórios considerados na solução B (4 reservatórios) para um evento pluviométrico de período de retorno de 10 anos 172
Figura 10.19 - Resultados de simulação de caudal no troço marítimo do caneiro (Solução B com 4 reservatórios) para um evento pluviométrico de período de retorno de 10 anos 172
Figura 10.20 – Traçado do túnel de desvio de caudal R. das Pretas / St.ª Apolónia (Solução B) 174
Figura 10.21 - Perfil longitudinal do túnel de desvio R. das Pretas / St.ª Apolónia 174
Figura 10.22 - Modelação dinâmica do túnel de desvio R. das Pretas / St.ª Apolónia para T=10 anos e Nmaré=1,95m.....175
Figura 10.23 – Traçado do túnel de drenagem Monsanto/St.ª Marta/St.ª Apolónia (solução C) 176
Figura 10.24 – Perfil longitudinal do túnel Monsanto/St.ª Marta/St.ª Apolónia 177
Figura 10.25 - Perfil geológico esquemático relativo ao túnel Monsanto/St.ª Marta/St.ª Apolónia (Solução C) 178
Figura 10.26 - Modelação dinâmica da zona baixa de Alcântara com o túnel Monsanto / St.ª Marta / St.ª Apolónia para T=10 anos e Nmaré=1,95m (Solução C).....180
Figura 10.27 – Perfil do troço marítimo do Caneiro proveniente da modelação dinâmica com o túnel Monsanto / St.ª Marta / St.ª Apolónia para T=10 anos e Nmaré=1,95m (Solução C) 180
Figura 10.28 - Modelação dinâmica das bacias da Av. Liberdade e Almirante Reis com o túnel Monsanto / St.ª Marta / St.ª Apolónia para T=10 anos e Nmaré=1,95m (Solução C) 181
Figura 10.29 - Perfil do coletor R. St.ª Marta/R. S. José/Portas St.º Antão resultante da modelação dinâmica com o túnel Monsanto / St.ª Marta / St.ª Apolónia para T=10 anos e Nmaré=1,95m (Solução C).....181
Figura 10.30 - Simulação em modelo 2D das bacias da Av. Liberdade e Almirante Reis para T=10 anos e Nmaré=1,95m para situação atual (à esquerda) e para a solução C (à direita).....182
Figura 10.31 - Perfil do túnel Monsanto-Stª Apolónia para T=100 anos, NPMAV=1,95m 182
Figura 10.32 - Perfil do túnel Monsanto-Stª Apolónia para T=100 anos (Intensidade + 5%), NPMAV=2,65m e aumento áreas impermeáveis 183
Figura 10.33 - Modelação dinâmica das bacias da Av. Liberdade e Almirante Reis com o Túnel Monsanto-Stª Marta-Stª Apolónia para T=100anos considerando agravamento devido às alterações climáticas (Nmaré=2,65m) 184
Figura 10.34 - Modelação dinâmica da zona baixa de Alcântara com o Túnel Monsanto-Stª Marta-Stª Apolónia para T=100anos considerando agravamento devido às alterações climáticas (Nmaré=2,65m) 185

Figura 10.35 - Perfil do troço marítimo do Caneiro proveniente da modelação dinâmica com o túnel Monsanto-Stª Marta-Stª Apolónia para T=100 anos e com agravamento devido ao efeito das alterações climáticas (Nmaré=2,65m) 185
Figura 10.36 - Local sugerido para a construção do reservatório das Olaias no local do Plano do Parque da Quinta da Montanha 189
Figura 10.37 - Representação em planta e cortes do reservatório das Olaias no local do plano da Quinta da Montanha 189
Figura 10.38 - Local alternativo para a construção do reservatório das Olaias a sul do local do Plano do Parque da Quinta da Montanha 190
Figura 10.39 - Representação em planta e cortes do reservatório das Olaias no local a sul do plano do Parque da Quinta da Montanha 190
Figura 10.40 - Representação do reservatório das Olaias no perfil do coletor existente 190
Figura 10.41 - Resultados de simulação de caudais a montante e jusante e na secção crítica na estrada de Chelas do reservatório das Olaias para um evento pluviométrico de período de retorno de 10 anos ...191
Figura 10.42 - Planta e corte esquemático das intervenções propostas 192
Figura 10.43 - Perfil simplificado do coletor principal com indicação de intervenções de reforço de capacidade 192
Figura 10.44 – Esquema de construção da nova secção da galeria de grandes dimensões (Estrada de Chelas) 193
Figura 10.45 – Esquema da secção existente (Largo Marquês de Nisa) 193
Figura 10.46 – Traçado do túnel de desvio de caudal Chelas-Beato 194
Figura 10.47 – Perfil do Túnel Chelas–Beato: resultados da simulação dinâmica para cenário agravado de T=10 anos 195
Figura 10.48 – Perfil do Túnel Chelas–Beato: resultados da simulação dinâmica para cenário agravado de T=100 anos 196
Figura 10.49 - Local de início da secção em túnel 196
Figura 10.50 - Local do fim do troço em túnel (à esquerda) e início da implantação da secção em vala (à direita) 197
Figura 10.51 - Perfil geológico esquemático relativo ao túnel Chelas Beato 197
Figura 10.52 – Bacia Q - Reforço do coletor da Av. de Berlim com novo coletor na Via Recíproca 200
Figura 10.53 – Perfil do coletor na Avenida de Berlim (situação atual T=10 e Maré 1,95 m) 200
Figura 10.54 – Perfil Longitudinal do coletor da Av. Berlim após a construção do coletor na Via Recíproca ..201
Figura 10.55 – Perfil do coletor a construir na Via Recíproca – Av. Indico – R. Bojador: resultados da simulação dinâmica para Cenário 2 e T=10 anos 201
Figura 11.1 – Pormenores de inundações em Lisboa (Fonte: https://vimeo.com/132020170) 209
Figura 11.2 – Tipificação dos riscos de cheia na Cidade de Lisboa (Fonte: CML, 2015) 210
Figura 11.3 – Principais etapas metodológicas no desenvolvimento da análise 211
Figura 11.4 – Principais aspetos considerados para definição dos fatores críticos de decisão 212
Figura 11.5 – Traçado geral do sistema na alternativa recomendada (Alternativa C) 222
Figura 11.6 - Sobreposição das zonas classificadas de elevado risco de inundação com a Proposta do Plano224
Figura 11.7 - Distribuição das zonas onde se verificam registos de inundações na cidade de Lisboa. (Oliveira, 2005) 232
Figura 11.8 - Distribuição de zonas onde se verificam registos significativos de inundações, na cidade de Lisboa 232
Figura 11.9 – Áreas com especial risco de inundação 233
Figura 12.1 – Traçado do túnel de drenagem Monsanto/Stª Marta/Stª Apolónia 235

Figura 12.2 – Representação esquemática da interceção dos caudais dos coletores da Av. Liberdade e R. Stª Marta 236
Figura 12.3 - Representação esquemática da interceção dos caudais dos coletores da Av. Almirante Reis ..237
Figura 12.4 - Área de intervenção para implantação da descarga do túnel Monsanto-Stª Marta-Stª Apolónia 237
Figura 12.5 - Representação esquemática do alargamento da secção final do túnel Monsanto-Stª Marta-Stª Apolónia 238
Figura 12.6 - Representação esquemática, em planta e perfil, do alargamento da secção final do túnel Monsanto-Stª Marta-Stª Apolónia....238
Figura 12.7 - Evolução da configuração da zona do Terminal de Cruzeiros em Stª Apolónia....239
Figura 12.8 – Planta do túnel Chelas–Beato proposto, incluindo os troços a montante e jusante 240
Figura 12.9 – Perfil do túnel Chelas–Beato proposto, incluindo os troços a montante e jusante....240
Figura 12.10 - Interferência da solução de desvio com o TMPB....241
Figura 12.11 - Representação em planta da localização da bacia de infiltração/retenção (a amarelo) 242
Figura 12.12 - Representação em planta da localização da bacia de infiltração/retenção da Ameixoeira (a amarelo)....244
Figura 12.13 - Planta de enquadramento da rede a substituir (a amarelo) e da rede a reabilitar (a vermelho) na bacia D....245
Figura 12.14 - Planta de localização da rede a substituir (a amarelo) na bacia E e KE 246
Figura 12.15 – Planta com solução proposta para o coletor da R. Maria Pia 248
Figura 12.16 - Planta de enquadramento da rede concetual a substituir (a amarelo) na bacia G 249
Figura 12.17 - Planta de enquadramento da rede a substituir (a amarelo) na bacia H 249
Figura 12.18 - Planta de enquadramento da rede a desassorear (a magenta) na bacia I 250
Figura 12.19 - Planta de enquadramento da rede a substituir (a amarelo) na bacia L 251
Figura 12.20 - Planta de enquadramento da rede a intervencionar (a amarelo) na Bacia M2 252
Figura 12.21 - Desvio de caudais entre redes (zona sudoeste do Aeroporto/ 2.ª Circular) 253
Figura 12.22 - Planta de enquadramento da rede a intervencionar (a amarelo) na Bacia O 255
Figura 12.23 - Planta de enquadramento da rede a intervencionar (a amarelo) na Bacia P. 256
Figura 12.24 - Localização das estações elevatórias na bacia P....258
Figura 12.25 – Bacia Q - Troços a reforçar em termos de capacidade hidráulica, troços a substituir (a amarelo) 258
Figura 12.26 - Bacia R - Planta de enquadramento da rede a substituir (a amarelo) 259
Figura 12.27 - Bacia R- Planta de enquadramento da rede a substituir (a amarelo) 261
Figura 12.28 - Localização esquemática dos descarregadores D7, D8 e D9 262
Figura 12.29 - Localização esquemática do descarregador D11/D14 263
Figura 12.30 - Localização esquemática do descarregador D16 263
Figura 12.31 - Localização esquemática do descarregador D17 264
Figura 12.32 - Localização esquemática dos descarregadores D19A, D19B e D19C....264
Figura 12.33 - Planta de localização dos descarregadores Dcs8 e Dcs8a (situação atual a azul; novas localizações assinaladas a vermelho)....265
Figura 12.34 - Planta de localização dos descarregadores Dcs4 e Dcs4a 266
Figura 12.35 - Planta de localização do descarregador Dcs3....266
Figura 12.36 - Planta de localização do descarregador Dcs1....267
Figura 12.37 - Planta de localização do descarregador Dcs1a 267
Figura 12.38 – Bacia M2 - Localização esquemática do descarregador da Rua Vale de St.º António....268

Figura 12.39 – Bacia M2 - Localização esquemática dos dois descarregadores da Calçada Barbadinhos e da Rua Cruz de St.ª Apolónia 268
Figura 12.40 – Bacia N - Localização esquemática do descarregador da Av. Mouzinho de Albuquerque 269
Figura 12.41 – Bacia O - Localização esquemática do descarregador de Broma....271
Figura 12.42 – Bacia O - Localização esquemática do descarregador de Quartel 271
Figura 12.43 – Bacia O - Localização esquemática do descarregador de Picheleira....271
Figura 12.44 – Bacia O - Localização esquemática do descarregador da Rua de Cima a Chelas....272
Figura 12.45 – Bacia O - Localização esquemática do descarregador da Estrada de Chelas 272
Figura 12.46 – Bacia O - Localização esquemática do descarregador da Rua Gualdim Pais....272
Figura 12.47 – Bacia O - Localização esquemática do descarregador da Rua Calçada do Grilo....273
Figura 12.48 – Bacia O - Localização esquemática do descarregador da Calçada Cruz da Pedra 273
Figura 12.49 – Bacia O - Localização esquemática do descarregador da Calçada das Lajes....273
Figura 12.50 – Bacia P - Localização esquemática dos descarregadores da Rua Amigos de Lisboa e da Rua José Domingos Barreiros....274
Figura 12.51 – Bacia P - Localização esquemática dos descarregadores da Rua Açúcar 275
Figura 12.52 – Bacia P - Localização esquemática do descarregador da Rua Pereira Henriques....275
Figura 12.53 – Bacia P - Localização esquemática do descarregador da Rua Grilo 275
Figura 12.54 – Bacia P - Localização esquemática dos descarregadores da Rua Vale Formoso de Cima e da Rua Zófimo Pedroso 276
Figura 12.55 – Bacia P - Localização esquemática do descarregador 9....276
Figura 12.56 – Bacia P - Localização esquemática do descarregador da Rua Dois da Matinha 276
Figura 12.57 – Bacia Q - Localização esquemática do descarregador da Rua Argonautas (P. Nações)....277
Figura 12.58 – Bacia Q - Localização esquemática do descarregador da Av. Ulisses (P. Nações)....278
Figura 12.59 – Bacia Q - Localização esquemática do descarregador da D. João II....278
Figura 12.60 – Bacia Q - Localização esquemática do descarregador da Rua de Moscavide 278
Figura 12.61 – Bacia Q - Localização esquemática do descarregador da Rua Centieira....279
Figura 12.62 – Bacia Q - Localização esquemática dos descarregadores da Av. Reciproca e da Av. Berlim 279
Figura 12.63 – Bacia R - Localização esquemática dos três descarregador da Rua Bica do Sapato e da Av. Infante D. Henrique....280
Figura 12.64 – Bacia R - Localização esquemática dos descarregadores da Rua Cintura do Porto de Lisboa ..280
Figura 12.65 – Bacia R - Localização esquemática dos descarregadores da Av. Infante D. Henrique....281
Figura 12.66 – Bacia R - Localização esquemática dos descarregadores do Porto de Lisboa (APL) 281
Figura 12.67 – Bacia S - Localização esquemática do descarregador da Est. Lumiar- Azinhaga do Porto....282
Figura 12.68 – Bacia S - Localização esquemática do descarregador da Calçada da Carriche 283
Figura 12.69 - Descarregador de tempestade proposto para a Bacia T....283
Figura 12.70 – Bacia T - Localização esquemática do descarregador em Carnide 284
Figura 12.71 – Esquema dos coletores existentes a montante da Praça da Figueira (LNEC, 1992). 285
Figura 12.72 - Planta da localização da trincheira de infiltração (a amarelo)....286
Figura 12.73 - Localização da área onde se pretende implantar a trincheira de infiltração 286
Figura 12.74 - Descarga das bacias D9, D8 e D7 no estuário do Tejo 293
Figura 12.75 - Descargas finais das redes da Bacia R 293
Figura 12.76 - Descarga final do Caneiro de Alcântara no rio Tejo....294

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1 - Usos múltiplos oferecidos pelas soluções de controlo na origem (adaptado de AZZOUT *et al.*, 1994) 24
Quadro 3.2 - Características das Estações Elevatórias (EE) de baixa, média e alta potência 30
Quadro 4.1 – Distribuição da área do PGDL por concelho 35
Quadro 4.2 – Distribuição da altitude na área abrangida pelo PGDL 36
Quadro 4.3 – Área das bacias de drenagem 38
Quadro 4.4 – Características dos coletores existentes em Lisboa 60
Quadro 4.5 - Extensão dos coletores por época (m) 62
Quadro 4.6 - Distribuição do declive na área abrangida pelo PGDL 63
Quadro 4.7 - Distribuição do declive por bacia 63
Quadro 4.8 – Evolução da população nos concelhos de Lisboa, Loures, Amadora e Oeiras 65
Quadro 4.9 – Projeções da população da região de Lisboa para 2060 65
Quadro 4.10 – Projeções populacionais para os concelhos abrangidos pelo PGDL (PROT-AML, 2010) 66
Quadro 4.11 – Projeções populacionais para o concelho de Lisboa (PDM, 2012) 67
Quadro 4.12 – Projeções populacionais para os concelhos da região de Lisboa (AQUAFORUM, 2012) 68
Quadro 4.13 – Cenário de evolução demográfica por grande bacia do sistema de drenagem 68
Quadro 4.14– Características dos udómetros 70
Quadro 4.15 – Valores máximos de precipitação medidos em certos intervalos de tempo e durante os principais eventos pluviosos que ocorreram no concelho de Lisboa, desde 2008 (em mm). 73
Quadro 4.16 – Valores máximos locais de precipitação medidos em certos intervalos de tempo e durante os principais eventos pluviosos que ocorreram no concelho de Lisboa, desde 2008 (em mm). 76
Quadro 4.17 – Principais características do estuário do rio Tejo (Freire *et al.*, 2006; Ferreira *et al.*, 2003; Maretec/IST, 2002) 85
Quadro 4.18 – Estimativa das afluências de nutrientes ao estuário do Tejo (Ferreira et al., 2003) 87
Quadro 5.1 – Alturas de maré no estuário do rio Tejo 91
Quadro 5.2 – Variação percentual da precipitação diária máxima anual em Lisboa nos períodos 2030/31 a 2059/60 e 2060/61 a 2089/90, em relação ao período de 1959/60 a 1989/90 (adaptado de Mendes e Oliveira, 2012) 94
Quadro 7.1 - Parâmetros das curvas IDF (Brandão *et al.,* 2001) 120
Quadro 8.1 – Síntese de caudais de ponta gerados na área do plano (adaptado do PGDL 2006-2008) 131
Quadro 8.2 - Síntese dos caudais domésticos e pluviais obtidos no presente estudo (adaptado do PGDL2006-2008) 132
Quadro 10.1 - Coletores a desconectar da margem esquerda do Caneiro de Alcântara 162
Quadro 10.2 – Caudais máximos no trecho final do Caneiro 164
Quadro 10.3 – Possíveis locais de implantação dos reservatórios 168
Quadro 10.4 – Estimativa dos caudais de ponta no túnel Monsanto-StªMarta-StªApolónia [m^3/s] 178
Quadro 10.5 – Estimativa dos caudais de ponta no túnel Chelas Beato [m^3/s] 195
Quadro 11.1 – Síntese de estimativa de custos de investimento para as soluções propostas 204
Quadro 11.2 - Estimativa de custos de operação e manutenção para as soluções propostas 205
Quadro 11.3 – Matriz de vantagens e inconvenientes das soluções A, B e C 208
Quadro 11.4 – Síntese da análise estratégica dos principais fatores ambientais nas três alternativas 218
Quadro 11.5 – Síntese Preliminar dos Impactes (a desenvolver) 226
Quadro 11.6 - Entidade contactada e assunto abordado no âmbito do desenvolvimento do plano de drenagem 228
Quadro 11.7 - Áreas estimadas, sujeitas a maiores riscos de inundação 233

Quadro 11.8 - Cidadãos potencialmente afetados pelo evento de inundação.....234
Quadro 12.1 - Velocidades de escoamento no trecho final do túnel e perda de carga localizada na descarga, em função do tempo de retorno.....238
Quadro 12.2 - Características dos coletores a intervir ou propor na Bacia D. 245
Quadro 12.3 - Características dos coletores a intervir ou propor na Bacia E.....247
Quadro 12.4 - Características dos coletores a intervir ou propor na Bacia F.....248
Quadro 12.5 - Características dos coletores a intervir ou propor na Bacia G. 249
Quadro 12.6 - Características dos coletores a intervir ou propor na Bacia H. 250
Quadro 12.7 - Características dos coletores a intervir ou propor na Bacia L.....251
Quadro 12.8 - Características dos coletores a intervir ou propor na Bacia M1. 252
Quadro 12.9 - Características dos coletores a intervir ou propor na Bacia M2. 253
Quadro 12.10 - Características dos coletores a intervir ou propor na Bacia O. 255
Quadro 12.11 - Características dos coletores a intervir ou propor na Bacia P.....257
Quadro 12.12 - Características dos coletores a intervir ou propor na Bacia Q. 259
Quadro 12.13 - Características dos coletores a intervir ou propor na Bacia R. 260
Quadro 12.14 - Características dos coletores a intervir ou propor na Bacia S.....261
Quadro 12.15 - Características dos coletores propostos para a Bacia C.....262
Quadro 12.16 - Características dos coletores propostos para a Bacia D. 263
Quadro 12.17 - Características dos coletores propostos para a Bacia E.....265
Quadro 12.18 - Características dos coletores propostos para a Bacia G. 266
Quadro 12.19 - Características dos coletores propostos para a Bacia H. 267
Quadro 12.20 - Características dos coletores propostos para a Bacia I.....268
Quadro 12.21 - Características dos coletores propostos para a Bacia M2. 269
Quadro 12.22 - Características dos coletores propostos para a Bacia N. 269
Quadro 12.23 - Características dos coletores propostos para a Bacia O. 274
Quadro 12.24 - Características dos coletores propostos para a Bacia P.....277
Quadro 12.25 - Características dos coletores propostos para a Bacia Q. 279
Quadro 12.26 - Características dos coletores propostos para a Bacia R.....282
Quadro 12.27 - Características dos coletores propostos para a Bacia S. 283
Quadro 12.28 - Características dos coletores propostos para a Bacia TC. 284
Quadro 13.1 - Investimentos previstos na rede principal (por intervenção).....297
Quadro 14.1 – Planeamento dos investimentos.....301

ÍNDICE DE DESENHOS

Desenho 01 - Planta de Localização

Desenho 02 - Carta Hipsométrica

Desenho 03 - Carta de Declives

Desenho 04 - Ocupação do Solo

Desenho 05 - Distribuição demográfica (Situação atual)

Desenho 06.1 - Rede de Drenagem (Planta 1/4)

Desenho 06.2 - Rede de Drenagem (Planta 2/4)

Desenho 06.3 - Rede de Drenagem (Planta 3/4)

Desenho 06.4 - Rede de Drenagem (Planta 4/4)

Desenho 07.1 - Soluções recomendadas (Planta 1/4)

Desenho 07.2 - Soluções recomendadas (Planta 2/4)

Desenho 07.3 - Soluções recomendadas (Planta 3/4)

Desenho 07.4 - Soluções recomendadas (Planta 4/4)

Desenho 08.1 - Sistema de Alcântara - Infraestruturas propostas - Planta e perfis longitudinais (Bacia KA, KB, C e D)
Desenho 08.2 - Sistema de Alcântara - Infraestruturas propostas - Planta e perfis longitudinais (Bacia K e E)
Desenho 08.3 - Sistema de Alcântara - Infraestruturas propostas - Planta e perfis longitudinais (Bacia E)
Desenho 08.4 - Sistema de Alcântara - Infraestruturas propostas - Planta e perfis longitudinais (Bacia E)
Desenho 08.5 - Sistema de Alcântara - Infraestruturas propostas - Planta e perfis longitudinais (Bacia G, H e L)
Desenho 08.6 - Sistema de Alcântara - Infraestruturas propostas - Planta e perfis longitudinais (Bacia E, J e L)
Desenho 08.7 - Sistema de Alcântara - Infraestruturas propostas - Planta e perfis longitudinais (Bacia L e M)
Desenho 09.1 - Sistema de Chelas - Infraestruturas propostas - Planta e perfis longitudinais (Bacia M2, N e R)
Desenho 09.2 - Sistema de Chelas - Infraestruturas propostas - Planta e perfis longitudinais (Bacia O e R)
Desenho 09.3 - Sistema de Chelas - Infraestruturas propostas - Planta e perfis longitudinais (Bacia P e R)
Desenho 09.4 - Sistema de Chelas - Infraestruturas propostas - Planta e perfis longitudinais (Bacia O, P e R)
Desenho 09.5 - Sistema de Chelas - Infraestruturas propostas - Planta e perfis longitudinais (Bacia O)
Desenho 09.6 - Sistema de Chelas - Infraestruturas propostas - Planta e perfis longitudinais (Bacia O)
Desenho 10.1 - Sistema de Beirolas - Infraestruturas propostas - Planta e perfis longitudinais (Bacia Q)
Desenho 10.2 - Sistema de Beirolas - Infraestruturas propostas - Planta e perfis longitudinais (Bacia Q)

Desenho 10.3 - Sistema de Beirolas - Infraestruturas propostas - Planta e perfis longitudinais (Bacia Q)
Desenho 10.4 - Sistema de Beirolas - Infraestruturas propostas - Planta e perfis longitudinais (Bacia Q)
Desenho 10.5 - Sistema de Beirolas - Infraestruturas propostas - Planta e perfis longitudinais (Bacia P e R)
Desenho 11 - Sistema de Bacias Adjacentes - Infraestruturas propostas - Planta e perfis longitudinais (Bacia S)
Desenho tipo 12 - Câmaras de controlo de caudal

Desenho tipo 13 - Estação elevatória

Desenho tipo 14 - Boca de descarga do túnel Monsanto – Stª Marta – Stª Apolónia

LISTA DE ACRÓNIMOS

AdI – Agência de Inovação

AML – Área Metropolitana de Lisboa

APDA – Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas

APESB – Associação Portuguesa de Engenharia Sanitária e Ambiental

APL – Administração do Porto de Lisboa

APRH – Associação Portuguesa de Recursos Hídricos

AR5 – 5.º Relatório de avaliação do IPCC (*5th Assessment Report*)

BGRI – Base Geográfica de Referenciação de Informação

CBO_5 – Carência Biológica de Oxigénio 5 dias

CCTV – *Closed Circuit Television*

CIRAC – Cartas de Inundação e de Risco em Cenários de Alterações Climáticas

CML – Câmara Municipal de Lisboa

C.P. – Caminhos de Ferro Portugueses

EE – Estação Elevatória

ENAAC – Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas

EPA – Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (*Environmental Protection Agency*)

ERSAR – Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

FCD – Fatores Críticos de Decisão

FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia

FIL – Feira Internacional de Lisboa

GIL – Gare Intermodal de Lisboa

IDF – Intensidade-Duração-Frequência

IGDL - Instituto Geofísico do Infante D. Luiz

IMAR – Instituto do Mar da Universidade de Coimbra

INAG – Instituto da Água

INE – Instituto Nacional de Estatística

IPCC – Painel Intergovernamental de Alterações Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change*)

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera

ISEL – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

MPMAV - Máxima Preia-Mar de Águas Vivas

NEEA – *National Estuarine Eutrophication Assessment*

NOOA – *National Oceanic and Atmospheric Administration*

PDM – Plano Diretor Municipal

PEAD – Polietileno de Alta Densidade

PEAASAR II – Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais 2007-2013

PGDL – Plano Geral de Drenagem de Lisboa

PNA – Plano Nacional das Águas

PP – Polipropileno

PROTAML – Plano Regional de Ordenamento do Território da Área Metropolitana de Lisboa

PVC – Policloreto de Vinilo

QRE – Quadro de Referência Estratégico

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

SWMM – *Storm Water Management Model*

UE – União Europeia

SUMÁRIO EXECUTIVO

A cidade de Lisboa dispõe de um sistema de saneamento com redes separativas, pseudo-separativas e unitárias, redes ramificadas e redes malhadas, descarregadores, sistemas elevatórios e sifões invertidos, bem como coletores de idades, secções e materiais diversos, recebendo ainda contribuição de efluentes de redes de municípios vizinhos, geridos por outras entidades, o que torna a gestão das infraestruturas especialmente complexa.

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 e de Chelas. 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 médio de água do mar e ao aumento da probabilidade de ocorrência de eventos extremos de precipitação. Essas situações constituem desafios particularmente difíceis de resolver.

Constituíram princípios orientadores do Plano Geral de Drenagem de Lisboa 2016-2030 (PGDL 2016-2030), a preocupação em desenvolver uma solução integrada de controlo das inundações, e dotar a cidade com um conjunto de infraestruturas de drenagem estruturantes que a preparasse para os desafios do século XXI. Pretende-se minimizar os impactos sociais e ambientais das cheias e inundações, integrando as ações previstas neste plano com o desenvolvimento da cidade preconizado no Programa Diretor Municipal (PDM), com as boas políticas em matéria de adaptação climática e com as ações previstas noutros programas em desenvolvimento na cidade, sendo de destacar o Plano Uma Praça em cada Bairro, o Plano de Acessibilidades e o Plano de Pavimentação.

No âmbito do Plano Geral de Drenagem de Lisboa 2016-2030 foram estudadas diversas soluções alternativas para as várias bacias de drenagem da cidade, baseadas em diferentes tipos de intervenções estruturantes, complementadas com um conjunto de ações ou intervenções de menor dimensão e com um foco mais localizado. Note-se, no entanto, que estas intervenções complementares são fundamentais para o sucesso do plano e que, no seu todo, representam um investimento significativo.

A análise dos custos e benefícios das várias alternativas sugeriu um conjunto de recomendações que combinam soluções de reserva, por exemplo a bacia a céu aberto do Alto da Ajuda e a bacia da Ameixoeira, com intervenções estruturantes, de desvio de caudais recorrendo a túneis, respetivamente de cerca de 5 km (túnel de Monsanto-Santa Marta-Santa Apolónia) e cerca de 1 km (túnel Chelas-Beato). As soluções propostas incluem ainda intervenções complementares de separação de caudais (descarregadores), de minimização de perdas de carga localizadas, de controlo na origem (isto é, soluções de infiltração e reserva a montante da rede física de coletores), de reforço da capacidade de coletores das redes principais e secundárias, de reforço da captação do escoamento de superfície (sarjetas

de passeio e sumidouros de grades) e de beneficiação das descargas por alargamento de saídas no rio Tejo.

No âmbito do plano, prevê-se que as principais intervenções estruturantes e intervenções complementares tenham lugar num período de 5 anos, entre 2016 e 2020, ascendendo a cerca de 114 milhões de euros. No período seguinte, entre 2021 a 2030, prevêem-se investimentos adicionais de cerca de 64 milhões de euros, num total de cerca de 178 milhões de euros, entre 2016 e 2030.

As ações previstas no plano não respeitam apenas a intervenções físicas de construção, mas também a intervenções de aquisição e aumento do conhecimento, incluindo o levantamento de cadastro e inspeção CCTV, de formação e capacitação dos serviços e, ainda, de monitorização e aviso para suporte à gestão avançada e apoio à decisão.

Os benefícios decorrentes da implementação do Plano justificam, de forma clara, os encargos decorrentes dos investimentos nas infraestruturas.

O Plano Geral de Drenagem de Lisboa pretende, assim, contribuir para dar resposta às preocupações do executivo camarário, definindo abordagens e estratégias de intervenção de curto e médio prazos, de forma a satisfazer os desafios atuais e futuros da drenagem da cidade, com prioridade para a proteção de pessoas e bens, num quadro de sustentabilidade económica, social e ambiental.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Âmbito e objetivos

Em finais de 2014, a Camara Municipal de Lisboa decidiu proceder à revisão e atualização do anterior Plano Geral de Drenagem de Lisboa (PGDL), 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 da cidade de Lisboa.

Esta preocupação de melhoria do conhecimento e de aprofundamento das soluções propostas é naturalmente compatível com o proposto no próprio plano anterior, que recomendava o levantamento de informação adicional, nomeadamente sobre o cadastro e estado de conservação da rede de drenagem, a instalação de equipamentos de monitorização de precipitação, alturas de escoamento e caudais em secções críticas da cidade e, ainda, a realização de estudos adicionais e mais pormenorizados sobre as propostas preliminares apresentadas.

Constituíram princípios orientadores do Plano Geral de Drenagem de Lisboa 2016-2030 (PGDL 2016-2030), a preocupação em desenvolver uma solução integrada de controlo das inundações que afetam Lisboa e dotar a cidade com infraestruturas de drenagem estruturantes que a preparassem para os desafios do século XXI. Pretende-se minimizar os impactos sociais e ambientais das cheias e inundações, integrando as ações previstas neste plano com o desenvolvimento da cidade preconizado no Programa Diretor Municipal (PDM) e com as boas políticas em matéria de adaptação climática. É ainda objetivo do plano assegurar a sua compatibilidade com um conjunto de intervenções previstas no plano de atividades da CML, nomeadamente o Programa "Uma Praça em cada Bairro", que perspetiva a intervenção em 30 praças, os Planos de Pavimentação e de Acessibilidade e os projetos de construção de parques de estacionamento.

Desde 2008 que foram realizadas importantes intervenções para encaminhar as águas residuais domésticas para tratamento, tendo a situação da cidade de Lisboa melhorado significativamente nesse aspeto. Neste âmbito, é de realçar as intervenções nas frentes de drenagem entre o Largo Chafariz de Dentro e o Terreiro do Paço, entre o Terreiro do Paço, Cais do Sodré e Alcântara, e entre Algés e Alcântara, que incluíram a construção de descarregadores para controlo de caudal, a instalação de sistemas elevatórios e o alargamento de secção de descargas pluviais. Para além destas importantes intervenções nas frentes de drenagem das zonas baixas da cidade, também se procederam a diversas reabilitações de infraestruturas noutros locais da cidade. Foram ainda instalados, a partir de 2008, udómetros e medidores de caudal, constituindo-se um sistema de monitorização que tem permitido uma gestão mais adequada do sistema.

Dadas as obras das últimas duas décadas na cidade de Lisboa, pode referir-se que, em grande parte, se encontram resolvidos os problemas de poluição e contaminação dos meios

recetores (fundamentalmente o estuário do rio Tejo), em tempo seco, dado que a rejeição se processa, regra geral, após tratamento secundário ou terciário, numa das três Estações de Tratamento de Águas Residuais da cidade (ETAR de Alcântara, Chelas e Beirolas).

Neste sentido, o PGDL (2016-2030) foca-se fundamentalmente nos problemas de drenagem pluvial da cidade de Lisboa, sendo os seus objetivos:

- Atualizar a informação sobre a rede principal de drenagem pluvial de Lisboa, em função das obras realizadas ou previstas para o curto prazo e dos elementos recolhidos em estudos ou levantamentos realizados;
- Verificar as estimativas de caudal cruzando-as com os resultados da monitorização de precipitação e de caudal levados a cabo pela SIMTEJO;
- Rever o anterior plano de intervenções, o que inclui a verificação do interesse das soluções então previstas com eventual proposta de alternativas, a priorização de intervenções e a estimativa de custos;
- Propor soluções para os principais problemas de drenagem pluvial da cidade de Lisboa, nomeadamente na zona de Alcântara / Largo das Fontainhas, Rua das Pretas / Rua de São José / Rossio, Martim Moniz / Praça da Figueira, Xabregas / Rua Gualdim Pais e Avenida de Berlim;
- Verificar as soluções propostas para os problemas de inundação de origem localizada que ocorrem com frequência nalguns locais da cidade, nomeadamente na zona baixa de Alcântara, Sete Rios, Rua de S. José/Portas de Stº Antão, Praça da Figueira, Martim Moniz, Av. Berlim, Paço do Lumiar, Xabregas e Bairro de Santa Cruz;
- Verificar em que medida as intervenções urbanísticas previstas para o corrente mandato constituem oportunidades de desenvolvimento das soluções de drenagem previstas, realizando-as a par dessas intervenções;
- Apresentar um plano de monitorização da rede de drenagem que complemente o esforço de monitorização da SIMTEJO, e um plano de atualização do cadastro e inspeção da rede de drenagem.

1.2 Faseamento dos trabalhos

Os objetivos previstos no âmbito do PGDL (2016-2030) foram concretizados em duas fases. A Fase A teve como principal objetivo a atualização da informação disponível e a apresentação de abordagens preliminares de revisão do PGDL anterior para os principais problemas de drenagem da cidade, tendo ainda sido dadas respostas a algumas questões que a CML precisava de ver respondidas com urgência, para poder desencadear um conjunto de intervenções urbanas.

A Fase A do trabalho resultou, assim, num relatório datado de 15 de abril de 2015, que incluiu, para além do enquadramento e objetivos, a identificação de abordagens e soluções para os problemas das principais bacias de drenagem da cidade (nomeadamente de Alcântara, Ajuda, Av. Almirante Reis, Rua de São José e Av. Liberdade, Campo Grande,

Olaias, Chelas, Xabregas e Av. Berlim) e de resposta, do ponto de vista da necessidade de drenagem, a intervenções urbanísticas prioritárias.

Os principais resultados do estudo foram apresentados num 1º *workshop*, promovido pela CML no dia 12 de maio de 2015, e que contou com técnicos do município e especialistas do setor, nomeadamente da SIMTEJO/AdLVT, LNEC, ERSAR e de associações profissionais tais como a Associação Portuguesa de Recursos Hídricos (APRH), ou a Associação Portuguesa de Engenharia Sanitária e Ambiental (APESB), entre muitas outras entidades e instituições com interesse nesse domínio. No âmbito do *workshop*, contou-se com os comentários e apreciações do Prof. Francisco Nunes Correia (do Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa) e do Eng.º Angel Villannueva (da Aqualogy, um dos autores do Plano Geral de Drenagem da Cidade de Barcelona) e com observações e reflexões diversas da parte de participantes e que, naturalmente, tiveram reflexo na versão final do Plano Geral de Drenagem de Lisboa.

A Fase B concluiu as atividades iniciadas na Fase A e teve como principal objetivo a verificação da pertinência e exequibilidade das soluções propostas no anterior PGDL, a evolução para soluções alternativas eventualmente mais favoráveis e a identificação e pormenorização das ações mais urgentes a desenvolver no curto e médio prazo, com estimativa de custos.

O relatório preliminar da Fase B foi concluído em julho de 2015 e foi proposto para discussão pública em sessão de Camara realizada nessa data. O relatório ficou disponível no *site* da CML e os munícipes foram convidados a pronunciar-se. Entre julho e outubro de 2015, foram realizadas diversas ações de divulgação, sendo de destacar as realizadas com o apoio da Ordem dos Engenheiros (22 de setembro de 2015) e da Lisboa eNova (10 de novembro de 2015). A CML organizou também um segundo workshop em 9 de novembro de 2015, que reuniu um conjunto alargado de especialistas do sector. O presente relatório constitui a revisão do relatório preliminar apresentado em julho e incorpora as críticas e sugestões recebidas durante esse período de discussão pública.

Os trabalhos realizados no âmbito da revisão do PGDL beneficiaram, naturalmente, do conhecimento e da experiência de um conjunto alargado de técnicos da CML, SIMTEJO/AdLVT e LNEC, com quem a equipa responsável pela revisão do PGDL reuniu por diversas vezes. Em conjunto, foi feito um ponto de situação das obras realizadas ou em fase de projeto, atualizada informação sobre a rede principal de drenagem pluvial de Lisboa e recolhidos os elementos produzidos por estudos ou levantamentos realizados desde 2008, e que naturalmente também se refletiram no Plano Geral de Drenagem. Naturalmente que tiveram lugar reuniões de trabalho com muitas outras entidades, como a Administração do Porto de Lisboa (APL), o Metro de Lisboa, a EPAL, e promotores e empresas diversas com relação para o plano.

Em linha com as tendências da evolução da drenagem nas cidades mais desenvolvidas da Europa, apresentam-se abordagens complementares, incluindo soluções de cariz estrutural (por exemplo, soluções de reforço de capacidade, desvio de caudais e reservas), a par de

soluções de cariz mais descentralizado e local. Teve-se também o especial cuidado de evitar a recomendação de soluções que implicassem intervenções significativas nas zonas mais ocupadas e consolidadas da cidade, com impactos sociais elevados. Para o pré-dimensionamento das soluções, teve-se em vista a "Cidade do Futuro", ou seja, teve-se em conta o impacto das alterações climáticas e a evolução de ocupação do território.

No âmbito do PGDL, apresentam-se intervenções estruturantes, que são fundamentais para a resolução dos problemas e riscos de inundação existentes, e ações ou intervenções complementares, de impacto mais local, mas que também assumem, naturalmente, grande relevância no contexto do plano.

1.3 Estrutura do documento

Este relatório foi organizado como um documento independente para servir de guia orientador da intervenção da CML no domínio da drenagem da cidade de Lisboa. Está estruturado em 15 capítulos e 2 anexos. Uma coleção de peças desenhadas acompanha o relatório.

Os capítulos 2 e 3 apresentam, respetivamente, uma síntese dos principais estudos e projetos de drenagem realizados para a cidade de Lisboa e a visão do sistema de drenagem para o século XXI.

O capítulo 4 descreve os principais elementos e os dados de base utilizados no trabalho. O capítulo 5 aborda o impacto das alterações climáticas nos sistemas de drenagem. No capítulo 6 são apresentadas estratégias de drenagem pluvial em meio urbano, com ênfase em soluções de controlo na origem e no uso eficiente da água. O capítulo 7 descreve os modelos matemáticos utilizados para avaliação do desempenho do sistema e apresenta os critérios de verificação e de dimensionamento adotados.

No capítulo 8 apresentam-se os caudais de tempo seco e de tempo de chuva estimado. O diagnóstico do desempenho do sistema é apresentado no capítulo 9, e as soluções alternativas estruturantes para resolução das principais deficiências detetadas são apresentadas e discutidas no capítulo 10. No capítulo 11 é realizada uma análise comparativa das soluções propostas e apresentadas as soluções recomendadas.

No capítulo 12, descrevem-se com maior pormenor as intervenções estruturantes recomendadas, assim como as ações e intervenções complementares que devem acompanhar as primeiras e que respeitam às redes primárias e secundárias. A avaliação dos custos de investimento e dos encargos de exploração é apresentada no capítulo 13 e o planeamento de intervenções e atividades para o período 2016-2020 é descrito no capítulo 14.

Finalmente, no capítulo 15 apresenta-se uma síntese do plano e as principais conclusões e recomendações.

2 SÍNTESE DOS PRINCIPAIS ESTUDOS E PROJETOS

2.1 Breve nota histórica

Em Portugal, os primeiros elementos históricos que existem sobre drenagem remontam ao século XV e revelam que o rei D. João II, em consequência da peste, mandou proceder ativamente a operações de limpeza "nos canos" de Lisboa. Destinados inicialmente a drenagem das águas da chuva, esses tais "canos" juntavam todo o tipo de estercos e imundícies provocadas por uma população aglomerada "de modo espasmoso" na nova cidade de Lisboa, tornando-a menos elegante e mais insalubre (Matos, 1992).

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.

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.

Na sequência da epidemia de cólera ocorrida em Lisboa, em 1856, e posteriormente alastrada, Bernardino Gomes elabora, por ordem da Academia Real das Ciências, e com a consciência e o tato que distinguem a sua personalidade, um relato da situação na capital portuguesa, advogando a instalação de sistemas de drenagem à semelhança dos existentes em outras cidades europeias, como Paris, Londres e Bruxelas, cuja descrição apresenta (Matos, 1987). É mais ou menos nessa altura que começa a ter lugar uma verdadeira revolução tecnológica, com a introdução dos sistemas de abastecimento e de distribuição de água domiciliária, construídos com tubagens de ferro fundido funcionando sob pressão. Começa também nessa altura e paralelamente a ser gradualmente generalizada a prática da instalação de ramais domiciliários e coletores prediais construídos, aliás, com materiais de utilização milenar, como o barro e o grés.

Nos séculos anteriores, os resíduos sólidos e líquidos decorrentes da atividade urbana ficavam no interior da urbe, e propiciavam tremendas epidemias, como a peste, transmitida pelo rato e pela pulga, ou a cólera, veiculada por água contaminada.

Em Lisboa, por exemplo, quando no século XIX se iniciou o abastecimento de água domiciliário, já existiam, sob os arruamentos da cidade, estruturas para a drenagem das águas pluviais urbanas. Tinham geralmente a soleira plana e eram construídos em cantaria, como os famosos coletores pombalinos da baixa Lisboeta, ou em cascões de pedra retangulares. Mais tarde, essas estruturas de drenagem passaram a drenar, também, águas residuais domésticas, funcionando como coletores unitários. A solução dos canecos, recipientes de barro com os dejetos líquidos e sólidos domiciliários, colocados de madrugada à porta das casas e recolhidos por viaturas municipais, resultava, na grande maioria dos casos, de proibições de descarga dos resíduos nos coletores pluviais disponíveis, frequentemente do tipo "cascão", também designados por "rateiros", por propiciarem o acesso e proliferação desses indesejáveis roedores. Esses coletores não garantiam minimamente condições de estanquicidade e de verificação de autolimpeza. Só no século XX surgiu e se divulgou a instalação de coletores de betão, pré-fabricados ou betonados *in situ*, com juntas fechadas de argamassa de cimento, oferecendo garantias de verificação de condições de autolimpeza e de estanquicidade.

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.

2.2 Síntese de projetos relevantes de drenagem da cidade

2.2.1 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. O transporte nesta conduta era conseguida pela construção no início do emissor de uma torre que sustentaria um depósito elevado à altura de 21 metros. 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.

2.2.2 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 de águas residuais 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. 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 2.1 apresenta a planta geral da cidade de Lisboa alvo do projeto "Ressano Garcia", com identificação da "zona alta" (rede unitária, a rosa) e da "zona baixa" (pretendida como separativa ou pseudo-separativa, a azul).

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 que drenavam para esses pátios interiores. Sabe-se, hoje, que essas precipitações têm uma frequência média de, aproximadamente, sete vezes por ano (HIDRA, 2006).

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 5943 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 foi de 4,2 m^3/s (Arantes e Oliveira, 1941).

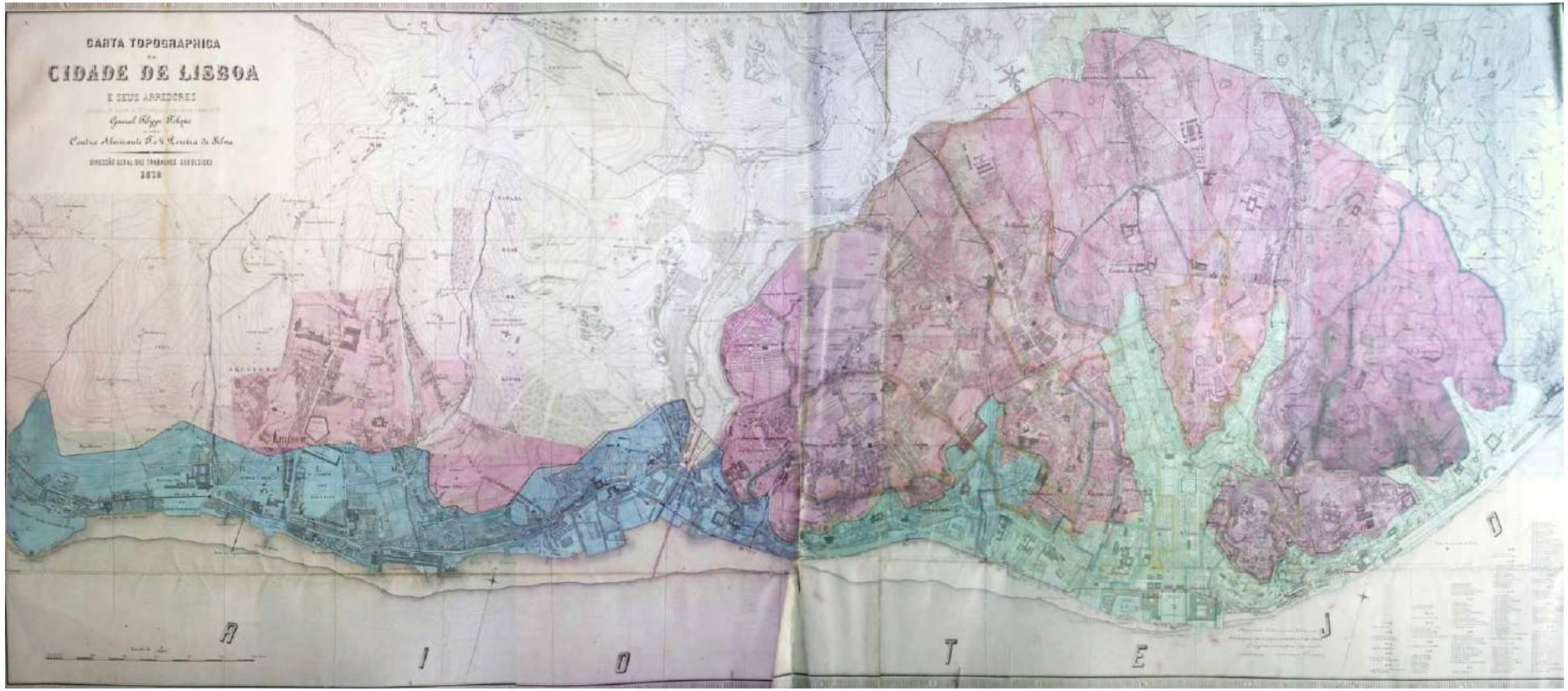


Figura 2.1 - Planta geral da cidade de Lisboa (fotografado do Projeto Ressano Garcia, de 1884)

A Figura 2.2 apresenta os "canos atuais" do projeto de Ressano Garcia.

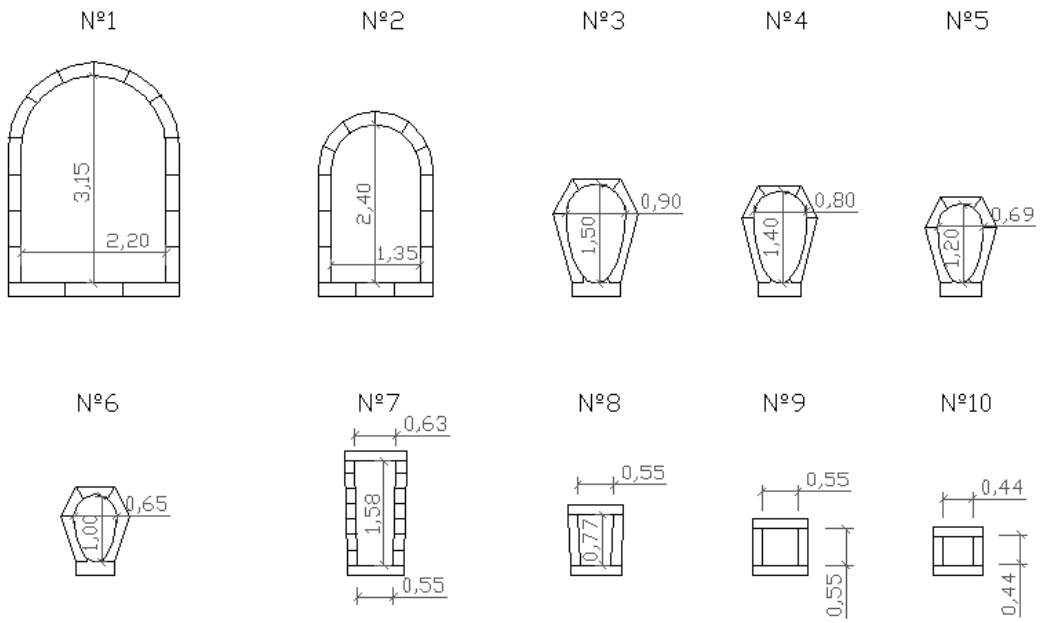


Figura 2.2 - Canos atuais do projeto de Ressano Garcia

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 2100 m. Do Portinho da Costa, os esgotos seguiriam por um emissor, com um primeiro troço de 1000 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.

2.2.3 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 4791 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 500 000 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 nas ETAR:

- 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 de lamas 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 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*" com "*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, caudais de tempo húmido de 10 m^3/s na ETAR Ocidental (Alcântara?) e 3,7 m^3/s na ETAR Oriental (Beirolas?).

2.2.4 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 "novo" 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, próximas 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 estuário. Nas lezírias, o efluente tratado poderia ser reutilizado para a 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.

2.2.5 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 encontravam, 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 deveriam igualmente apresentar uma velocidade limitada do escoamento, destinada a garantir baixos valores da perda de carga localizada na descarga.

Outros fatores que contribuem para a ocorrência de inundações na cidade de Lisboa são 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 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 descargas de efluentes domésticos no rio Tejo.

2.2.6 Plano Geral de Drenagem de Lisboa de 2008

O Plano Geral de Drenagem de Lisboa de 2008 resultou da iniciativa da CML, através da 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 do plano o desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão para apoiar a gestão da rede de drenagem.

A solução proposta integrava um 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 o reforço de diversos 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.

2.3 Estudos, projetos e outras*- intervenções relevantes no âmbito deste Plano

Como já foi 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. Posteriormente, foram desenvolvidos diversos estudos e projetos relativos ao sistema de drenagem de Lisboa, dos quais se destacam, entre outros, os seguintes, por se considerarem relevantes no âmbito deste Plano Geral de Drenagem de Lisboa, para além dos já anteriormente referidos:

- Plano geral e anteprojeto de 1940;
- Projeto da canalização da Ribeira de Alcântara (CML, 1942);
- Estudo de Drenagem das Águas Pluviais da Baixa Pombalina (LNEC, 1990);
- Comportamento Sanitário do Sistema de Drenagem Afluente à Estação de Tratamento de Águas Residuais de Alcântara (Matos *et al.*, 1991);
- Modelação Matemática da Rede de Drenagem do Terreiro do Paço (LNEC, 1992);
- Pólo da UTL no Alto da Ajuda. Projeto de Execução das Redes de Infraestruturas Gerais. Redes de Drenagem de Águas Residuais e Pluviais (ACE/HIDRA, 1994);
- Polo I do Instituto Superior de Agronomia - Rede de Infraestruturas Gerais. Projeto de Execução. (ACE/HIDRA, 1994);
- Plano de Urbanização do Alto do Lumiar - Projeto de Execução das Infraestruturas Gerais (i3 Consultores S.A., 1996);
- Controlo de inundações - apoio ao diagnóstico e reabilitação de pontos críticos da cidade de Lisboa (LNEC, 1998);
- Controlo de inundações – apoio ao diagnóstico e reabilitação de pontos críticos da cidade de Lisboa – Relatório n.º 1 (LNEC, 1998);
- Sistema Intercetor de Lisboa Frente de Drenagem Algés-Alcântara - Ensaios para Controlo da Seticidade (IST, 1999);
- Controlo de inundações – apoio ao diagnóstico e reabilitação de pontos críticos da cidade de Lisboa – Modelação Matemática da Zona Baixa de Alcântara – Zona Leste do Caneiro - Relatório nº. 4 (LNEC, 1999);
- Sistema Intercetor de Lisboa Frente de Drenagem Algés-Alcântara – Estudos de Reabilitação Hidráulica e Ambiental – Relatório de 1ª Fase, IST, 2002;
- Estudos de Reabilitação Hidráulica e Ambiental de Intercetores de Lisboa – Projeto REHALIS. 1.º Relatório de Progresso – IST, 2002;
- Estudos de Reabilitação Hidráulica e Ambiental de Intercetores de Lisboa – Projeto REHALIS. 2.º Relatório de Progresso – IST, 2002;
- Estudos de Reabilitação Hidráulica e Ambiental de Intercetores de Lisboa – Projeto REHALIS. 3.º Relatório de Progresso – IST, 2003;

- Projeto dos Intercetores do Largo do Chafariz de Dentro - Terreiro do Paço e Terreiro do Paço - Cais do Sodré e Respetivos Intercetores nos Coletores Unitários. Projeto de execução (DRENA e HIDRA, 2004);
- SIMTEJO - Levantamento Cadastral, Inspeção e Limpeza dos Sistemas Intercetores de Chelas e Beirolas (Engidro e Ipodec, 2004/05);
- Projeto dos Intercetores do Largo do Chafariz de Dentro - Terreiro do Paço e Terreiro do Paço - Cais do Sodré e Respetivos Intercetores nos Coletores Unitários: Intervenção na R. da Regueira até à R. dos Remédios. (HIDRA, 2005);
- Projeto dos Intercetores do Largo do Chafariz de Dentro - Terreiro do Paço e Terreiro do Paço - Cais do Sodré e Respetivos Intercetores nos Coletores Unitários: Volume II - Estação Fluvial – Terreiro do Paço. Projeto de Execução. (HIDRA, 2007);
- Projeto dos Intercetores do Largo do Chafariz de Dentro - Terreiro do Paço e Terreiro do Paço - Cais do Sodré e Respetivos Intercetores nos Coletores Unitários: Volume III - Terreiro do Paço – Cais do Sodré. Projeto de Execução. (HIDRA, 2007);
- Projeto dos Intercetores do Largo do Chafariz de Dentro - Terreiro do Paço e Terreiro do Paço - Cais do Sodré e Respetivos Intercetores nos Coletores Unitários: Largo do Chafariz de Dentro – Estação Elevatória da Estação Fluvial. Projeto de Execução. (HIDRA, 2008);
- Estudos e Projetos para a Frente de Drenagem Algés Alcântara, das Infraestruturas Desde o Descarregador D1 até à EE3 – Estudo Prévio (HIDRA, 2005);
- Estudos e Projetos para a Frente de Drenagem Algés Alcântara, das Infraestruturas Desde o Descarregador D1 até à EE3 – Projeto de execução. Descarregadores e Infraestruturas de Drenagem da Av. das Descobertas/Av. Vasco da Gama e da Av. Torre de Belém. (HIDRA, 2006);
- Estudos e Projetos para a Frente de Drenagem Algés Alcântara, das Infraestruturas Desde o Descarregador D1 até à EE3 – Projeto de execução. Descarregadores e Infraestruturas de Drenagem das bacias D3, D4/D5, D6, D6.1, D7, D8 e D9. (HIDRA, 2006);
- Estudos e Projetos para a Frente de Drenagem Algés Alcântara, das Infraestruturas Desde o Descarregador D1 até à EE3 – Projeto de execução. Descarregadores e Infraestruturas de Drenagem das bacias D10, D11/D14, D12, D13, DJ, DJ1 e DJ2. (HIDRA, 2006);
- Estudos e Projetos para a Frente de Drenagem Algés Alcântara, das Infraestruturas Desde o Descarregador D1 até à EE3 – Projeto de execução. Descarregadores e Infraestruturas de Drenagem das bacias D16, D17, D19A, D19B, D19C e D20. (HIDRA, 2007);
- EMARLIS - Estudo de Avaliação Socioeconómica e Financeira de Alternativas ao Sistema de Interceção e Tratamento de Águas Residuais na Grande Lisboa Norte - Relatório Final (Aquaforum, dezembro 2002);
- CML - CESUR, Carta de Equipamentos de Ensino de Lisboa - Previsões Demográficas (IST, agosto 2005).
- Colaboração em ações imediatas para a reabilitação do caneiro de Alcântara: relatório de progresso. (LNEC, 2006);

- Colaboração em ações imediatas para a reabilitação do caneiro de Alcântara: avaliação do impacto da redução da secção transversal. (LNEC, 2006);
- Colaboração em ações imediatas para a reabilitação do caneiro de Alcântara: identificação de troços críticos por causas internas. (LNEC, 2006);
- Colaboração em ações imediatas para a reabilitação do caneiro de Alcântara: relatório de inspeções sumárias a troços críticos. (LNEC, 2006);
- Modelação matemática da bacia do caneiro de Alcântara. (LNEC, 2006);
- Modelação matemática da bacia do caneiro de Alcântara. Rel. técnico 2. (LNEC, 2007);
- Modelação matemática da bacia do caneiro de Alcântara. Relatório técnico 1 - Parte 2. (LNEC, 2007);
- Colaboração em ações imediatas para a reabilitação do caneiro de Alcântara. Identificação de troços críticos por causas externas. (LNEC, 2007);
- Ações relativas a regulamentação e normalização do sistema de águas residuais de Lisboa (Primeira Fase). Relatório técnico sobre normalização municipal. (LNEC, 2007);
- Estudo da Bacia de Drenagem da Zona Alta do Subsistema de Alcântara – Estudo Prévio. (Hidra/Engidro, 2007);
- Emissário Cintura do Porto de Lisboa – Troço inicial: Cais do Sodré – Limite de empreitada do Metropolitano de Lisboa. Projeto de execução (Hidra, 2008);
- Estudos e Projetos da Frente de Drenagem Cais do Sodré – Alcântara – Intercetor Cais do Sodré e Coletor Ressano Garcia. Projeto de Execução. (Hidra/Engidro, 2008);
- Projetor de Execução do Sistema Elevatório das Agências e Emissários Associados da Frente de Drenagem Terreiro do Paço – Cais do Sodré. (Simtejo, 2008);
- Obras de Drenagem e Interceção de Águas Residuais da Bacia do Rio Seco (D12) – com solução de câmara de válvulas de maré – Estudo Prévio (Setembro 2008) e Projeto de Execução (Dezembro 2008). (Simtejo);
- Plano Geral de Drenagem de Lisboa [2006-2008] (Chiron, Engidro, Hidra, 2008)
- Colaboração em ações imediatas para a reabilitação do caneiro de Alcântara. Relatório de inspeções. (LNEC, 2008);
- Colaboração em ações imediatas para a reabilitação do caneiro de Alcântara. Metodologia de apoio à definição de planos de reabilitação e inspeção. (LNEC, 2008);
- Inspeção no caneiro de Alcântara pelo acesso n.º 9. Relatório de inspeção. (LNEC, 2008);
- Ligação desnivelada da linha de Cascais e do Porto de Lisboa à linha de cintura - Parecer relativo ao Estudo Prévio. Hidrologia, drenagem e serviços afetados. (LNEC, 2008);
- Apoio Técnico à SIMTEJO: Projeto de Execução (Janeiro/Fevereiro 2009) e Intervenções Associadas aos Descarregadores D10, D11/D14 e D13 – Projeto de Execução (Março 2009). (Simtejo);
- Sistema de Drenagem e de Descarga Poente, no Terreiro do Paço – Anteprojeto (Março 2009) e Projeto de Execução (Maio 2009). (frenteTEJO);

- Ligação desnivelada da linha de Cascais e do Porto de Lisboa à linha de cintura parecer relativo ao estudo prévio das variantes 2 e 3. Hidrologia, drenagem e serviços afetados. (LNEC, 2009);
- Inspeção do caneiro de Alcântara: troço no braço de Benfica - Relatório de inspeção. (LNEC, 2009);
- Estudo prévio da ligação desnivelada da linha de Cascais e do Porto de Lisboa à linha de cintura - Simulação do comportamento hidráulico do caneiro de Alcântara (LNEC, 2009);
- Plano de urbanização de Alcântara. Parecer relativo à implementação de bacias de retenção. (LNEC, 2010);
- Projeto de execução da ligação desnivelada entre a linha de cintura, a linha de Cascais e o terminal de contentores de Alcântara. Parecer relativo aos aspetos de hidrologia e hidráulica urbana. (LNEC, 2012);
- Demonstration of the WCSP, RIDB, RRDB, GIS applications for risk assessment in Lisbon. (LNEC, 2013);
- Adaptação do Projeto de Execução da Remodelação dos Descarregadores D16 e D17 de Alcântara. (Hidra, 2014).

Para além destes estudos, de referir os vários projetos e intervenções executados pela SIMTEJO/CML no âmbito do caneiro de Alcântara, e que constam da Figura 2.3, 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.

No âmbito de Investigação e Desenvolvimento (I&D), de referir, entre outros, os seguintes projetos:

- SI-GeA – Sistema Inteligente de Apoio à Gestão Avançada de Sistemas Urbanos de Águas Residuais (2012-2014). SIEMENS, IST, LNEC. Financiado pela AdI – Agência de Inovação;
- PREPARED - Enabling Change (2010-2014). (LNEC et al.);
- SIMAI – Sistemas de Monitorização e Aviso em infraestruturas de drenagem urbana (2010-2013). IST, LNEC, SIMTEJO. Financiado pela FCT (Fundação da Ciência e Tecnologia);
- MOGIS (2005-2009) – Modelação e gestão integrada de sistemas de saneamento (2005). IST, LNEC, SIMTEJO. Financiado pela FCT (Fundação da Ciência e Tecnologia);
- SPRINT II (1995). LNEC.

Estes projetos 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).

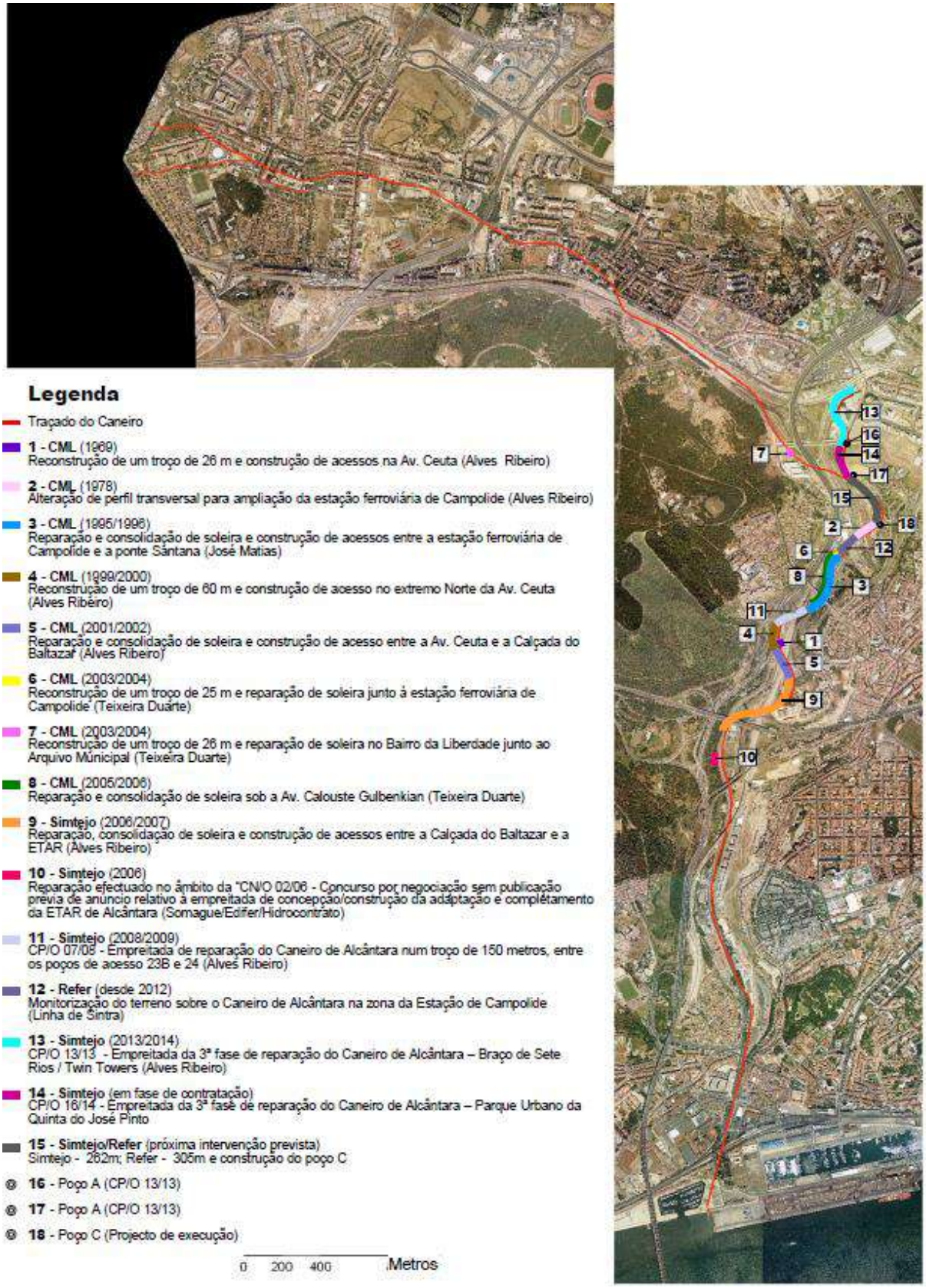


Figura 2.3 – Síntese de intervenções de reabilitação do caneiro de Alcântara, entre 1969 e 2014.

3 VISÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM DA CIDADE DE LISBOA NO SÉCULO XXI

3.1 Aspetos gerais

A complexidade dos sistemas das grandes cidades europeias, que integram redes unitárias, separativas e pseudo-separativas, coletores por vezes em malha, descarregadores, sifões invertidos, intercetores e ETAR, tornam a problemática do controlo dos riscos das inundações e da poluição dos meios recetores especialmente difícil. O principal desafio consiste em controlar os riscos de inundação e de poluição de forma racional, transparente, sustentável, isto é com custos económicos, sociais e ambientais razoáveis.

As técnicas tradicionais utilizadas para resolver tais problemas, nomeadamente as baseadas em soluções de reforço e duplicação dos coletores e das estações elevatórias para aumentar a capacidade hidráulica implicam elevados investimentos de infraestruturação, bem como custos sociais associados ao incómodo provocado pelas obras necessárias. A diversidade de infraestruturas subterrâneas existentes nas cidades também dificulta, frequentemente, tais intervenções.

Deste modo, verifica-se uma tendência no desenvolvimento do saneamento nas cidades modernas baseada em princípios que potenciam a *gestão avançada* dos sistemas, associando soluções estruturais (como o reforço e reabilitação focada de coletores e de estruturas de armazenamento) a soluções descentralizadas de controlo na origem (*source control* na terminologia anglo-saxónica, ou BMP - *Best Management Practices* ou SUDS – *Sustainable Urban Design*, nas terminologias americana e australiana), que procuram promover a retenção e infiltração a montante da rede física de coletores. A gestão avançada defende, ainda, a instalação de equipamentos para monitorização e controlo do escoamento e a modelação e gestão em tempo real para aproveitar as potencialidades dos sistemas e maximizar a afluência de caudais às ETAR, reduzindo em consequência os riscos de inundação e de contaminação dos meios recetores. Para assegurar uma gestão eficiente dos sistemas de drenagem urbanos é necessário *conhecer detalhadamente as suas características físicas* e dispor de uma *planificação adequada* que integre o planeamento das intervenções de projeto, de construção e de manutenção dos sistemas de drenagem. Estes elementos permitem uma *exploração ativa* do sistema de drenagem que tem em conta a interação entre a rede de drenagem, as estações de tratamento e os meios recetores (CLABSA, 2005; citada por Sebastião *et al.*, 2006).

Neste contexto, as soluções estruturantes, de cariz mais geral, as soluções complementares, de cariz mais local, e a modelação e a gestão em tempo real, que se descrevem nos subcapítulos seguintes, devem ser naturalmente consideradas ao planear e promover a gestão avançada dos sistemas de drenagem em meio urbano. São também referidos alguns exemplos de aplicação dos modernos princípios de gestão avançada de sistemas de drenagem

urbanos que consistem, em regra, no controlo em tempo real do comportamento hidráulico e ambiental dos sistemas, designadamente já implementados em diversas cidades europeias.

A concretização destas soluções, bem como a implementação de um sistema de gestão em tempo real, incluindo a modelação do sistema de drenagem, constitui um processo demorado, cujo desenvolvimento tem levado entre 10 a 20 anos nos países da Europa que já dispõem deste tipo de abordagem.

O sistema de apoio à decisão desenvolvido no âmbito do PGDL de 2008 constituiu um embrião deste tipo de solução. Também a SIMTEJO instalou, em 2010/2011, vários udómetros e medidores de caudal na sua área de atendimento. Em particular e no que respeita aos sistemas da cidade de Lisboa, foram instalados um udómetro na ETAR de Chelas e medidores de caudal nos caneiros de Alcântara, braços da Falagueira e Damaia e em secção junto à ETAR de Alcântara, no Terreiro do Paço e na Calçada de Carriche, que permitem acompanhar a evolução de caudais em tempo real.

A medição de caudais tem relevância para efeitos de faturação mas, ao permitir também suportar as decisões de intervenção, de gestão e de investigação, constitui uma informação fundamental para uma gestão avançada e racional do sistema.

3.2 Tipologia de intervenções propostas

3.2.1 Princípios e estratégias de intervenção

No âmbito do presente estudo, foram equacionadas intervenções alternativas com ênfase no reforço de capacidade de transporte da rede de drenagem e intervenções com ênfase na reserva. Naturalmente, foram também previstas outro tipo de intervenções, como é o caso do desvio de caudal entre bacias, da reabilitação de infraestruturas, do desenvolvimento de soluções de controlo na origem, da construção/reabilitação de câmaras de controlo de caudal (na fronteira entre o sistema "em baixa" e o sistema "em alta"), da redução de perdas de carga localizadas em secções específicas e de execução de redes separativa em zonas baixas.

A beneficiação do desempenho ambiental do sistema, com vista à redução significativa das descargas diretas de efluentes domésticos no meio recetor em tempo seco, constituiu uma prioridade da última década, e que foi levada a cabo em grande parte pela SIMTEJO. Atualmente, os efluentes "brutos" descarregados no rio Tejo são, atualmente, limitados.

No âmbito do Plano, foram seguidos os seguintes princípios básicos orientadores:

a) Ênfase no controlo de riscos de inundação, tendo em conta o atual controlo da poluição em tempo seco, cujos efluentes passam quase integralmente por tratamento secundário ou terciário antes da rejeição;

b) Preocupação em desenvolver soluções com impacto mínimo do ponto de vista social, nomeadamente com minimização de intervenção nas zonas mais urbanizadas e condicionadas da cidade;
c) Preocupação em combinar soluções estruturantes para aliviar as zonas baixas das grandes bacias hidrográficas (e.g. grandes reservas para armazenamento temporário de água pluvial e/ou de túneis para desvio de caudais), com intervenções complementares nas bacias e redes secundárias, e que são igualmente necessárias ao controlo localizado das inundações;
d) Definição de intervenções prioritárias em termos de controlo do risco de inundação em zonas críticas, com custos controlados, e que permitem melhorar de forma significativa o desempenho dos sistemas, nomeadamente de zonas das bacias de Alcântara, Av. da Liberdade, Rua de São José, Av. Almirante Reis e Estrada de Chelas.

Nos subcapítulos seguintes descrevem-se, sumariamente, os tipos de solução preconizados no Plano.

3.2.2 Separação tendencial e controlo na origem

Na urbanização, valorização e reabilitação da cidade deve ser promovida a separação tendencial de águas pluviais e das águas residuais domésticas, incluindo, se possível, a condução das águas pluviais para soluções de controlo na origem, de modo a assegurar a redução da extensão e dimensão das infraestruturas de transporte e de tratamento. As soluções de controlo na origem, que incluem trincheiras de infiltração, pavimentos porosos, poços absorventes e bacias de infiltração, devem preferencialmente ser encaradas na fase inicial do planeamento urbanístico e incidir, sobretudo, em zonas urbanas não muito impermeabilizadas e consolidadas.

A implementação de soluções de controlo na origem requer uma política municipal ativa, indutora de uma nova atitude e da abertura de promotores à respetiva concretização, e a intervenção integrada de técnicos de engenharia, arquitetura, paisagismo, entre outros.

No Quadro 3.1 apresentam-se várias contribuições oferecidas pelas diversas técnicas, no sentido da requalificação do tecido urbano e da melhoria do bem-estar das populações.

Os principais condicionalismos associados à utilização de soluções de controlo na origem prendem-se essencialmente com a qualidade das águas pluviais e com as características do solo onde serão implementadas em termos geotécnicos e de ocupação urbana. No subcapítulo 6.2 são descritas em maior detalhe as principais soluções de controlo na origem usadas em meio urbano, incluindo os critérios a considerar na seleção da opção mais adequada em cada caso.

Quadro 3.1 - Usos múltiplos oferecidos pelas soluções de controlo na origem (adaptado de AZZOUT *et al.*, 1994)

Técnica	Contribuição		Utilizações e funções complementares
	Recarga de aquíferos e /ou rega	Paisagística	
Trincheira de infiltração	Contribuição para o equilíbrio do ecossistema	Agradável*	-
Trincheira de retenção	Não	Agradável*	-
Pavimentos de infiltração com estrutura reservatório	Contribuição para o equilíbrio do ecossistema	Não	Diminuição da projeção e lençóis de água, aquaplanagem, ruídos de rolamento (para velocidades a 50 km/h), melhoria da visibilidade das marcas horizontais
Pavimentos de retenção com estrutura reservatório	Não	Não	
Bacia de infiltração	Contribuição para o equilíbrio do ecossistema	Zonas de lazer e recreio	Possibilidade de reutilização dos materiais de escavação
Bacia de retenção seca	Não		
Bacia de detenção de nível permanente	Contribuição para o equilíbrio do ecossistema	Zona de passeio	
Bacia enterrada de infiltração	Contribuição para o equilíbrio do ecossistema	Não	

* Para técnicas com cobertos vegetais

Numa fase inicial do planeamento urbanístico, sobretudo nas zonas ainda não totalmente ocupadas, é possível atribuir aos promotores das intervenções a responsabilidade de aplicar este tipo de soluções que reduzem as afluências de volumes de água à rede física de coletores. A título de exemplo refira-se que, em Portugal, conhecem-se vários casos da aplicação de pavimentos porosos, como é ilustrado na Figura 3.1 referente às Doca de Alcântara e Algés, na margem do rio Tejo.

Figura 3.1 - Aplicação de pavimentos porosos: Doca de Alcântara

No capítulo 6 deste documento, desenvolvem-se com mais detalhe as soluções de controlo na origem.

3.2.3 Erradicação de descargas e controlo de afluências indevidas

O controlo das afluências a sistemas intercetores, nomeadamente com origem em redes unitárias, visa encaminhar os volumes de água com maior carga contaminante (os caudais que ocorrem em tempo seco ou no início de um evento pluvioso) para os sistemas de tratamento, desviando os excedentes em tempo húmido para o meio recetor.

Essa separação é usualmente conseguida através de descarregadores, colocando a crista da parede descarregadora à cota correspondente à altura do escoamento em regime uniforme do caudal que se pretende desviar (por regra, entre uma a duas vezes o caudal de ponta de tempo seco, ou entre três a seis vezes o caudal médio diário). Em tempo seco e para valores abaixo daquele limite, a totalidade do caudal é encaminhada através de um intercetor para a estação de tratamento, mas quando o caudal afluente é superior àquele limite, uma parcela é desviada para outro coletor. A própria lei de vazão do descarregador determina que o caudal desviado aumenta com o incremento do caudal afluente, pelo que, se for estático, não é possível controlar eficazmente o caudal desviado naquelas condições, podendo exceder-se a capacidade do intercetor.

Em alternativa, é possível recorrer a válvulas de regulação de caudal que garantem que os caudais desviados não excedam um valor pré-determinado, independentemente da carga hidráulica a montante. Existem essencialmente dois tipos de reguladores de caudal para redes de saneamento: válvulas do tipo "vórtice" e do tipo "flutuador". A seleção do tipo de regulador depende das características da rede, nomeadamente do caudal e das alturas de escoamento, tanto em tempo seco como em tempo de chuva, no coletor unitário a intercetar. O valor do caudal desviado por válvulas de regulação pode situar-se, aproximadamente, entre 10 e 1000 l/s, sendo esta solução uma das mais adequadas para atingir o objetivo de controlo de caudais.

A erradicação de descargas "cruzadas" de coletores domésticos para linhas de água e de coletores pluviais para coletores domésticos separativos pressupõe trabalho exaustivo de campo. Na última década, a SIMTEJO levou a cabo diversas intervenções de construção e reabilitação de coletores, nomeadamente nas frentes Algés-Alcântara e Terreiro do Paço-Cais do Sodré-Alcântara.

Relativamente às afluências indevidas por infiltração, o seu controlo exige, em regra, a reabilitação hidráulica e estrutural dos sistemas de drenagem, incluindo coletores e câmaras de visita. Previamente a esta intervenção é necessário quantificar o fenómeno o que pode ser conseguido recorrendo a métodos convencionais (físicos ou químicos, que têm como base a análise da diluição da poluição) ou a métodos baseados na análise da composição dos isótopos de oxigénio presentes nos efluentes drenados, que podem ser considerados como traçadores conservativos. Nos métodos convencionais, é comum admitir-se que infiltração corresponde, aproximadamente, aos caudais noturnos, devendo as campanhas abranger um mínimo de 8 a 10 dias consecutivos de tempo seco para reduzir as incertezas associadas a esta determinação (De Bénédittis, 2004). O método dos isótopos permite quantificar a fração de água de infiltração presente num sistema de drenagem de forma mais rápida e com

vantagens económicas, recorrendo apenas a pequenas amostras da água residual, da água da rede de distribuição e da água freática.

Antes de 2013 e 2014, foram levados a cabo pelo IST e SIMTEJO estudos exaustivos de avaliação de infiltração no sistema de Alcântara, nos braços de Falagueira, Damaia, e no próprio caneiro de Alcântara, com avaliação *in situ* e análise detalhada de registos. A principal conclusão é que, globalmente, os caudais de infiltração, provenientes do aquífero, podem ascender a cerca de 25 a 50% do caudal médio, sendo da ordem de 25% do caudal médio no período de Verão. Os caudais de infiltração médios anuais registados na rede principal ascendem a cerca de 2 l/s/km/m de diâmetro de coletor.

3.2.4 Reabilitação estrutural de coletores

De acordo com norma EN 752-5 (1997), as intervenções em redes de drenagem de águas residuais sem recorrer à abertura de valas podem ser agrupadas consoante o objetivo a que se destinam:

- Reparação - envolve a retificação de danos localizados e, eventualmente a renovação/reconstrução de pequenos trechos do coletor;
- Renovação - inclui os métodos em que o desempenho do coletor existente é melhorado pela incorporação de tubagem;
- Substituição - compreende a construção de um novo coletor no mesmo local.

Estes tipos ou técnicas de reabilitação variam no seu âmbito espacial de intervenção, no seu preço e na duração de eficácia. Uma intervenção de reparação localizada para controlo da corrosão, com um custo reduzido, contrasta com a substituição completa de coletores, que garante novo período de vida útil, mas que implica maiores investimentos.

A reabilitação de coletores pressupõe a execução prévia de um conjunto de trabalhos auxiliares para caracterização da situação de referência. É necessário conhecer o cadastro rigoroso das infraestruturas de drenagem, realizar trabalhos de inspeção por CCTV e, na maioria das técnicas, proceder à limpeza dos coletores a reabilitar. A execução de topografia e cadastro permite identificar a localização das câmaras de visita e a existência de tubagens com inclinação insuficiente ou mesmo contrária à do escoamento. A inspeção por CCTV permite avaliar o estado estrutural das tubagens e detetar eventuais ligações em forquilha.

Os resultados do diagnóstico da situação de referência, nomeadamente o período de vida expectável das infraestruturas em análise, em conjunto com outros fatores como a avaliação da necessidade de aumentar a capacidade do sistema, os recursos disponíveis e a motivação e disponibilidade de recursos para a minimização das afluências indevidas, determinam o tipo de reabilitação mais adequada. Após a análise dos dados recolhidos pode-se concluir pela impossibilidade de reparação ou renovação de um coletor, devido ao seu estado de degradação ou por se constatar que possui inclinação insuficiente ou contrária à do escoamento, e optar pela substituição integral do coletor.

3.2.5 Reabilitação e beneficiação de descargas e redução de perdas de carga localizadas

Em condições de preia-mar, as descargas de caudais para o estuário do rio Tejo são críticas, já que a disponibilidade de energia gravítica para o escoamento é baixa e as velocidades nos coletores podem ser altas. Nesta situação, torna-se vantajosa a construção de descargas francas que diminuam as velocidades de escoamento e as perdas de carga localizadas. Nesse sentido, a reabilitação das descargas dos coletores pluviais de grande dimensão constitui uma intervenção prioritária para melhorar o desempenho hidráulico global das infraestruturas e a probabilidade de ocorrência de inundações.

As intervenções para minimização de perdas de carga localizadas devido a deficientes condições na conceção hidráulica de diversas estruturas, nomeadamente troços em curvatura ou ligações de coletores em câmaras de visita, são também importantes em vários locais da cidade de Lisboa.

3.2.6 Construção de bacias anti-inundação e bacias antipoluição

Os reservatórios ou bacias anti-inundação são concebidos para armazenar temporariamente os caudais pluviais correspondentes a hidrogramas de precipitação com períodos de retorno da ordem de 10 anos e, assim, atenuar os caudais de ponta que afluem a jusante. Para reduzirem de forma sensível os valores de caudal de ponta afluente às áreas a proteger, é frequente apresentarem uma capacidade da ordem de várias dezenas de milhares de m^3. Os reservatórios de maior dimensão são, por regra, inteiramente enterrados e dispõem de uma inclinação de soleira e de equipamentos que permitem a sua limpeza automática após enchimento que ocorre com os eventos de precipitação. Em Barcelona, por exemplo, existem nove reservatórios enterrados deste tipo com capacidade total instalada de cerca de 500 000 m^3 (um exemplo desses reservatórios é apresentado na Figura 3.2).

Em Lisboa, foi estudada a solução de reservatórios enterrados e criação de volumes de reserva com bacias a céu aberto, por exemplo em terrenos disponíveis no Pólo da UTL no Alto da Ajuda e na Ameixoeira.

Figura 3.2 - Vista do reservatório enterrado de retenção de águas pluviais da "Escola Industrial", Barcelona, com capacidade útil de 35 000 m^3

Outra função dos reservatórios, suplementar ou não da atenuação do caudal de ponta, é o controlo de descargas de águas pluviais poluídas e contaminadas para o meio recetor durante os períodos em que os sistemas de tratamento não tenham capacidade para fazer face aos caudais afluentes. Nos períodos de menor caudal, os reservatórios são esvaziados e os efluentes são conduzidos para ETAR. Estes reservatórios ou bacias antipoluição são concebidos e desenvolvidos, em regra, para períodos de retorno da ordem de um a cinco anos (frequência média de cinco descargas por ano). Na Figura 3.3 apresenta-se a instalação de uma comporta para controlo de caudal pluvial em reservatório.

Figura 3.3 - Instalação de uma comporta para controlo de caudal pluvial em reservatório

Este tipo de reservatório é muito comum em países europeus, tais como a Alemanha, Suíça, Áustria, França e Dinamarca, onde os meios recetores dos efluentes das redes de drenagem são particularmente sensíveis. Na Alemanha, existe uma estrutura de armazenamento por cada 10 000 habitantes. Uma cidade típica da Dinamarca, como Aalborg, com 300 000 e.p., possui atualmente 100 a 150 descarregadores de controlo de caudais, metade dos quais associados a reservatórios. Em Lisboa, a capacidade de receção e de diluição de efluentes do estuário do rio Tejo reduz a necessidade deste tipo de infraestruturas.

3.2.7 Túneis para desvio de caudais

Os túneis para desvio de caudais têm vindo a afirmar-se como soluções para uma parte substancial dos problemas das grandes cidades, sendo frequentemente utilizados, em alternativa a soluções de reserva, no transporte e/ou armazenamento das águas residuais geradas nas bacias de drenagem urbanas.

A escavação de túneis pode efetuar-se de duas formas distintas: escavação subterrânea e escavação a céu aberto. A opção por qualquer uma destas duas metodologias prende-se, fundamentalmente, com questões económicas relacionadas com o tipo de maciço, profundidade dos trabalhos e a existência ou não de estruturas enterradas ou à superfície que não possam ser deslocadas. Nas intervenções com profundidades inferiores a 6 m da cota da soleira do coletor será recomendável, em princípio, a construção a céu aberto, quando os trabalhos possam ser articulados com a atividade à superfície. Nos restantes troços, a profundidades superiores, a construção deverá ser subterrânea através, por exemplo, do método de ataque pontual visível na Figura 3.4.

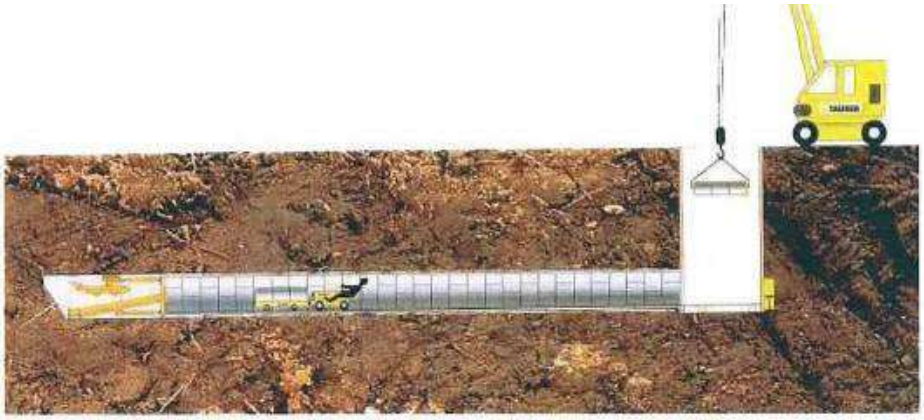


Figura 3.4 - Esquematização do método de ataque pontual

As máquinas de ataque pontual constituem um meio mecânico de escavação que tem a vantagem de poder trabalhar em diferentes maciços (brandos a mais resistentes), permitindo o desenvolvimento natural da capacidade de auto-suporte do túnel em construção. São máquinas, de pequeno a grande porte, que podem realizar trabalho contínuo quando associadas a correias transportadoras para remover os detritos. O processo construtivo inicia-se com a entrada de um escudo metálico no terreno (onde está montada a escavadora hidráulica), avançando por impulsão hidráulica contra a estrutura de reação constituída para o efeito. Procede-se então à montagem das aduelas na sua retaguarda, funcionando como anel fechado e servindo de sustentação do terreno. A fase seguinte compreende as tarefas essenciais para a execução do túnel, nomeadamente a instalação do silo de gravilha, bombas de injeção, carris no interior do túnel, locomotiva e respetivas vagonetas para transportar os terrenos escavados do interior do túnel para o exterior e levar as aduelas até ao local da sua instalação. Após a chegada ao poço de saída, a máquina de escavação é desmontada e o escudo metálico é retirado. Os carris são retirados com auxílio da locomotiva. Numa fase seguinte procede-se à injeção de calda de cimento para preencher os vazios do material granular e a consolidação do terreno envolvente.

A eventual variabilidade litológica e/ou geomecânica deve ser prevista, em tempo útil, através de uma prospeção geológica e geotécnica, em particular com a realização de sondagens para antever e dimensionar os melhores métodos de desmonte do material. Este tipo de soluções acarreta igualmente um adequado sistema de instrumentação geotécnica e monitorização para controlo de eventuais fenómenos de subsidência e/ou assentamentos localizados.

3.2.8 Construção de sistemas elevatórios

Algumas zonas “baixas” da cidade carecem de sistemas elevatórios para permitir a recolha e transporte de caudais para tratamento. A conceção e a localização de sistemas elevatórios devem atender, designadamente, aos seguintes aspetos principais:

- Garantia de um funcionamento eficiente e seguro do sistema, quer do ponto de vista hidráulico, quer do ponto de vista ambiental;

- Posicionamento no sistema de drenagem de águas residuais por forma a minimizar os custos globais, nomeadamente em termos de movimento de terras, instalação da tubagem e encargos de energia;
- Escolha de um traçado em planta e perfil longitudinal adequado para a conduta elevatória;
- Condicionantes urbanísticos, topográficos, geológicos e hidrográficos e a verificação dos níveis máximos de cheia de linhas de água próximas;
- Existência de níveis freáticos que possam originar elevados efeitos de impulsão;
- Localização da descarga de recurso, ou de emergência, e a distância ao respetivo meio recetor;
- Distância à fonte de alimentação de energia elétrica e à rede de abastecimento de água.

No Quadro 3.2 apresentam-se, de forma genérica, as características das estações elevatórias consideradas em função da potência.

Quadro 3.2 - Características das Estações Elevatórias (EE) de baixa, média e alta potência

Características	Potência	
	≤8 kW (baixa potência)	>8 kW (média e alta potências)
Tipo	Poço simples, sem edifício, com antecâmara para gradagem e câmara a jusante para circuito de compressão	Edifício, com desenvolvimento parcial ou total no subsolo
Gradagem	Manual (cesto/grade), ou mecânico (se for expectável grande afluência de material sólido)	Mecânica (com dispositivo de elevação de detritos)
Desarenador	-	Quando justificável (redes unitárias) e quando não existirem meios alternativos (p. ex. bombas)
Bombas	Submersíveis	
Válvula de isolamento	Manual	Manual ou automática (se existiram riscos de inundação)
Ventilação	Sim	
Desodorização	-	Quando próxima de habitações (dist. < 50 m)
Grupo gerador	Aplicável quando as condições locais o exijam (para suporte de apenas uma bomba e serviços mínimos)	
Medidor de caudal	Sim	
Proteção de choque hidráulico	Quando justificável	

Na conceção das EE, deverá ser prestada especial atenção à garantia de condições de segurança para as instalações, para o pessoal afeto à operação/manutenção e para o meio ambiente.

3.2.9 Sistemas sob vácuo

As soluções convencionais de drenagem gravíticas apresentam-se, na maioria dos casos, como uma solução fiável, económica e que não requer grandes operações de manutenção.

Existem, no entanto, situações para as quais a adoção destes sistemas não se revela tão adequada.

Em pequenos aglomerados populacionais, em zonas com terrenos planos, de nível freático elevado, em terrenos rochosos ou de menor qualidade, ou em zonas costeiras, as soluções convencionais gravíticas, por exigirem um diâmetro mínimo de 200 mm e uma inclinação mínima com andamento sempre descendente, podem conduzir a soluções muito onerosas. É sobretudo nestes casos que a aplicação das soluções não convencionais de drenagem de águas residuais sob vácuo se apresenta mais vantajosa, nomeadamente a nível económico.

Em Portugal, existem atualmente três sistemas de vácuo instalados. O primeiro sistema instalado encontra-se localizado no empreendimento turístico e campo de golfe da Aroeira em Almada, que se encontra em funcionamento desde o ano de 2000. Em junho de 2006, foi instalado o primeiro sistema na região do Algarve, na praia da Rocha em Portimão. O mais recente sistema instalado foi concluído em maio de 2011 e encontra-se localizado no empreendimento Villas Mourim em Carvoeiro, no Algarve.

Ao contrário dos sistemas convencionais gravíticos, os sistemas sob vácuo recorrem a um diferencial de pressão para proceder à captação e transporte das águas residuais. A permanência dos níveis de vácuo que asseguram o funcionamento do sistema é garantida através de bombas de vácuo que se localizam na estação de vácuo. A estação de vácuo constitui a única fonte de energia do sistema e é para esta que é encaminhada toda a água residual recolhida na rede. O sistema é constituído, para além da estação de vácuo, por uma rede de coletores e por dispositivos de interface.

Os sistemas sob vácuo apresentam diversas vantagens na redução do uso da água, dos custos do material, dos custos de construção e de manutenção. Os principais pontos fortes destes sistemas são: permitem o uso de tubagens de secção reduzida (entre 75 mm a 250 mm); não são influenciados pelo nível freático; permitem adaptar o perfil dos coletores ao do terreno natural porque o assentamento das tubagens é feito em valas de pequena dimensão e pouco profundas; consentem troços ascendentes; e evitam a ocorrência de infiltrações. A grande vantagem dos sistemas sob vácuo face aos sistemas gravíticos resulta da redução dos custos de escavação e dos custos energéticos pela substituição de várias estações elevatórias por uma única concentrada na estação de vácuo.

Na Figura 3.5 encontra-se representado um esquema que evidencia as vantagens que um sistema sob vácuo pode ter quando comparado com um sistema convencional.

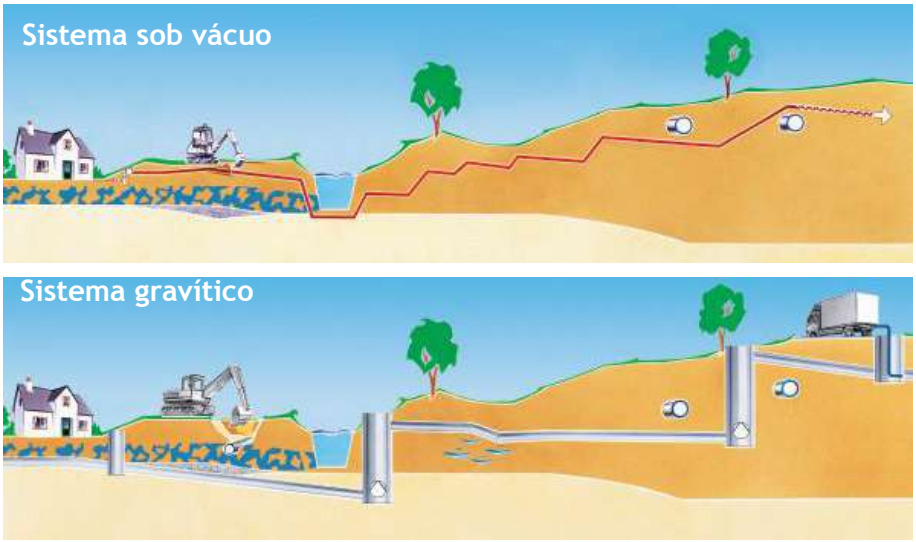


Figura 3.5 - Esquema de comparação entre um sistema gravítico e um sistema de drenagem sob vácuo (Roediger, 2009)

A aplicação de sistemas de drenagem sob vácuo pode apresentar-se particularmente vantajosa na drenagem dos esgotos domésticos das zonas ribeirinhas da cidade de Lisboa (ie. por exemplo na frente ribeirinha Algés-Alcântara) que, geralmente, são caracterizadas por serem zonas planas, com solos de má qualidade e sujeitas a níveis freáticos elevados.

3.3 Monitorização, controlo em tempo real e aviso

As atuais tendências de conceção e beneficiação de sistemas de drenagem unitários sugerem uma gestão avançada do comportamento dos sistemas para minimização dos custos de construção, manutenção e operação e para controlo dos impactos adversos resultantes das descargas diretas nos meios recetores. Este tipo de gestão otimiza as potencialidades do sistema, recorrendo à utilização de equipamentos automáticos e semiautomáticos, nomeadamente válvulas e adufas motorizadas, controladas em tempo real (em terminologia anglo-saxónica *real time control*). Para a sua implementação, é necessário dispor de ferramentas informatizadas que integrem informação precisa, exaustiva e atualizada do sistema.

Os sistemas de controlo em tempo real incluem cadastros informatizados, incluindo de sistemas de informação geográfica (SIG), redes de monitorização (para controlo da quantidade e qualidade da água), sistemas de teletransmissão da informação, atuadores (tais como válvulas e adufas motorizadas) e modelos de simulação. A informação que descreve o sistema e caracteriza o seu estado do sistema é utilizada, em conjunto com os dados de previsão meteorológica (em regra obtidos por imagens de radar), pelos modelos matemáticos do sistema para prever os caudais futuros e recomendar ações de operação que são telecomandadas, em tempo real, através de atuadores automáticos.

Os sistemas informatizados de cadastro devem abranger, para além da cartografia pertinente, uma extensa base de dados referente à localização, características, dados hidráulicos, altimetria e estado de conservação das diversas infraestruturas (como coletores, bacias, comportas, válvulas, descarregadores, estações elevatórias e sensores instalados).

No que se refere aos sistemas de monitorização, devem ser instalados em secções criteriosamente selecionadas da rede de drenagem. A informação dos sensores deve servir propósitos de projeto, exploração e manutenção, de forma a permitir gerir, a custos mínimos e de forma sustentável, o controlo de inundações e a redução de riscos de poluição. Durante a gestão de uma situação de emergência, esta informação é transmitida ao centro de controlo, auxiliando a tomada de decisões de operação das diversas infraestruturas que integram o sistema, como o acionamento de comportas, válvulas e grupos eletrobomba.

Na Figura 3.6 e na Figura 3.7 apresentam-se, a título exemplificativo, fotografias do Centro de Supervisão e imagem do sistema de informação geográfica de Barcelona.

Figura 3.6 - Centro de supervisão de uma cidade europeia

Figura 3.7 - Extrato de sistema de informação geográfica da cidade de Barcelona

No caso de Lisboa, o sistema deve evoluir de forma a dispor de uma rede de supervisão com sensores convenientemente calibrados para recolha de dados (alturas de água, caudais e qualidade da água), com transmissão de informação para possibilitar a modelação matemática de predição de caudais que suporte um sistema de aviso e alerta, com atuadores automáticos, que permitam o telecomando.

A rede da CML deve funcionar de modo integrado com as redes de monitorização da precipitação existentes, nomeadamente do IPMA e da APA, assim como com o sistema gerido pelas Águas de Lisboa e Vale do Tejo (anterior Simtejo), a fim de se otimizarem as potencialidades globais do sistema integrado.

A informação dos sensores deve servir os vários propósitos das fases de projeto, operação e de manutenção, e deve permitir controlar, a custos mínimos e de forma sustentável, as inundações e riscos de poluição do rio Tejo, melhorando a qualidade de vida dos habitantes de Lisboa e o ambiente em geral.

4 INFORMAÇÃO E DADOS DE BASE

4.1 Área servida

A área de interesse para o Plano Geral de Drenagem de Lisboa tem 10 239 ha e abrange todo o concelho de Lisboa e parcelas dos concelhos da Amadora, Oeiras e Loures. O Quadro 4.1 apresenta a distribuição da área do PGDL pelos vários concelhos. 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 as águas do concelho de Lisboa, através da Calçada de Carriche. O Desenho 01 apresenta a implementação geral do PGDL.

Quadro 4.1 - Distribuição da área do PGDL por concelho

Concelho	Área (ha)	Área (%)	Percentagem do concelho abrangida pela área servida pelo PGDL(%)
Lisboa	8426	82	100,0
Amadora	1131	11	48,0
Oeiras	634	6	14,0
Loures	48	1	0,5
Total	10 239	100	--

4.2 Hipsometria e hidrografia

A área abrangida pelo Plano Geral de Drenagem de Lisboa desenvolve-se num território que varia entre 0 m de altitude, na zona ribeirinha, e 250 m, em Monsanto e cabeceiras da bacia de drenagem de Alcântara, no concelho da Amadora (Figura 4.1; Desenho 02).

O Quadro 4.2 mostra a distribuição da altitude na área abrangida pelo PGDL e no concelho de Lisboa. A altitude média na área abrangida pelo PGDL é 80 m, estando cerca 75% da área abaixo de 100 m e 3% abaixo dos 5 m. No concelho de Lisboa, a altitude média diminui para 76 m, a percentagem da área abaixo dos 100 m mantém-se, mas duplica a percentagem da área do concelho abaixo dos 5 m.

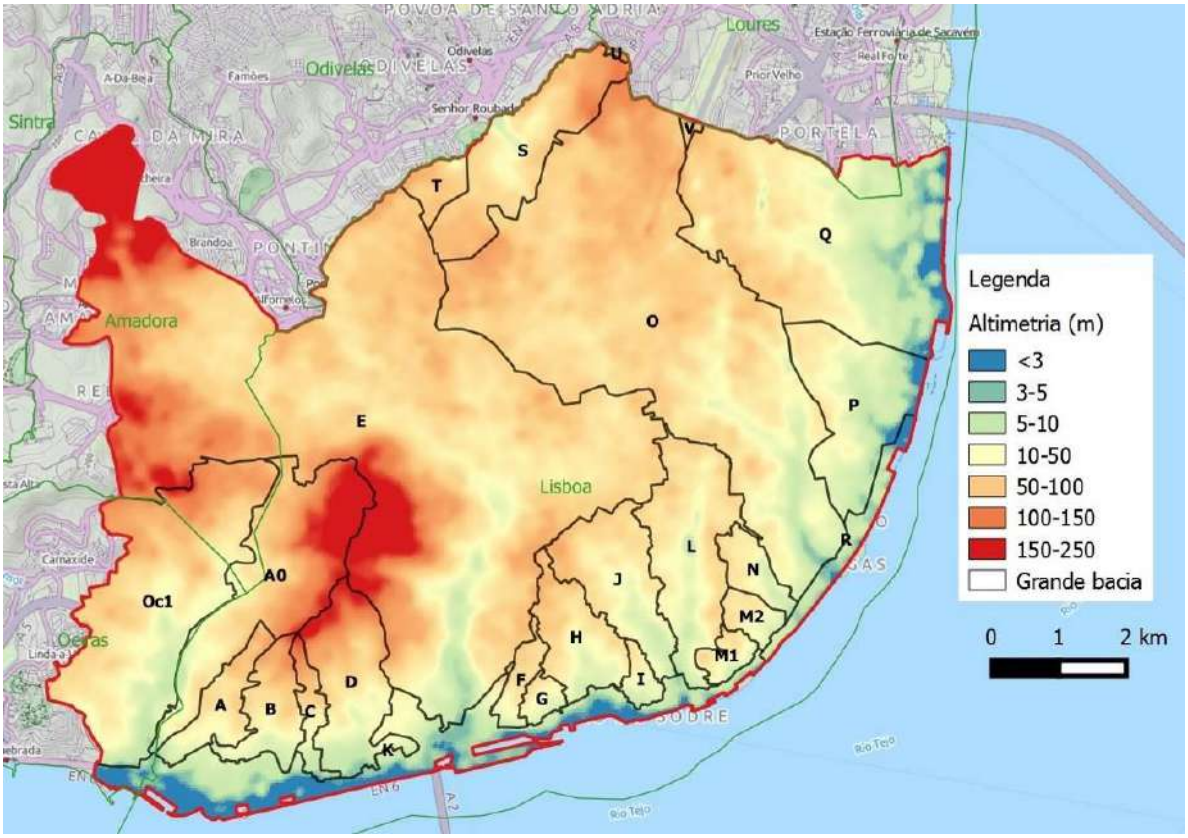


Figura 4.1 – Carta hipsométrica

Quadro 4.2 – Distribuição da altitude na área abrangida pelo PGDL

Classe de altitude (m)	Área abrangida pelo PGDL		Lisboa	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
<3	159	1,6	25	0,3
3 - 5	116	1,1	494	5,8
5 - 10	357	3,5	201	2,4
10 - 50	1810	17,7	1 362	16,1
50 - 100	5151	50,3	4 300	50,8
100 - 150	1996	19,5	1 735	20,5
150 - 250	650	6,3	341	4,0
Total	10 239	100,0	8 459	100,0

4.3 Sistemas de drenagem e bacias associadas

4.3.1 Enquadramento

A orografia do terreno determina três grandes sistemas: 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 o 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 de Loures, e a Zona Ribeirinha, junto ao Tejo (Figura 4.2).

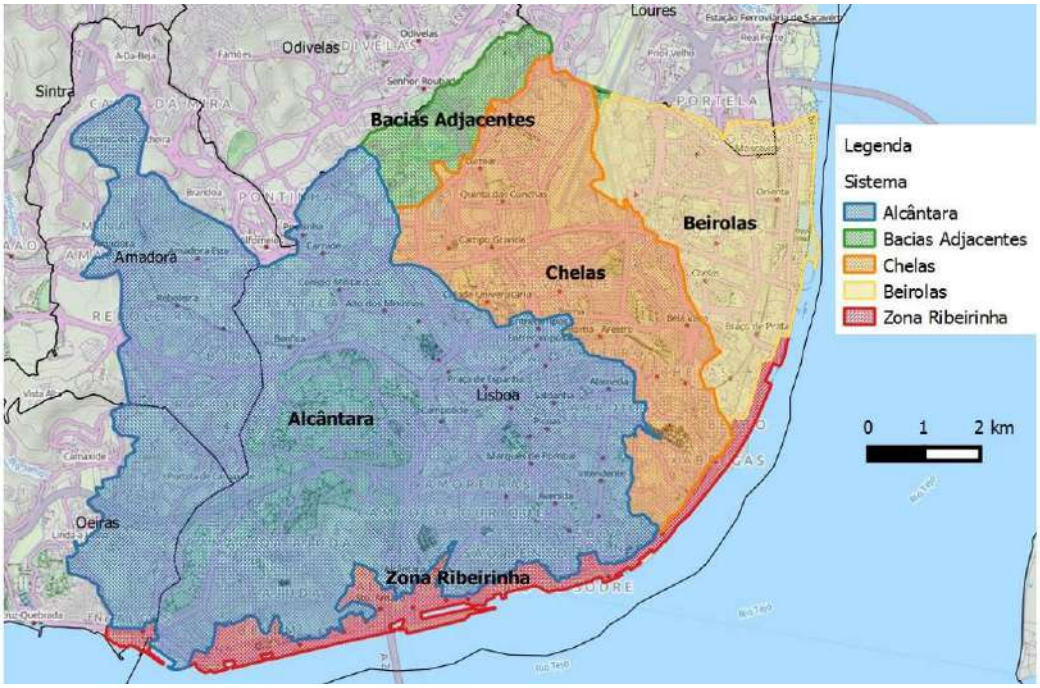


Figura 4.2 - Sistemas de drenagem domésticos

Nos estudos e projetos já realizados, os sistemas de drenagem acima referidos têm sido divididos no conjunto de bacias de drenagem apresentado na Figura 4.3. 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 4.3 apresenta as áreas de cada uma destas bacias de drenagem.

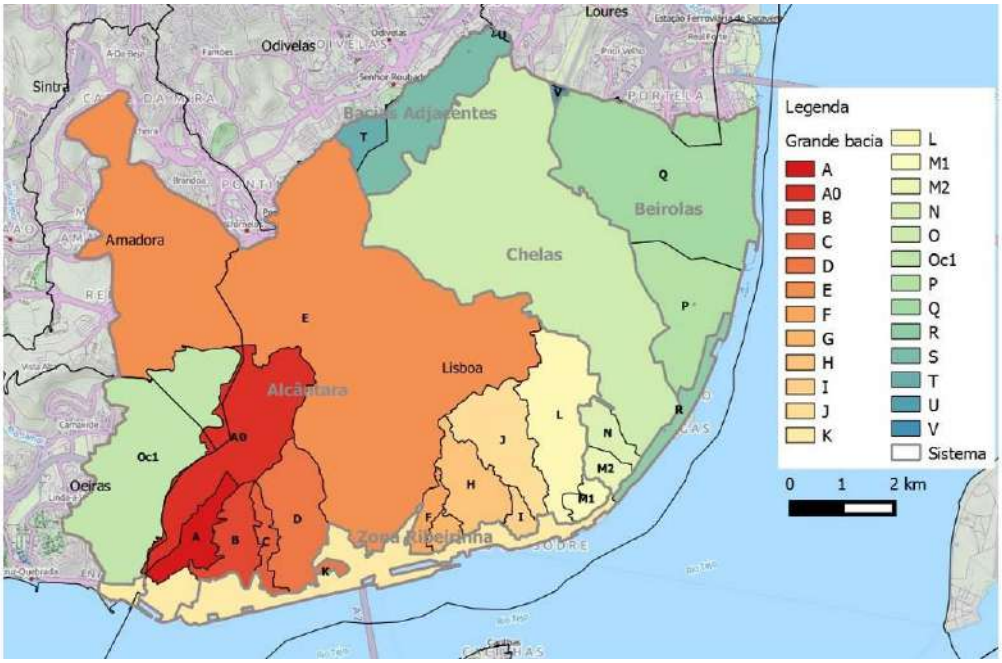


Figura 4.3 – Grandes bacias e bacias

Quadro 4.3 - Área das bacias de drenagem

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**
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**

4.3.2 Sistema de Alcântara

4.3.2.1 *Caracterização geral*

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 4.4 apresenta uma planta do Sistema de Alcântara em que se identificam a zona 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.

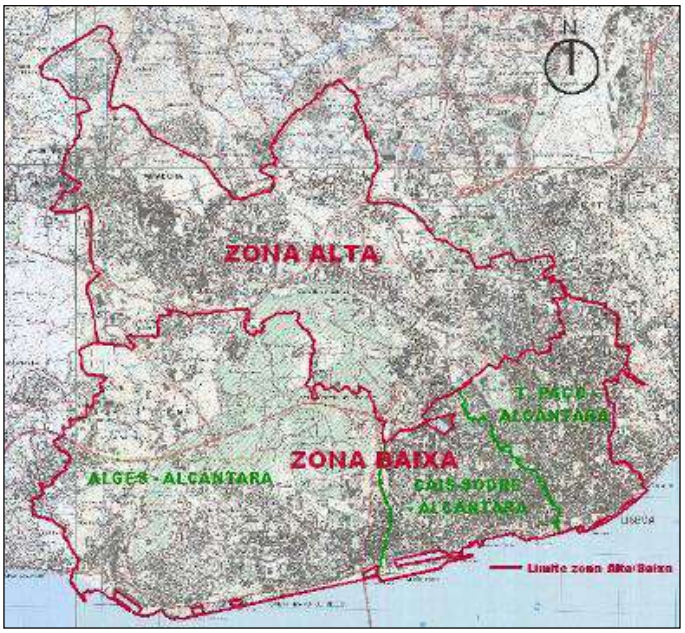


Figura 4.4- Sistema de Alcântara: zona alta e baixa e principais frentes de drenagem da zona base

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.

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 águas pluviais.

4.3.2.2 *Bacias associadas*

Bacia A (Algés)

Os coletores pluviais da bacia A descarregam para a ribeira de Algés, localizada no concelho de Oeiras e que se encontra canalizada. O sistema de drenagem foi construído como separativo na Av. Vasco da Gama, embora se verifique que o sistema tem funcionado como unitário.

A bacia A subdivide-se em cinco sub-bacias que perfazem uma área total de 119 ha e servem aproximadamente 3000 habitantes, a rede tem uma extensão total de aproximadamente 21,6 km, e a gama de diâmetros mais comum é de 400-600 mm. A construção da rede de drenagem nesta bacia data, maioritariamente, de 1971-1980.

Bacia B (Jerónimos)

A bacia B inclui a zona dos Jerónimos e Restelo, subdividindo-se em 7 sub-bacias que perfazem uma área total de 138,5 ha. A rede serve uma população de cerca de 9000 habitantes. A bacia B dispõe de pequenas zonas de drenagem separativas que drenam para um sistema de drenagem unitário, sendo a gama de diâmetros mais comum de 200-300 mm. A extensão da rede é aproximadamente 29,8 km e, embora a construção em certas zonas seja anterior a 1919, uma parte significativa data de 1971-1980.

Bacia C (Ajuda)

A bacia C dispõe de um sistema de drenagem unitário. Esta bacia subdivide-se em 5 sub-bacias que perfazem uma área total de 60,5 ha. A rede, que serve uma população de 4500 habitantes, possui uma extensão de cerca de 9,1 km, sendo a gama de diâmetros mais comum de 1000-2000 mm. No que diz respeito à construção da rede, crê-se que cerca de 70% seja anterior a 1919.

Bacia D (Cordoaria)

A bacia D abrange uma área total de 273 ha, serve aproximadamente 17 500 habitantes e dispõe de um sistema de drenagem unitário (embora o pólo da UTL disponha de um sistema separativo). A extensão da rede é de aproximadamente 33 250 m. A gama de diâmetros mais comum da rede de drenagem é de 200-300 mm, tendo, maioritariamente, data de construção anterior a 1919.

Bacia E (Alcântara)

É a maior bacia hidrográfica da cidade, com uma área atual de cerca de 3200 ha. No último quartel do século passado, foi construído o túnel Campo Grande-Chelas, que desvia parte dos caudais da bacia E (correspondentes a uma sub-bacia de cerca de 1000 ha) para a bacia de Chelas (bacia O). O túnel desenvolve-se a partir de Entrecampos, passa sob a Avenida Gago Coutinho e segue pelo Vale de Chelas, apresentando 5 km de extensão.

Nas sub-bacias de montante (pertencentes ao concelho de Amadora), a rede é maioritariamente separativa. Contudo, no concelho de Lisboa, as redes são, em regra, unitárias, apesar da existência de rede separativa no pólo do Instituto Superior de Agronomia (ISA).

A principal estrutura de drenagem apresenta uma secção do tipo "Caneiro" com abóbadas, cujos impulsos são suportados pelos encontros, e de soleira com revestimento simples. Refere-se ainda que o troço marítimo não apresenta soleira em betão, crendo-se que, após reabilitação e desassoreamento.

Atualmente é possível descrever quatro ramos distintos na estrutura principal do Caneiro de Alcântara: Benfica–Campolide, Avenidas-Novas, Campolide-Alcântara e Marítimo.

O ramo Benfica-Campolide tem início na Estrada Militar e desenvolve-se até ao Calhariz, passando pela Av. Gomes Pereira e terminando em S. Domingos de Benfica. Dadas as fortes inclinações do terreno e para limitar as velocidades de escoamento, os coletores foram implantados com rampas de transição entre trainéis, com inclinação de 0,10 m/m.

Ao longo do ramo Benfica-Campolide existem 16 ramais afluentes ao Caneiro, sendo os que drenam bacias de maior dimensão provenientes da Av. Jorge Barradas, Av. do Uruguai, Av. do Colégio Militar, Estrada Calhariz de Benfica e Rua Inácio de Sousa.

O ramal das Avenidas-Novas desenvolve-se entre Sete Rios e Campolide e apresenta igualmente alguns problemas de desgaste ao nível das soleiras e paredes. A ligação entre o ramo Benfica-Campolide e o Ramal das Avenidas Novas ocorre através de uma confluência. A este ramal afluem dois coletores principais, um que tem origem na Estrada da Luz e outro que passa pela Av. 5 de Outubro e chega à Av. Columbano Bordalo Pinheiro através da Av. de Berna.

O ramo Campolide-Alcântara inicia-se na confluência e termina na Estação da C.P.. Até à Estação da C.P. o Caneiro apresenta um estado de conservação razoável e um funcionamento adequado. Para jusante, o Caneiro desenvolve-se até ao rio Tejo, mantendo as rampas de transição ao longo do percurso. A este ramal afluem oito ramais principais, sendo os que transportam mais caudal o coletor da R. Arco Carvalhão, R. da Cruz a Alcântara, R. do Alvito, R. D. Maria Pia e R. da Cozinha Económica.

Atualmente, na proximidade da ETAR de Alcântara, na Av. de Ceuta, o Caneiro dispõe de um muro transversal com cerca de 1,30 m de altura, que funciona como um descarregador/intercetor, desviando o caudal para a ETAR.

A jusante da ETAR, e até ao rio Tejo, desenvolve-se, na parte final, o troço marítimo, que se encontra construído em alvenaria.

Da Estação de Alcântara-Terra até ao Largo de Alcântara, o pé-direito do Caneiro apresenta fundações diretas nas areias sub-aluvionárias. Do Largo de Alcântara até à margem, a cobertura é feita por abóbada rebaixada, com os encontros fundados sobre estacaria.

Bacia F (Estrela e Av. Infante Santo)

A bacia hidrográfica F inclui as zonas da Estrela e da Av. Infante Santo e apresenta uma área com 54,5 ha. A rede, de cariz unitário, serve uma população de 7700 habitantes, tem uma extensão aproximada de 11 610 m, com gama de diâmetros mais frequente de 400-600 mm. Crê-se que praticamente todos os coletores da bacia foram construídos entre 1919 e 1945.

Bacia G (Lapa)

Esta bacia subdivide-se em 2 sub-bacias, que perfazem uma área total com 35 ha. A população servida é de cerca de 3800 habitantes. A rede, de cariz unitário, apresenta uma extensão aproximada de 7490 m, sendo a gama de diâmetros mais comum de 400-600 mm. Cerca de 50% da rede foi construída entre 1919 e 1945.

Bacia H (Lapa-Santos)

A bacia H abrange uma área total com 179 ha e serve aproximadamente 24 200 habitantes, incluindo a zona de Lapa e Santos. A rede apresenta 36 077 m de coletores, sendo a gama de diâmetros mais comum de 400 a 600 mm. Grande parte da rede desta bacia foi construída antes de 1919 e tem funcionamento unitário.

Bacia I (R. do Alecrim – Cais do Sodré)

A bacia apresenta uma área total com 37,2 ha e serve cerca de 5800 habitantes, abrangendo a zona da R. do Alecrim – Cais do Sodré. A rede da bacia, de funcionamento unitário, tem uma extensão aproximada de 13 470 m, sendo a gama de diâmetros mais frequente de 400-600 mm. Crê-se que cerca de 60% dos coletores tenham sido construídos entre 1919 e 1945.

Bacia J (Av. da Liberdade)

A bacia J drena uma área com 250 ha, incluindo as sub-bacias da Av. da Liberdade e da Rua de Santa Marta/Rua de S. José. A rede, que apresenta funcionamento unitário, tem uma extensão total de 54 km e serve cerca de 18 000 habitantes. Aproximadamente 85% terá sido construída antes de 1919. A gama de diâmetros mais comum é 1000-2000 m.

Bacia L (Av. Almirante de Reis)

A bacia L inclui as sub-bacias da Av. Almirante de Reis e Martim Moniz, abrangendo uma área total com 347 ha. A rede tem uma extensão de cerca de 79 500 m e comportamento unitário, sendo a gama de diâmetros mais frequente de 400-600 mm. Crê-se que cerca de 45% dos coletores tenham sido construídos antes de 1919. A rede serve cerca de 58 400 habitantes.

Bacia M1 (Alfama)

A bacia M1, de cariz unitário, apresenta uma área total com 46,3 ha e inclui uma rede com aproximadamente 12 650 m de extensão. A gama de diâmetros mais comum é de 400-600 mm. Na sua maioria, a rede foi construída entre 1946-1960. A rede serve cerca de 7 800 habitantes.

4.3.3 Sistema de Chelas

4.3.3.1 Caracterização geral

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 cerca de 26,2 km², incluindo já a contribuição da parte de montante da bacia de Alcântara, 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.

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 elevatórias (também pertencentes ao sistema "em alta"), contribui para a elevada complexidade desta Bacia.

Os caudais separativos provenientes da zona designada por Alta de Lisboa drenam para coletores unitários da Alameda das Linhas das 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.

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 4.5 apresentam-se as principais bacias e sub-bacias de drenagem do sistema de Chelas.

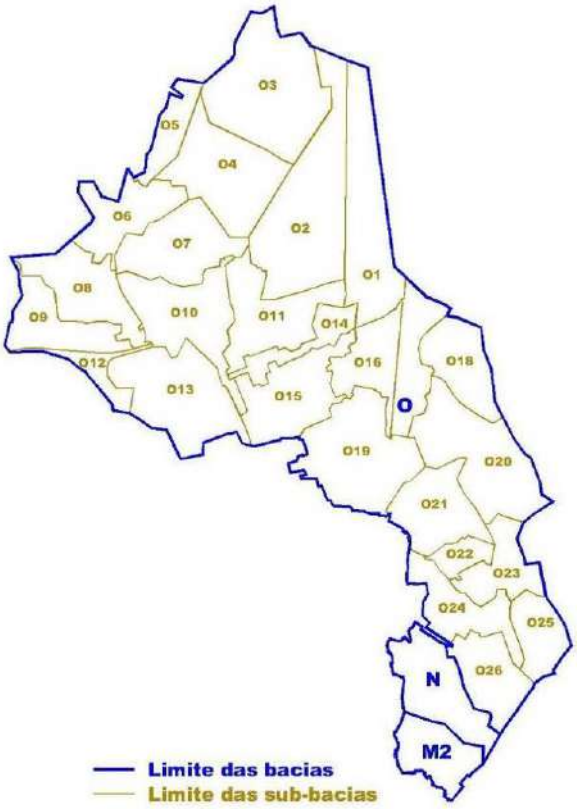


Figura 4.5 - Sistema de Chelas: principais bacias de drenagem (M2, N e O) e sub-bacias

O sistema intercetor de Chelas (SIMTEJO) inclui, designadamente, as seguintes componentes principais:

- A sul da ETAR:

  a) Intercetor de diâmetro variável, entre 400 e 700 mm;

  b) Quatro instalações elevatórias, enterradas, localizadas próximo do cruzamento das Ruas Diogo do Couto com a Bica do Sapato (EE08, com 3 grupos eletrobomba submersíveis), próximo do cruzamento da Av. Mouzinho de Albuquerque com a Rua de Santa Apolónia (EE09), no Largo Marquês de Nisa (EE10, com 3 grupos eletrobomba submersíveis) e no cruzamento do Beco dos Toucinheiros com a Rua de Xabregas (EE11);

  c) Oito descarregadores de desvio do caudal doméstico das redes unitárias para o sistema intercetor.

- A norte da ETAR:

  a) Intercetor de dimensão que varia entre 500 mm, a ovóide 0,80 m x 1,20 m até 1200 mm;

  b) Quatro descarregadores de desvio do caudal doméstico das redes unitárias para o sistema intercetor.

c) Três descarregadores de desvio do caudal doméstico do intercetor para os coletores unitários (estes descarregadores não estão normalmente em funcionamento, servem apenas como recurso).

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.

A rede principal que constitui o Sistema de Chelas 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.

4.3.3.2 *Bacias associadas*

Bacia M2 (Graça – Santa Apolónia)

A Bacia M2 desenvolve-se a sudeste da freguesia dos Anjos até Santa Apolónia.

A rede principal que constitui esta bacia de drenagem desenvolve-se pelas Ruas do Vale de Santo António, Diogo do Couto e Calçada de Santa Apolónia, terminando no troço M2.T040 que liga à bacia de drenagem R.

Figura 4.6 - Fotografia aérea da Bacia M2

A extensão total da rede tem 585 m, sendo de conceção unitária até ao nó M2.N040 e pseudo-separativa para jusante, uma vez que o nó é um descarregador de tempestade. As águas residuais domésticas intercetadas por este descarregador são conduzidas a uma estação elevatória do Sistema Intercetor de Chelas (SIMTEJO). A dimensão da rede varia entre oval,

com diâmetros entre 800 x 1200 mm, 900 x 1350 mm e 1000 x 1500 mm. Na Calçada de Santa Apolónia a tubagem é Circular com diâmetro de 1000 mm.

Bacia N (Penha de França - Av. Mouzinho Albuquerque)

A Bacia N desenvolve-se desde a Penha de França até Santa Apolónia, a nordeste da Bacia M2. As redes de drenagem desta bacia são de conceção unitária, com ligações ao coletor unitário principal implantado na Av. Mouzinho de Albuquerque.

Figura 4.7 - Fotografia aérea da Bacia N

A extensão total da rede principal modelada é de cerca de 2 km, iniciando-se no nó N.N010 e terminando no nó R.N280 (bacia de drenagem R). A sua dimensão varia entre oval 900 x 1350 mm e oval 2100 x 2300 mm.

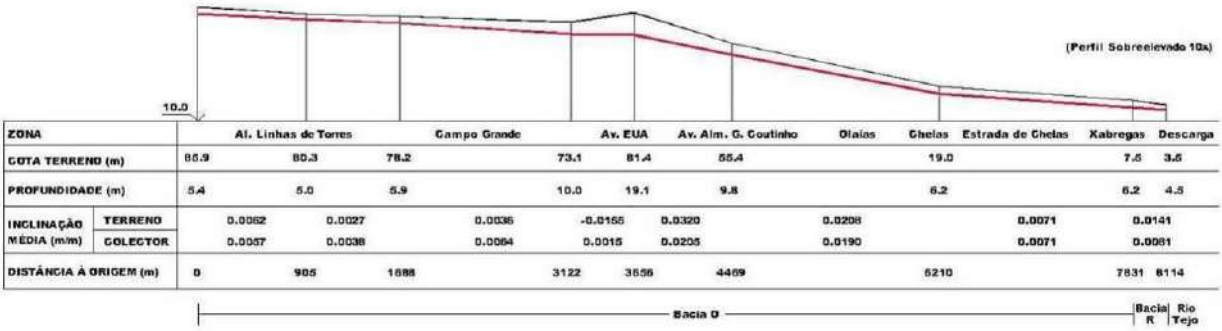
Bacia O (Campo Grande – Chelas)

Esta bacia é a segunda maior do sistema de drenagem de Lisboa, apresentando uma elevada diversidade de patologias distribuídas pelos seus cerca de 1851 ha. Em termos de rede principal modelada, a bacia tem a maior percentagem de troços separativos, designadamente, 20% domésticos e 50% pluviais (sendo os restantes 30% unitários).

As zonas com redes de drenagem concebidas como separativas são Telheiras, Alto do Lumiar (Alta de Lisboa), parte do Lumiar e parte de Chelas e as zonas com redes unitárias são Cidade Universitária, Alvalade (entre a Av. do Brasil e a Av. Estados Unidos da América), Av. de Roma (e zona envolvente) e a restante parte de Chelas e do Lumiar.

A extensão da rede principal da bacia O, tem cerca de 53 km. O seu troço principal com cerca de 8 km, inicia-se na Alameda das Linhas de Torres, percorre o Campo Grande, a Av. Estados Unidos da América e termina em Xabregas (na Rua Gualdim Pais). Na Figura 4.8 apresenta-se a implantação do troço principal e na Figura 4.9 o respetivo perfil simplificado.

Figura 4.8 – Coletor principal da rede principal da Bacia O



ZONA		Al. Linhas de Torres		Campo Grande		Av. EUA	Av. Alm. G. Coutinho	Olaias	Chelas	Estrada de Chelas	Xabregas	Descarga
COTA TERRENO (m)		86.9	80.3	78.2	73.1	81.4	55.4		19.0		7.5	3.5
PROFUNDIDADE (m)		5.4	5.0	5.9	10.0	19.1	9.8		6.2		6.2	4.5
INCLINAÇÃO MÉDIA (m/m)	TERRENO	0.0062	0.0027	0.0036	-0.0155	0.0320		0.0208		0.0071	0.0141	
	COLECTOR	0.0057	0.0038	0.0064	0.0015	0.0205		0.0190		0.0071	0.0081	
DISTÂNCIA À ORIGEM (m)		0	905	1688	3122	3656	4469		5210		7831	8114

Figura 4.9 – Perfil simplificado do coletor principal da rede principal da Bacia O

Este coletor apresenta uma secção com 2600 x 2900 mm na Alameda das Linhas de Torres tipo Nova II (ribeira canalizada), aumentando para 3200 x 3600 mm no Campo Grande, para 3400 x 3700 mm na Av. Estados Unidos da América e para 3650 x 4000 mm na Estrada de Chelas. Já na Rua Gualdim Pais, próximo do Largo de Nisa, o Nova II divide-se em duas secções retangulares com 4200 x 1750 mm cada e mantém-se assim até à ligação à bacia R.

Na Figura 4.10 localiza-se a descarga do coletor principal da rede modelada. Nesta foto aérea, é possível identificar a “pluma” do efluente ao descarregar no Rio Tejo.

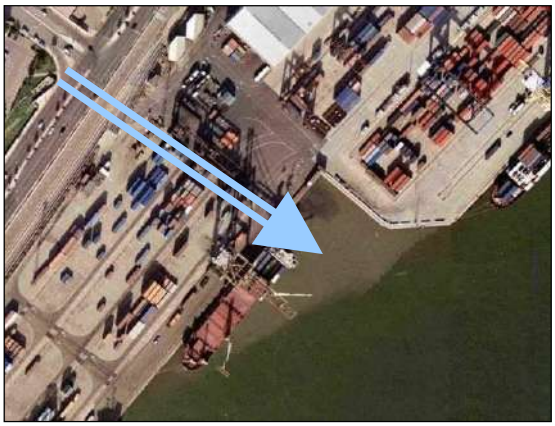


Figura 4.10 – Bacia O: foto aérea da zona de descarga do coletor principal

No Parque Urbano Oeste do Alto do Lumiar, foi construída uma bacia de retenção, dimensionada para cerca de 25 000 m³, com o objetivo de regularizar o caudal pluvial proveniente da zona norte desta nova urbanização. Com esta bacia, pretendia-se atender à falta de capacidade das infraestruturas existentes a jusante, nomeadamente o unitário Nova II da Alameda das Linhas das Torres. Por inexistência de um sistema de controlo de caudal, esta bacia não tem atualmente um funcionamento adequado, tendo como consequência inundações na Alameda das linhas de Torres.

Figura 4.11 – Parque Urbano Oeste do Alto do Lumiar - configuração da bacia de retenção construída

Na Alameda das Linhas das Torres existem, para além do Nova II já referido e que se desenvolve no centro do arruamento, dois coletores de drenagem de águas residuais domésticas instalados um de cada lado do Nova II.

O coletor implantado à direita da ribeira no sentido de escoamento, inicia-se no Alto do Lumiar (PUAL), com uma secção circular com diâmetro de 500 mm. Após algumas variações nas dimensões e tipo de secção, no Campo Grande, já com uma secção com diâmetro de 700 mm, afasta-se da ribeira no sentido da Av. Padre Cruz, onde liga ao coletor Nova II proveniente de Telheiras, que, por sua vez, descarrega na ribeira no nó O.N0140.

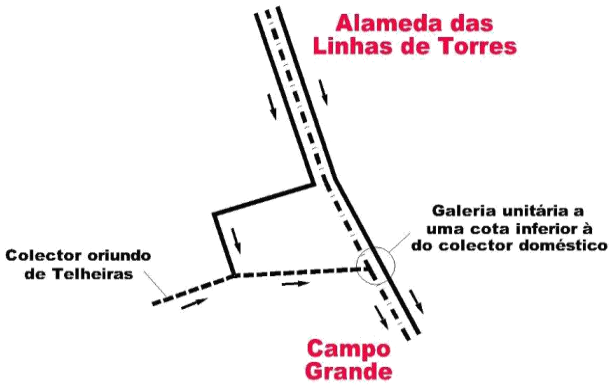


Figura 4.12 – Bacia O – Alameda das Linhas de Torres – Campo Grande: esquema da situação atual

O coletor implantado à esquerda da ribeira, no sentido de escoamento, acompanha o traçado do Nova II desde a Alameda das Linhas das Torres até à zona do Beato (Estrada de Chelas), onde liga ao Intercetor da SIMTEJO, no nó O.N1420. O coletor inicia-se com uma secção circular DN 700 na Alameda, aumenta para uma secção ovóide 1200 x 1800 mm no Campo Grande, nó O.N1320 e na Av. Estados Unidos da América passa a uma secção circular DN 1000 (nesta Avenida a ribeira e o coletor doméstico têm o mesmo alinhamento, estando o coletor inserido por baixo da ribeira, com 1,70 m de afastamento entre soleiras). Por fim, passa a uma secção ovóide 800 x 1200 mm até à Estrada de Chelas.

4.3.4 Sistema de Beirolas

4.3.4.1 *Caracterização geral*

O Sistema de Beirolas desenvolve-se entre o aeroporto de Lisboa, a zona do Beato, o concelho de Loures e o Parque das Nações. Drena toda a freguesia de Santa Maria dos Olivais, parte da Freguesia de Marvila e uma parte do concelho de Loures. A área total de drenagem desta bacia é de cerca de 29,70 km², sendo 11,91 km² no município de Lisboa.

A rede de coletores que constitui o sistema de Beirolas apresenta, na sua maioria, trechos unitários, embora também existam trechos pseudo-separativos e separativos, nomeadamente na zona dos Olivais Norte, Olivais Sul, Encarnação e no Parque das Nações. Também as zonas mais antigas do concelho de Loures (Moscavide, Sacavém e Prior Velho) são maioritariamente constituídas por redes unitárias.

A diversidade de infraestruturas que estas redes integram em ambos os concelhos (Lisboa e Loures), tais como sistemas elevatórios de rede e descarregadores, destinados a desviar os efluentes domésticos das redes unitárias e a conduzi-los aos intercetores (infraestruturas que pertencem ao sistema "em alta") ou aos sistemas elevatórias, também pertencentes ao sistema "em alta", contribui para a elevada complexidade desta Bacia.

De uma maneira geral, as redes separativas são ligadas a coletores unitários, existindo a jusante descarregadores, onde se efetua a separação dos caudais domésticos e pluviais, sendo os primeiros conduzidos à ETAR de Beirolas, pelo sistema "em alta" e os segundos descarregados no rio Tejo. A zona do Parque das Nações é a exceção, uma vez que não

existem descarregadores, já que a rede doméstica está ligada, graviticamente ou com pequenos sistemas elevatórios, diretamente ao sistema intercetor. À ETAR de Beirolas afluem também caudais, por intermédio de sistemas elevatórios, pertencentes à bacia P do concelho de Lisboa.

Na Figura 4.13 apresentam-se, para o concelho de Lisboa, as principais bacias e sub-bacias de drenagem do sistema de Beirolas.

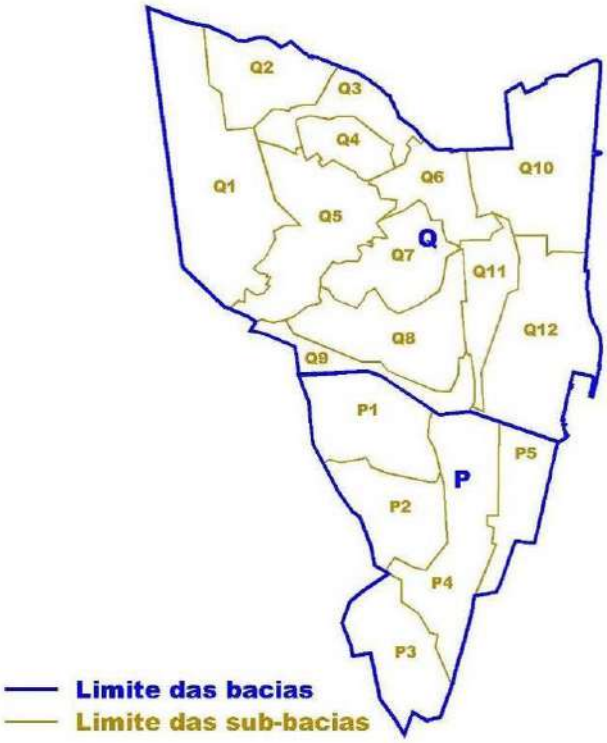


Figura 4.13 - Sistema de Beirolas: principais bacias e sub-bacias de drenagem no concelho de Lisboa

O sistema intercetor de Beirolas (SIMTEJO/AdLVT) inclui, designadamente, as seguintes componentes principais:

- No concelho de Lisboa:

  a) Intercetor de diâmetro variável, entre 400 e 1200 mm;

  b) Seis instalações elevatórias, enterradas, localizadas na Rua do Açúcar, próximo do Centro de Formação Profissional (EE12), entre a R. Mar e a R. Cintura do Porto de Lisboa, próximo da GNR (EE13), entre a R. Três-Matinha e R. Cintura do Porto de Lisboa (EE14), no Passeio dos Argonautas - Parque das Nações - (EE15, com 4 grupos eletrobomba instalados em poço seco), entre a Al. dos Oceanos e a Via de Moscavide - Parque das Nações - (EE16, com 4 grupos eletrobomba instalados em poço seco) e no Passeio dos Heróis do Mar - Parque das Nações - (EE17);

  c) Dezasseis descarregadores de desvio do caudal doméstico das redes unitárias para o sistema intercetor;

d) Um descarregador de desvio do caudal doméstico do intercetor para o coletor pluvial (este descarregador não tem válvula de seccionamento, pelo que entra facilmente em funcionamento);

e) Um sifão no cruzamento da Alameda dos Oceanos com a Avenida de Ulisses.

- No concelho de Loures:

a) Intercetor de diâmetro variável, entre 400 e 1200 mm;

b) Duas instalações elevatórias, enterradas, localizadas no Caminho das Cegonhas, junto à ETAR (EE6, com 2 grupos eletrobomba submersíveis), e na Praça Gago Coutinho, próximo do rio Trancão (EE4);

c) Dois descarregadores de desvio do caudal doméstico das redes unitárias para o sistema intercetor.

Os caudais domésticos afluentes à EE17, que se localiza na fronteira dos concelhos de Lisboa e de Loures, são provenientes de ambos os concelhos. Existe também um descarregador de tempestade localizado no concelho de Lisboa, cujo caudal afluente é proveniente de Moscavide (concelho de Loures). É ainda de referir que o sistema intercetor, na zona do Parque das Nações, tem duas ligações aos coletores pluviais, que funcionam como recurso.

O tratamento dos efluentes domésticos desta bacia é realizado na ETAR de Beirolas, localizada na plataforma de Beirolas. Esta estação de tratamento foi projetada para servir uma população total de 250 000 habitantes equivalentes, com um caudal máximo da ordem de 1 m^3/s.

Da rede principal modelada no sistema de Beirolas, com cerca de 26 km de extensão, verificou-se que 50% corresponde a troços separativos (49% são pluviais) e os outros 50% a troços unitários.

Em termos de drenagem pluvial, as bacias P e Q são totalmente distintas, uma vez que cada uma delas tem descarga própria para o rio ou para a bacia de drenagem a jusante, bacia R.

4.3.4.2 *Bacias associadas*

Bacia P (Poço do Bispo)

A Bacia P desenvolve-se desde o Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL), em Chelas, até à Rua Cintura do Porto de Lisboa, na zona ribeirinha. A este da bacia P encontra-se o Bairro Madre de Deus, em Marvila (bacia O), e a oeste a Av. Marechal Gomes da Costa (bacia Q).

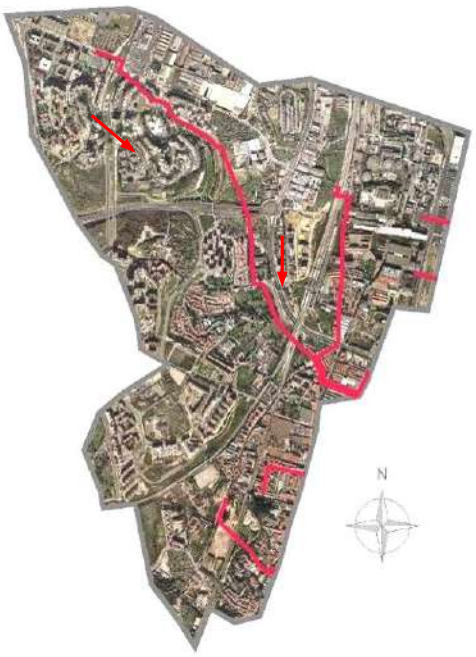


Figura 4.14 - Fotografia aérea da Bacia P com traçado simplificado da rede principal

De seguida, apresentam-se as principais características dos diversos troços que integram esta rede:

- A rede P.N450-R.N090 tem uma extensão total de 660 m, inicia-se nos nós P.N480 e P.N490, na Estrada de Marvila, e termina no nó R.N090 (bacia de drenagem R) entre a Rua do Beato e a Av. Infante D. Henrique. O nó P.N460 é um descarregador de tempestade, que separa os caudais domésticos para o Sistema Intercetor de Beirolas (SIMTEJO/AdLVT);
- A rede P.N400-R.N070 tem uma extensão total de 530 m, inicia-se nos nós P.N400 e P.N420 nas Ruas Capitão Leitão e Afonso Penedo, respetivamente, e termina no nó R.N070 (Bacia de Drenagem R) entre a Av. Infante D. Henrique e o Porto de Lisboa. O nó P.N415 é um descarregador de tempestade, que separa os caudais domésticos para o Sistema Intercetor de Beirolas (SIMTEJO/AdLVT);
- A rede P.N020-R.N040 (troço principal) tem uma extensão total de 4680 m, inicia-se no nó P.N020, na Rua Conselheiro Emídio Navarro (junto ao ISEL) e termina no nó R.N040 (bacia de drenagem R) na Rua Cintura do Porto de Lisboa. As bacias que drenam para esta rede são na sua maioria separativas, existindo inclusivamente um coletor doméstico a acompanhar o traçado da rede principal, entre os nós P.N020 e P.N120. O caudal transportado pelo coletor doméstico está desviado para a rede principal e é descarregado no rio Tejo sem tratamento;
- O troço P.N390-R.N040 (afluente ao troço principal, nó R.N040) tem uma extensão total de 370 m, inicia-se no nó P.N390 na Rua Pereira Henriques e termina no nó R.N040 (bacia de drenagem R) na Rua Cintura do Porto de Lisboa. O nó P.N395 é um descarregador de tempestade, que separa os caudais domésticos para o Sistema Intercetor de Beirolas;

- A rede P.N270-R.N010 tem uma extensão total de 1340 m, inicia-se no nó P.N270, que se localiza a montante da linha férrea, próximo da Rua Vale Formoso de Baixo e termina no nó R.N010 (bacia de drenagem R) na Rua do Mar. O nó P.N265 é um descarregador de tempestade, que separa os caudais domésticos para o Sistema Intercetor de Beirolas, na Rua Zófimo Pedroso;
- As redes P.N320-P.N330 e P.N300-P.N310 são constituídas por um troço cada, localizado entre a Rua Cintura do Porto de Lisboa e a descarga no Rio Tejo.

O Sistema Intercetor de Beirolas abrangido por esta bacia inclui três estações elevatórias e ainda o sistema gravítico que conduz os caudais residuais domésticos intercetados na bacia P à bacia Q.

Bacia Q (Av. de Berlim – Parque das Nações)

A bacia Q desenvolve-se desde o aeroporto de Lisboa até ao Parque das Nações (zona ribeirinha). A este da bacia Q encontra-se a Av. Marechal Gomes da Costa (bacias O e P), e a oeste a Av. Dr. Alfredo Bensaúde e o limite do concelho de Lisboa (concelho de Loures).

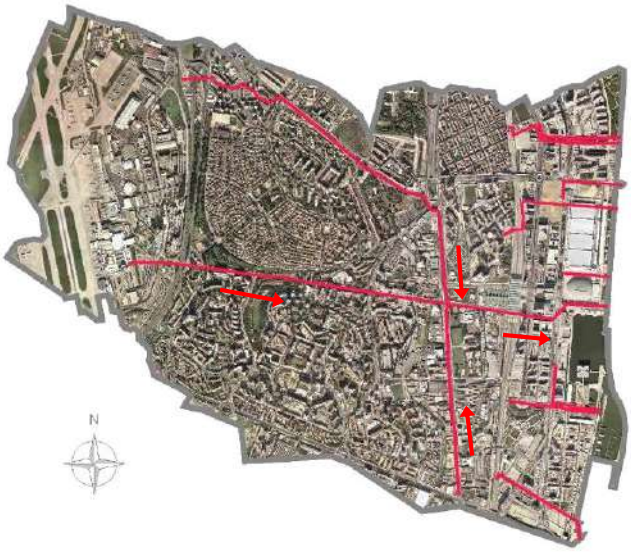


Figura 4.15 - Fotografia aérea da Bacia Q com traçado simplificado da rede principal

A bacia Q abrange as freguesias dos Olivais e Parque das Nações, concelho de Lisboa, assim como uma pequena parte do município de Loures (freguesia de Moscavide e Portela).

O troço principal desta rede desenvolve-se desde o aeroporto da Portela (nó Q.N0010) pela Av. de Berlim, passa sob a 2.ª circular (Av. Craveiro Lopes) e sob a linha férrea (Gare do Oriente), terminando no nó Q.N0180, na Rua Rossio dos Olivais, ao lado do MEO Arena. A este troço principal afluem ao nó Q.N0120 dois troços importantes, Q.N0270-Q.N0120 e Q.N0520-Q.N0120, que percorrem a Av. Infante D. Henrique no sentido da Av. de Berlim, e recebem as drenagens de uma grande percentagem da Freguesia dos Olivais; a rede Q.N0520-Q.N0120 drena também o coletor unitário da Av. Marechal Gomes da Costa.

Na Figura 4.16 apresenta-se o perfil simplificado do coletor principal desta bacia.

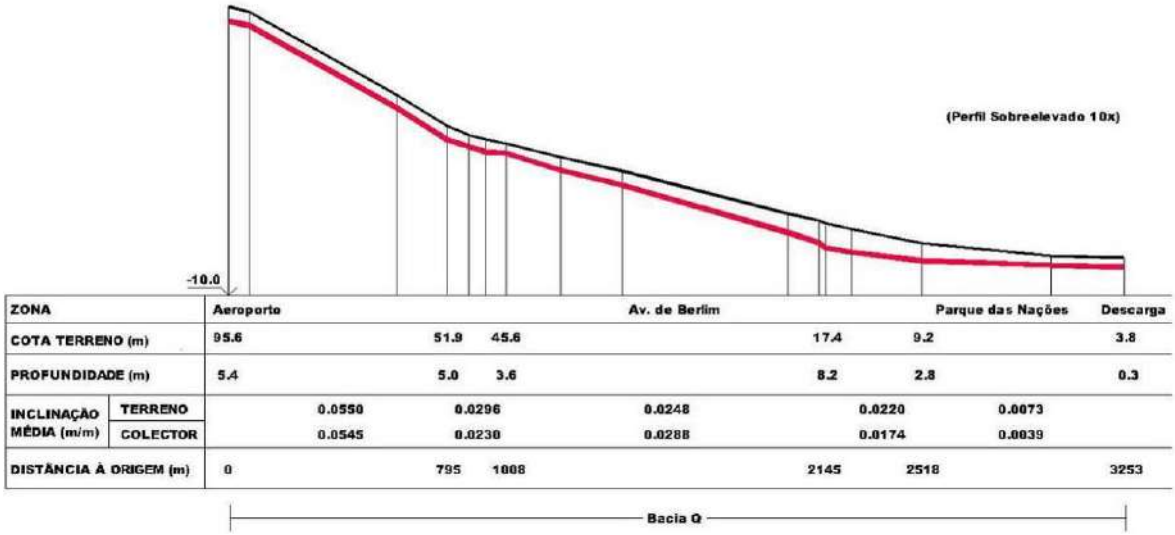


Figura 4.16 - Perfil simplificado do coletor principal da Bacia Q

A extensão total da rede principal é de 18,9 km, e as suas secções variam entre circular DN 1000 a DN 1800, oval 650 x 1000 mm a 1800 x 2250 mm, retangular 1000 x 1500 mm, 1200 x 1600 mm e 1000 x 1900 mm, cascões 1000 x 1300 mm e 1300 x 1600 mm e secções do tipo Nova II com dimensões de 2250 x 2400 mm, 2500 x 2500 mm e 2600 x 2800 mm. Na Av. de Berlim, no nó Q.N0120 (nó com importantes entradas de caudal), o Nova II aumenta para uma secção de 3000 x 3300 mm e mantém-se assim até à descarga final (Q.N0180).

A rede principal tem um comportamento 100% unitário entre o nó Q.N0010 e o nó Q.N0130, uma vez que drena todos os caudais domésticos e pluviais da bacia até este nó. Aqui existe um descarregador de tempestade que permite desviar os caudais residuais domésticos para o Sistema Intercetor de Beirolas. No entanto, existe um segundo descarregador (Figura 4.17), considerado como o primeiro nó do Sistema Intercetor de Beirolas. Na Figura 4.17, o troço que se vê à esquerda é o início do sistema intercetor (DN 800) e à direita é um troço pluvial (DN 1000) que está ligado à ribeira (Nova II – 3000 x 3300 mm), ao nó Q.N0150.

Figura 4.17 - Descarregador de Tempestade (Av. Berlim - Sistema Intercetor)

A partir do nó Q.N0150 a rede principal tem um comportamento pluvial, atendendo a que os coletores domésticos são ligados ao intercetor doméstico da SIMTEJO.

A bacia Q incorpora, para além dos dois descarregadores de tempestade já referidos, mais quatro descarregadores, localizados nos nós Q.N0710, Q.N0820 (dois descarregadores em série), Q.N0970 e Q.N1010, três estações elevatórias do sistema intercetor da SIMTEJO, e também o sistema gravítico que conduz os caudais residuais domésticos desta bacia e da bacia P à ETAR de Beirolas.

Ao nó Q.N0330 aflui uma pequena parte do caudal da Portela (concelho de Loures) e ao nó Q.N0700 aflui outra pequena parte do caudal unitário de Moscavide (também concelho de Loures). Como já referido, no nó Q.N0710 existe um descarregador de tempestade que permite desviar o caudal doméstico de Moscavide para o Sistema Intercetor da SIMTEJO, ainda no município de Lisboa. Já no concelho de Loures existem várias ligações de redes ao sistema intercetor, e junto à ETAR, existe a ligação da conduta elevatória de Sacavém.

4.3.5 Zona Ribeirinha - bacia R

A bacia R desenvolve-se na zona ribeirinha, a jusante das bacias M2, N, O e P (entre Santa Apolónia e Marvila). Compreende a frente ribeirinha do Sistema de Chelas e de parte do Sistema de Beirolas e caracteriza-se por ter várias descargas de coletores unitários diretamente para o rio Tejo.

Figura 4.18 - Área abrangida pela bacia R

Figura 4.19 - Fotografia aérea da bacia R

4.3.6 Bacias adjacentes

4.3.6.1 *Caracterização geral*

As três bacias de drenagem que compõem esta zona localizam-se entre as zonas de Telheiras e Lumiar e o limite do concelho de Lisboa (Figura 4.20). Estas bacias são de cabeceira e drenam os seus caudais para os Concelhos de Odivelas e de Loures. A área total das três bacias juntas é de 3,9 km².

Figura 4.20 - Bacias adjacentes: principais bacias e sub-bacias de drenagem

As bacias S e T drenam os seus caudais para o concelho de Odivelas e a bacia U drena para o concelho de Loures. Pela orografia da região, julga-se que os caudais residuais domésticos destas bacias drenam para a ETAR de Frielas, apesar de não ser possível caracterizar melhor as ligações por não ter sido fornecido o cadastro das redes.

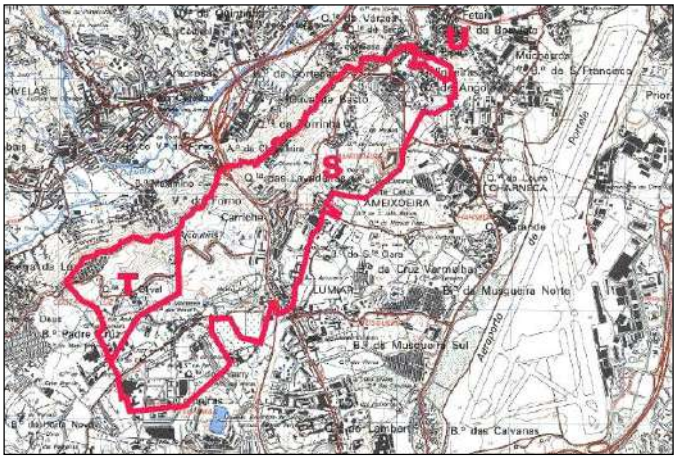


Figura 4.21 – Área servida pelas bacias adjacentes (S, T e U)

4.3.6.2 *Bacias associadas*

Bacia S (Lumiar – Ameixoeira)

A bacia S é de cabeceira, compreende a zona norte de Telheiras, parte do Lumiar e da Ameixoeira e as Galinheiras e drena os seus caudais para o concelho de Odivelas. A rede principal modelada no âmbito do presente Plano tem uma extensão de 7 640 m, sendo 55%

troços unitários e 45% troços pluviais. Apresenta duas redes principais distintas que se descrevem sumariamente em seguida: rede principal entre os nós S.N010 (zona do bairro das Galinheiras) e S.N090 (Calçada de Carriche) - a sua dimensão varia entre Circular DN 1000 e Oval 2000 x 2200 mm e tem a particularidade de ter um troço muito extenso, a céu aberto, entre os nós S.N025 e S.N050; rede principal entre os nós S.N140 (Lumiar) e nó S.N210 (também na Calçada de Carriche) – a sua dimensão varia entre Circular DN 1000 e Oval 2100 x 2300 mm, possuindo um troço com percurso a céu aberto localizado entre a Estrada do Lumiar e o campo de golfe.

Os nós terminais S.N090 e S.N210, já no concelho de Odivelas, são unitários.

Bacias T e U

As bacias T e U drenam os seus caudais para os concelhos de Odivelas e de Loures, respetivamente. Apresentam unicamente coletores com dimensões inferiores às consideradas para a rede principal, pelo que o desempenho hidráulico dos seus troços não foi analisado pelo modelo de simulação dinâmica desenvolvido neste Plano.

De acordo com o cadastro, as redes de drenagem da bacia U são separativas e não apresentam patologias. Já a bacia T possui redes de conceção unitária.

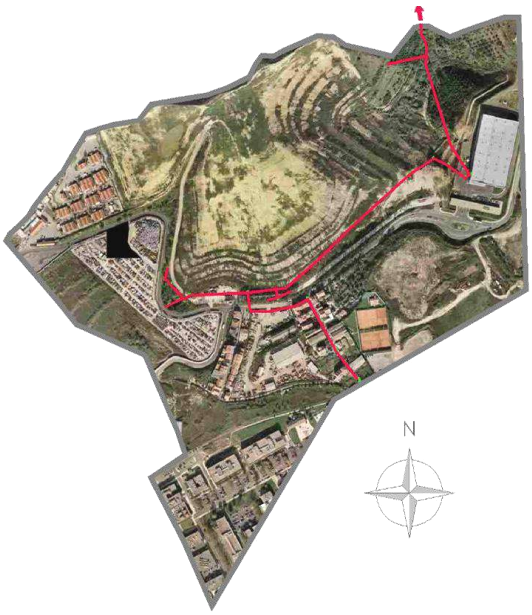


Figura 4.22 – Fotografia aérea da bacia T (redes existentes assinaladas a vermelho)

Figura 4.23 – Fotografia aérea da Bacia U (redes existentes assinaladas a vermelho)

Bacia V

A bacia V é uma bacia de dimensão reduzida, encaixada entre as bacias O e Q, que drena na área do aeroporto de Lisboa para o concelho de Loures. Dada a sua reduzida dimensão e o facto de se encontrar enquadrada no perímetro do aeroporto de Lisboa, não se apresenta uma análise detalhada desta bacia.

4.4 Infraestruturas de drenagem

A Figura 4.24 apresenta a rede de drenagem do concelho de Lisboa, que totaliza cerca de 1430 km. Dada a extensão da rede e a existência de lacunas significativas de informação sobre o seu estado de conservação, a análise do desempenho da rede na primeira versão do PGDL (2006-2008) incidiu, em especial, sobre os coletores pluviais e unitários com diâmetro superior a 1000 mm e coletores domésticos com diâmetro superior a 500 mm, totalizando 173 km. Esta rede primária está destacada na Figura 4.24 a azul.

O sistema de drenagem da cidade de Lisboa é muito diversificado e complexo. Constituem características que contribuem para a sua complexidade:

- 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 intersecções que dificultam a clara compreensão do funcionamento integrado das redes.

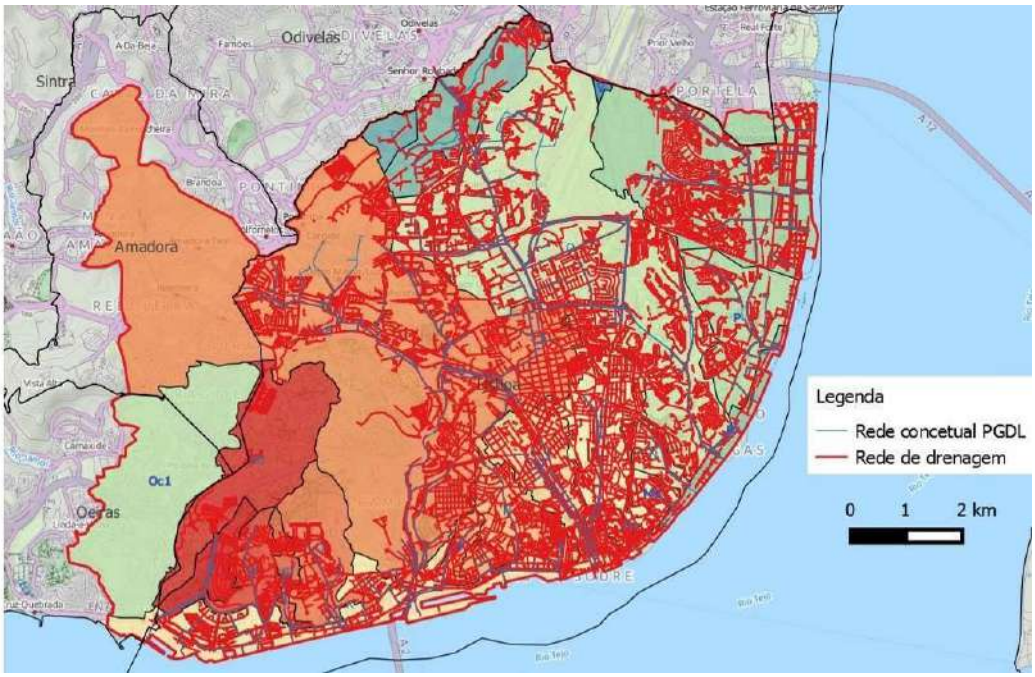


Figura 4.24 – Rede de drenagem do concelho de Lisboa

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). 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.

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.

Os antigos coletores Pombalinos, existentes na Baixa de Lisboa, designam-se por saiméis e são constituídos por pedra. Apresentam, em regra, melhor estado de conservação que os ulteriores cascões, também denominados por "rateiros", que não garantem condições de estanquicidade e de verificação de autolimpeza. Grande parte da rede de drenagem de

Lisboa construída a partir dos fins do século XIX, nomeadamente nas chamadas "Avenidas Novas" e em Campo de Ourique ou Ajuda, integra coletores ovóides de alvenaria de pedra, assentes em vala. Posteriormente, com a utilização de materiais como o betão, grés ou as tubagens plásticas (*e.g.*, PVC, PEAD e PP), foram construídos coletores com secções ovais, em arco abatido (do tipo do Caneiro de Alcântara), retangulares e circulares. Na Figura 4.25 apresentam-se, a título exemplificativo, algumas das secções de tubagens de Lisboa.

As principais características dos coletores existentes em Lisboa, atualmente em funcionamento, constam do Quadro 4.4. 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.

Figura 4.25 – Tubagens de Lisboa: saimel, cascões, oval, arco abatido, retangular e circular (fotografias cedidas pela EMARLIS)

Quadro 4.4 – Características dos coletores existentes em Lisboa

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	1042,81
Total	**791,70**	**394,10**	**142,90**	**33,50**	**15,90**	**9,90**	**4,70**	**3,00**	**1,30**	**1396,8**

Na Figura 4.26 apresenta-se a proporção, em termos percentuais, do tipo de secção dos coletores de Lisboa, face aos respetivos comprimentos totais: observa-se que 75% dos coletores são circulares, 21% têm secção oval e que os coletores mais antigos (saiméis e cascões) representam cerca de 3,3% da extensão total da rede. Na Figura 4.27 é apresentada uma análise similar, relacionando a dimensão dos coletores existentes (secção transversal) com os comprimentos totais. É possível concluir que 58% da rede é constituída por tubagens de diâmetro ou dimensão inferior a 500 mm, 28% apresenta secção entre 500 e 1000 mm e apenas 0,6% tem dimensão superior a 3000 mm.

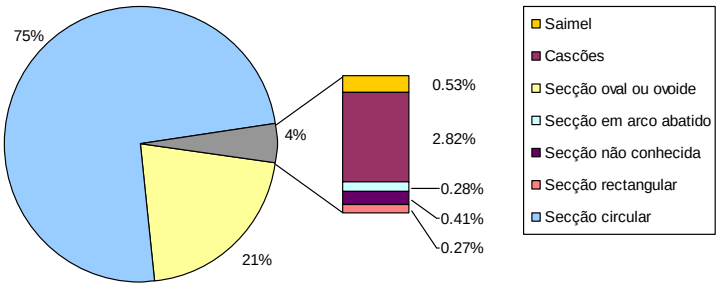


Figura 4.26 – Materiais e extensão total de tubagens

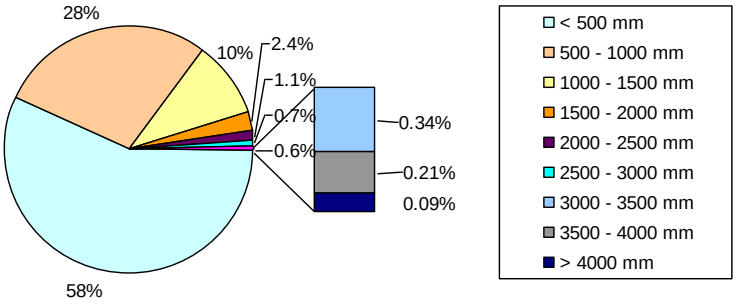


Figura 4.27 – Dimensão e extensão total das tubagens

O cruzamento da informação referente à idade do edificado com a distribuição geográfica da rede de coletores, efetuada em 2008, permitiu estimar a extensão de rede construída por época (Figura 4.27 e Figura 4.28). De acordo com este modelo, 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.

O cadastro não possui informação sobre o número e extensão dos ramais, mas estima-se que sejam da ordem de 89 500 (com base no número de ramais de abastecimento de água - EPAL).

Quadro 4.5 - Extensão dos coletores por época (m)

	<1919	1919-1945	1946-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2001
N.C. (0)	2954,6	1541,3	4160,9	1876,3	2059,9	19,5	2312,2
<200	1561,1	1630,3	967,5	688,4	331,3	125,8	2397,0
200-300	28 568,0	23 668,1	95 110,9	59 286,1	38 345,6	22 157,3	14 246,9
300-400	34 759,9	33 398,3	47 671,2	34 072,9	23 338,2	13 840,2	16 585,2
400-600	83 256,7	64 770,6	97 832,7	44 308,8	43 385,2	14 297,7	41 736,9
600-800	34 015,9	33 630,5	34 611,7	14 925,9	17 142,5	3239,9	13 224,7
800-1000	47 966,4	25 029,7	27 276,6	16 444,9	8777,0	4732,0	4772,9
1000-2000	56 699,1	38 983,6	52 992,0	19 380,7	12 805,3	6145,7	13 960,0
2000-3000	7168,0	6650,2	11 004,0	3466,0	649,9	0,0	3958,9
3000-4000	103,1	402,6	7383,5	2123,5	383,4	0,0	0,0
4000-5000	32,8	1175,2	2968,4	1425,6	0,0	0,0	266,4
5000-6000	23,2	51,0	473,3	0,0	0,0	0,0	0,0
6000-7000	897,7	3263,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total (km)	**298,0**	**234,2**	**382,5**	**198,0**	**147,2**	**64,6**	**113,5**
%	**21**	**16**	**27**	**14**	**10**	**4**	**8**

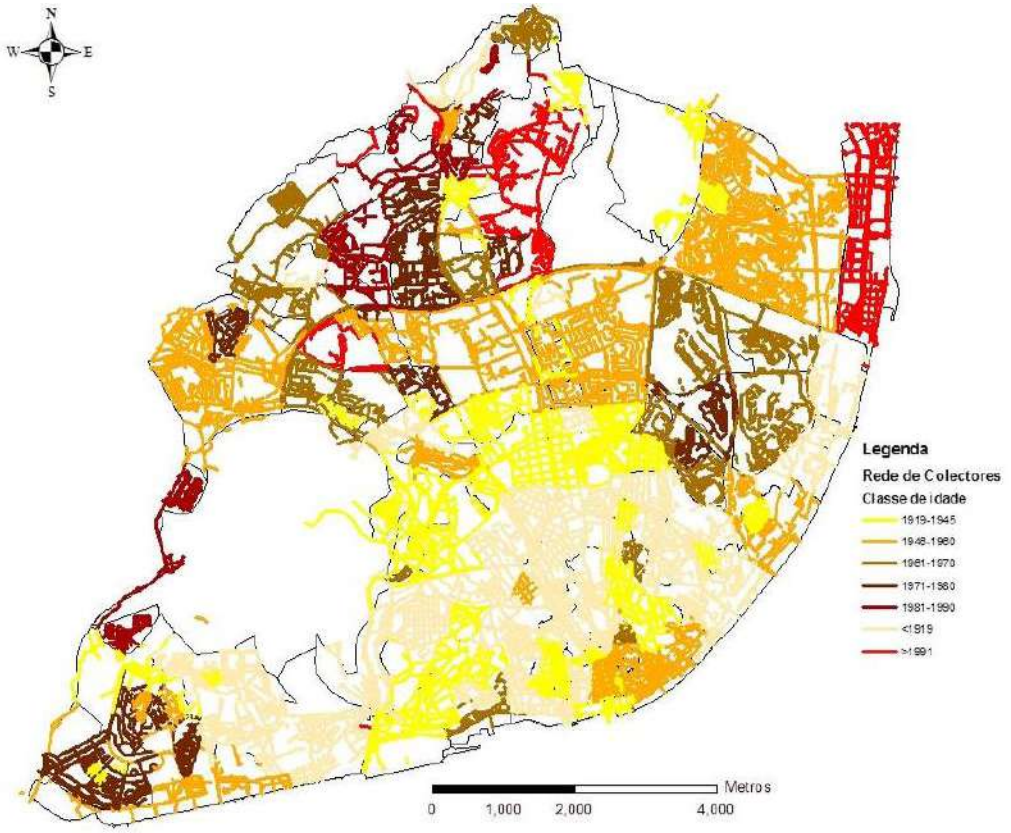


Figura 4.28 - Rede de coletores de Lisboa por classe de idade (CHIRON/ENGIDRO/HIDRA, 2008)

4.5 Geomorfologia e uso do solo

O Desenho 03 mostra a carta de declives da área do Plano e o Quadro 4.6 apresenta a sua distribuição e a distribuição de declives no concelho de Lisboa. Cerca de 12% da área do Plano tem declives inferiores a 2% e 6% tem declives superiores a 25%. No concelho de Lisboa, as percentagens de declive inferior a 2% e superior a 25% aumentam para 17% e 7%, respetivamente.

O Quadro 4.7 apresenta o declive médio, as altitudes mínimas, média e máxima por bacia.

Quadro 4.6 - Distribuição do declive na área abrangida pelo PGDL

Classe de declive	Área abrangida pelo PGDL		Lisboa	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
0-2%	1268	12%	1 415	17%
2-5%	2131	21%	1 726	20%
5-10%	2985	29%	2 276	27%
10-25%	3247	32%	2 490	28%
>25%	608	6%	552	7%
Total	**10 239**	**100%**	**8 459**	**100%**

Quadro 4.7 - Distribuição do declive por bacia

Bacia	Área no concelho de Lisboa (ha)	Declive médio (%)	Altitude (m)			
			Min	Max	Amplitude	Média
A	129	10	7,5	134,3	126,8	73,7
A0	414	12	8,4	215,5	207,1	121,7
B	139	11	6,7	173,0	166,3	79,0
C	61	9	3,5	173,0	169,5	78,0
D	273	12	3,6	184,1	180,6	86,5
E	2 254	11	2,7	216,3	213,5	91,8
F	55	13	4,7	104,4	99,7	65,0
G	35	14	3,8	85,3	81,5	47,6
H	179	12	6,9	116,6	109,7	64,3
I	37	14	3,1	79,1	76,0	41,5
J	250	12	7,3	116,5	109,2	61,4
K	486	5	1,6	83,0	81,4	11,5
L	347	13	4,8	110,8	106,0	63,3
M1	46	21	3,2	100,4	97,2	55,8
M2	52	16	4,3	86,2	81,9	56,0
N	76	17	3,7	99,2	95,5	60,8
O	1 909	8	3,2	159,1	155,9	87,6
P	338	9	3,2	87,5	84,3	37,8
Q	851	6	1,9	111,3	109,4	51,3
R	98	3	1,3	22,0	20,7	4,6
S	330	12	23,5	159,4	135,8	98,0
T	59	13	48,9	127,8	78,8	104,8
U	4	13	120,4	150,4	30,0	133,3

O Desenho 04 mostra a carta de usos do solo da área do Plano. Esta carta resulta de uma reclassificação da Planta de Ordenamento elaborada no âmbito da revisão do Plano Diretor

Municipal em 2014, apresentada na Figura 4.29, e da Carta de Uso e Ocupação do Solo em Portugal Continental para 2007 (COS2007).

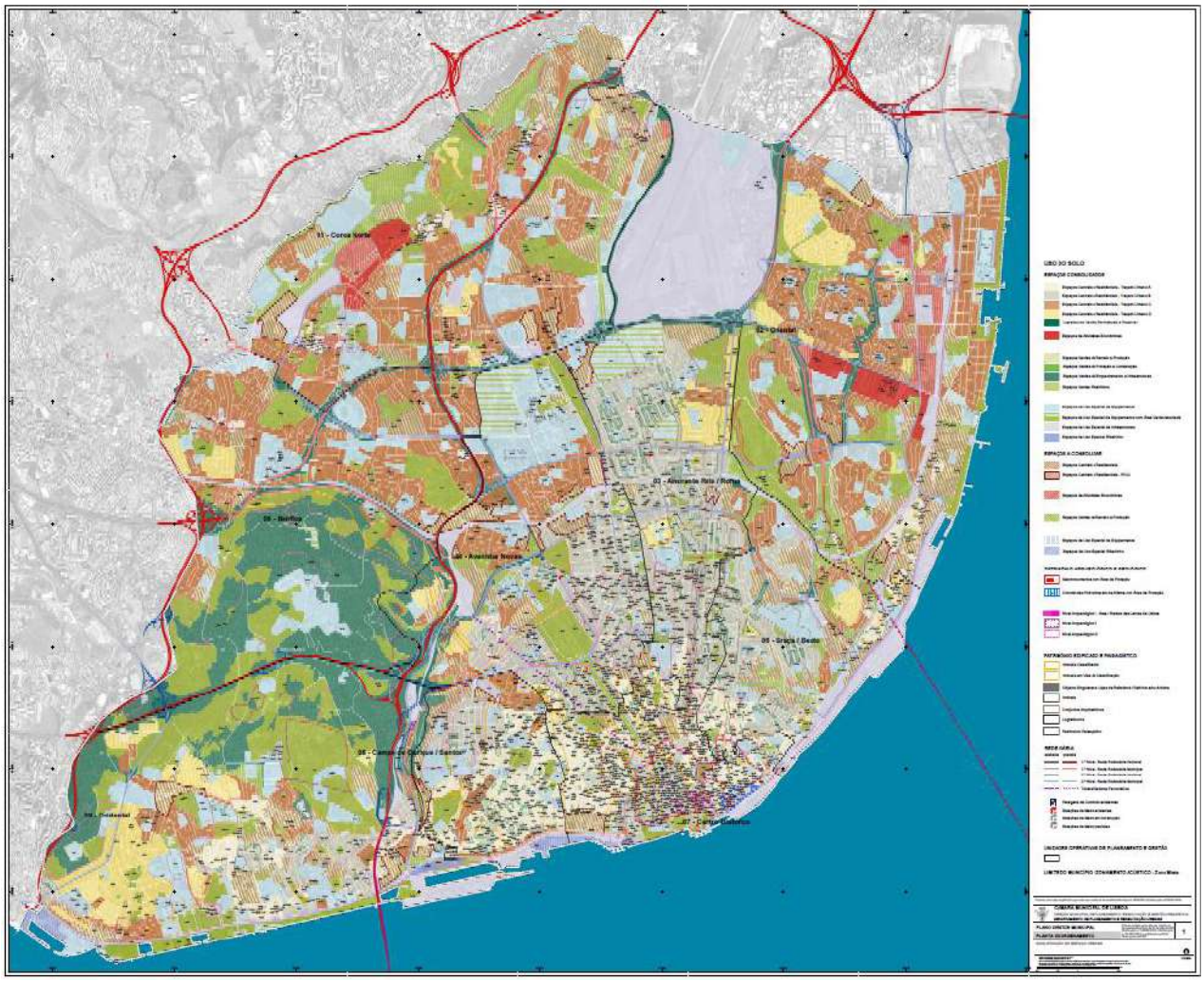


Figura 4.29 – Carta de ocupação de Lisboa

4.6 População e cenários de evolução

Os cenários de evolução da população adotados têm em conta a análise previamente efetuada no PGDL (2008), as projeções de população residente 2012-2060 do INE, as perspetivas demográficas para a Área Metropolitana de Lisboa (PROT-AML, 2010) e as Projeções Demográficas para a cidade de Lisboa elaboradas no âmbito da revisão do Plano Diretor Municipal de Lisboa (2012).

Os resultados dos Censos 2011 do INE mostram um decréscimo da população dos concelhos abrangidos pelo PGDL de cerca de 0,2% entre 2001 e 2011 (Quadro 4.8). Lisboa e Amadora assistiram a uma diminuição da sua população, enquanto Oeiras e Loures tiveram um aumento.

Quadro 4.8 – Evolução da população nos concelhos de Lisboa, Loures, Amadora e Oeiras

Concelho	2011 (hab)	2001 (hab)	Variação (%)
Lisboa	547 733	564 657	-3.0
Loures	205 054	199 059	+3.0
Amadora	175 136	175 872	-0.4
Oeiras	172 120	162 168	+6.0
Total	**1 100 043**	**1 101 756**	**-0.2**

Os censos de 2011 propõem também quatro cenários de projeção da população em 2060, que anteveem decréscimos, com diferentes intensidades, da população na região de Lisboa (Quadro 4.9):

- Cenário baixo – hipótese pessimista para a fecundidade (índice sintético de fecundidade igual a 1,3 crianças por mulher em 2060), cenário central para a mortalidade (continuação das tendências recentes da mortalidade, com a esperança de vida à nascença a atingir em 2060, para Portugal, 84,21 anos para homens e 89,88 anos para mulheres) e pessimista para as migrações (manutenção de saldos migratórios internacionais anuais negativos);
- Cenário central – combinação das hipóteses de evolução central para a fecundidade (índice sintético de fecundidade de 1,55 crianças por mulher em 2060) e para a mortalidade e do cenário otimista para as migrações (recuperação dos saldos migratórios internacionais anuais para valores positivos em 2020);
- Cenário alto - combinação das hipóteses de evolução otimista para a fecundidade (1,88 crianças por mulher em 2060), mortalidade (aumento mais acentuado da esperança de vida à nascença do que no cenário central: 86,44 anos para homens e 92,15 anos para mulheres em 2060) e migrações;
- Cenário sem migrações – idêntico ao central, mas que contempla a possibilidade de não ocorrência de migrações.

Quadro 4.9 – Projeções da população da região de Lisboa para 2060

Região	2012	2060			
		Baixo	Central	Alto	Sem migrações
Lisboa	2 818 388	1 909 196	2 642 332	2 818 302	2 285 386

O PROT-AML sugere três cenários de evolução da população, nem todos decrescentes:

- Cenário 1 (Hipótese 1 – Continuidade – crescimento suave-a-médio, com prolongamento/acentuação dos desequilíbrios demográficos internos) – evolução populacional dos vários municípios da AML semelhante à registada entre 1996 e 2005; acentuar dos desequilíbrios na distribuição demográfica, com perda de população na capital e forte crescimento de alguns concelhos periféricos, como Sintra;
- Cenário 2 (Hipótese 2 – Antecipação – crescimento moderado e reforço do equilíbrio demográfico interno) - centralização do crescimento em Lisboa e nalguns aglomerados

próximos; reequilíbrio demográfico nos concelhos de Lisboa e limítrofes, travando o declínio acentuado da cidade Lisboa e atenuando o crescimento no município de Sintra;

- Cenário 3 (Hipótese 3 – Adaptação – crescimento acentuado, com manutenção de desequilíbrios internos) - manutenção dos desequilíbrios de crescimento em municípios periféricos.

Os resultados obtidos para cada um dos três cenários são apresentados no Quadro 4.10, com dois cenários a anteciparem um decréscimo da população nos concelhos abrangidos pelo PGDL e um outro um ligeiro aumento da população.

Quadro 4.10 - Projeções populacionais para os concelhos abrangidos pelo PGDL (PROT-AML, 2010)

Cenário	Ano	Lisboa	Loures	Amadora	Oeiras	Total
Cenário 1 - continuidade	2001	564 657	199 059	175 872	162 128	1 101 716
	2006	523 303	202 981	172 849	168 895	1 068 028
	2011	477 784	205 298	168 014	174 575	1 025 671
	2016	432 709	204 978	161 000	177 879	976 566
	2021	389 341	201 773	152 255	178 418	921 787
Cenário 2 – antecipação	2001	564 657	199 059	175 872	162 128	1 101 716
	2006	572 252	203 033	175 019	169 838	1 120 142
	2011	577 039	205 415	172 590	176 679	1 131 723
	2016	576 845	204 778	168 273	181 360	1 131 256
	2021	569 670	201 143	162 061	183 054	1 115 928
Cenário 3 - adaptação	2001	564 657	199 059	175 872	162 128	1 101 716
	2006	580 496	210 645	171 394	172 009	1 134 544
	2011	593 409	221 729	164 657	181 005	1 160 800
	2016	599 435	230 913	155 298	187 366	1 173 012
	2021	597 475	236 903	144 353	190 650	1 169 381

Na revisão do PDM (2012) são definidos quatro cenários populacionais para a cidade de Lisboa que são apresentados no Quadro 4.11, com dois cenários a anteciparem um declínio populacional e os dois outros a manutenção e a recuperação da população:

- Cenário 1 – evolução muito desfavorável – manutenção do declínio populacional no concelho tendo como base a evolução demográfica do decénio de 90 do século XX;
- Cenário 2 – evolução desfavorável – manutenção do declínio populacional menos acentuado do que no cenário 1;
- Cenário 3 – estabilização – estabiliza a população da cidade no intervalo 570 000 - 580 000 residentes, um valor ligeiramente acima do observado nos Censos de 2001;
- Cenário 4 – Crescimento moderado – projeta uma recuperação da população residente para níveis próximos dos observados em 1991.

Quadro 4.11 – Projeções populacionais para o concelho de Lisboa (PDM, 2012)

ANO	Revisão do PDM (2012)			
	Muito desfavorável	Desfavorável	Estável	Moderado
2001	564 657	564 657	564 657	564 657
2006	520 969	551 548	572 581	590 881
2011	473 915	536 575	577 693	615 838
2016	427 119	519 059	578 270	636 409
2021	382 644	497 973	571 731	649 029
2026	339 756	474 366	557 202	650 765

Para saber a população em cada sub-bacia em 2011 utilizaram-se os dados geográficos dos Censos 2011 do INE (número de indivíduos residentes por BGRI), multiplicando o valor médio da densidade populacional de cada BGRI pela área de cada sub-bacia (Figura 4.30). O Quadro 4.13 apresenta os valores da população de 2011 em cada bacia de drenagem.

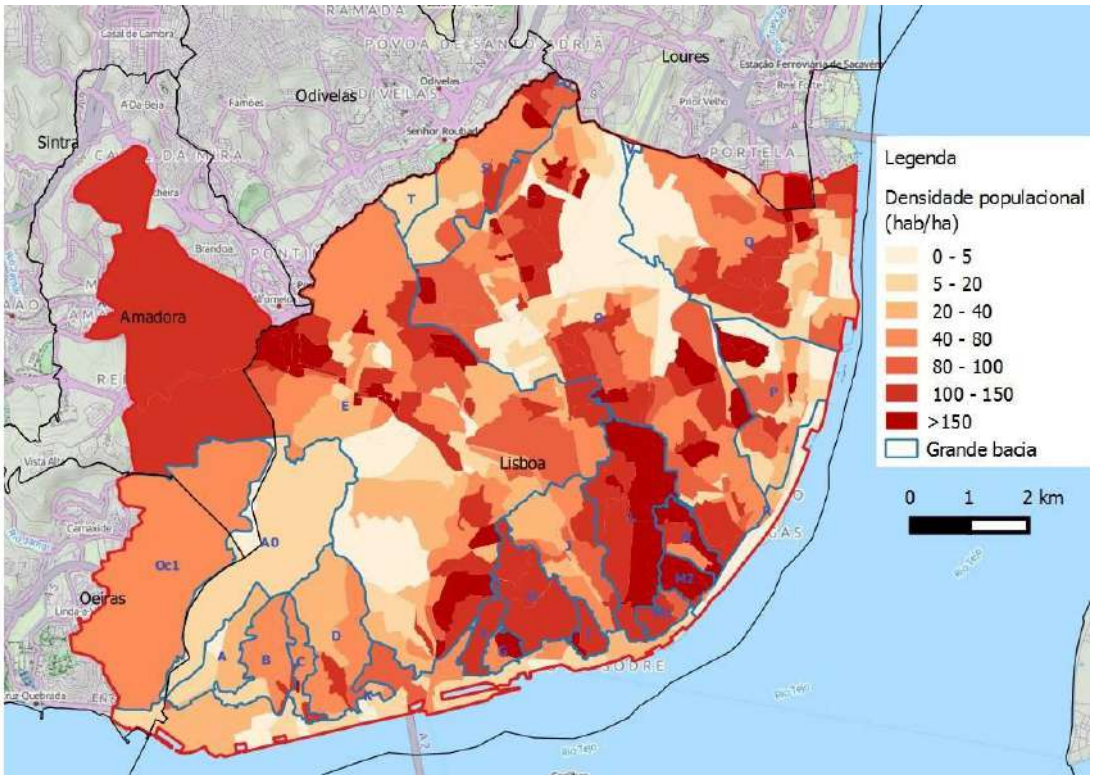


Figura 4.30 – Densidade populacional por sub-bacia (2011)

As projeções da população para a área do PGDL foram realizadas com base no estudo da AQUAFORUM que apresenta estimativas para as populações residentes nas áreas dos concelhos abrangidos pelo PGDL em 2025 e 2045 (AQUAFORUM, 2012; Quadro 4.12). Este estudo prevê uma estabilização da população do concelho de Lisboa em torno dos 570 mil habitantes para o período 2015-2045 e tem em conta os fluxos migratórios decorrentes da melhoria das acessibilidades a algumas áreas da região da grande Lisboa. Os valores para 2025 são semelhantes aos do cenário estável da revisão do PDM de Lisboa; os valores para 2045 são superiores aos do cenário alto do INE, mas este cenário assume que a distribuição da população do concelho de Lisboa se mantém idêntica à de 2012 (19% da população da

região de Lisboa), o que pode não acontecer. No Quadro 4.13 apresenta-se o cenário de evolução demográfica por grande bacia do sistema de drenagem.

Quadro 4.12 – Projeções populacionais para os concelhos da região de Lisboa (AQUAFORUM, 2012)

Concelho	2010	2015	2025	2045
Lisboa	564 748	569 291	578 655	567 574
Loures	210 287	217 243	232 379	244 054
Amadora	180 530	183 899	191 057	196 431
Oeiras	163 050	164 701	168 087	170 527
Total	**1 118 615**	**1 135 134**	**1 170 178**	**1 178 586**

Quadro 4.13 – Cenário de evolução demográfica por grande bacia do sistema de drenagem

Bacia	Área (ha)	Pop2011 (hab)	Pop2025 (hab)	Pop2045 (hab)	D.Pop2011 (hab/ha)	D.Pop2025 (hab/ha)	D.Pop2045 (hab/ha)	Destino efluentes
A	119	2536	3365	3475	14	28	29	Lisboa
A0	480	6794	7226	7397	11	15	15	Lisboa
B	138	8848	9744	9962	77	70	72	Lisboa
C	61	3570	4568	4596	91	75	76	Lisboa
D	273	15 100	17 276	17 776	67	63	65	Lisboa
E	3199	258 610	285 177	292 650	84	89	91	Lisboa
F	55	7513	7706	7733	138	141	142	Lisboa
G	35	3969	3533	3539	113	100	100	Lisboa
H	179	21 988	24 330	24 330	116	136	136	Lisboa
I	37	4530	5648	5648	155	152	152	Lisboa
J	250	16 518	18 239	18 251	61	73	73	Lisboa
K	515	14 687	17 897	18 468	26	35	36	Lisboa
L	347	55 707	58 006	58 035	155	167	167	Lisboa
M1	46	6131	7838	7838	121	169	169	Lisboa
M2	52	9092	11702	11702	157	227	227	Lisboa
N	76	10 891	11 433	11 433	127	150	150	Lisboa
O	1851	121 553	121 540	123 281	69	66	67	Lisboa
Oc1	739	52 701	47 300	47 832	71	64	65	Lisboa
P	338	19 673	21 422	21 637	53	63	64	Loures
Q	951	59 979	62 468	64 115	68	66	67	Loures
R	94	659	641	896	13	7	10	Lisboa
S	331	19 568	19 854	20 252	76	60	60	Odivelas
T	59	347	641	896	6	12	13	Odivelas
U	4	135	237	241	34	59	60	Loures
V	8	11	0	0	1	0	0	Loures
PGDL	**10 239**	**721 110**	**767 878**	**781 842**	**76**	**84**	**84**	**-**

4.7 Indústrias, serviços e equipamentos

Nas bacias de drenagem afluentes às ETAR de Alcântara, Chelas e Beirolas, bem como nas bacias adjacentes que drenam para o concelho de Odivelas e na zona ribeirinha, foram identificados equipamentos urbanos que podem assumir uma especial relevância no que se

refere à contribuição de águas residuais domésticas para o sistema de drenagem, nomeadamente escolas, universidades, hospitais, centros comerciais e quartéis.

4.7.1 Sistema de Alcântara

O Sistema de Alcântara integra mais de uma centena de equipamentos urbanos relevantes, dos quais se destacam os seguintes: Centro Comercial Colombo; Hospital de Santa Maria; Hospital de São José; Hospital da Luz; Hospital dos Lusíadas; Sede da Caixa Geral de Depósitos – Culturgest; Parque Municipal de Campismo; Estabelecimento Prisional de Lisboa; Porto de Lisboa; Jardim Zoológico; Instituto Superior de Agronomia; El Corte Inglês; Campo Pequeno; Estádio do Sport Lisboa e Benfica; Instituto Português de Oncologia; Instituto Superior Técnico; Fundação Calouste Gulbenkian.

4.7.1 Sistema de Chelas

Este sistema inclui uma parte da bacia da ribeira de Alcântara, que é desviada para o vale de Chelas por um túnel que se desenvolve ao longo da Avenida E.U.A.. Localizaram-se neste sistema vários equipamentos urbanos relevantes, dos quais se destacam os seguintes: Hospital Júlio de Matos; Laboratório Nacional de Engenharia Civil; Postos de limpeza e lavagens da Câmara Municipal de Lisboa; Oficinas do Metro; Estádio Universitário; Estádio do Sporting Clube de Portugal; Hospital Pulido Valente; Campo de Jogos do INATEL - Instituto Nacional de Aproveitamento de Tempos Livres; Faculdade de Letras; Faculdade de Ciências, Universidade Lusófona, Instituto Superior de Educação e Ciências.

4.7.2 Sistema de Beirolas

Localizaram-se nesta bacia equipamentos urbanos importantes, dos quais se destacam os seguintes: Infraestruturas associadas ao Aeroporto de Lisboa; Piscina dos Olivais; Oceanário; Hospital da CUF (Descobertas); FIL - Feira Internacional de Lisboa; GIL - Gare Intermodal de Lisboa.

4.7.3 Zona Ribeirinha

Existe nesta bacia um equipamento urbano com contribuição significativa de águas residuais domésticas, designadamente a Administração do Porto de Lisboa (APL).

4.7.4 Bacias Adjacentes

Nestas bacias são de destacar dois equipamentos urbanos relevantes: Hospital da Força Aérea; Hipermercado Pingo Doce.

4.8 Sistema de monitorização

4.8.1 Precipitação

O Quadro 4.14 apresenta as características dos udómetros na área do Plano e a Figura 4.31 mostra a sua localização. A SIMTEJO/AdLVT instalou, a partir de 2010, sete udómetros, localizados nos Concelhos de Mafra (um), Loures (três), Vila Franca de Xira (um), Odivelas (um) e Lisboa (um, na ETAR de Chelas), que medem a intensidade de precipitação de 2 em 2 minutos. O IPMA tem instalados 13 udómetros na região de Lisboa, estando 10 situados em vários pontos da cidade de Lisboa.

Quadro 4.14- Características dos udómetros

Estação	Latitude (° N)	Longitude (°W)	Altitude (m)	Início	Entidade
Instituto Dom Luiz	38° 43'	9° 8'	77		IDL/UTL
Lisboa – Geofísico	38° 43'	9° 8'	77	12-07-1999	IPMA
Lisboa – Gago Coutinho	38° 45	9° 7'	104	01-01-1996	IPMA
Lisboa – Portela	38° 47’	9° 8’	103	01-01-1947	IPMA
Lisboa - Estrela	38° 43'	9° 9'	87	01-01-2002	IPMA
Lisboa - Alvalade	38° 45'	9° 8'	90	01-01-2002	IPMA
Lisboa - Estefânia	38° 43'	9° 8'	79	01-01-2002	IPMA
Lisboa - Baixa	38° 42’	9° 8'	8	01-01-2002	IPMA
Lisboa - Benfica	38° 44'	9° 11'	75	01-01-2002	IPMA
Lisboa – Tapada de Ajuda	38° 42’	9° 10’	62	01-01-1921	IPMA
Lisboa – Amoreiras					IPMA
Amadora	38° 45'	9° 14'	143	01-01-2002	IPMA
Cacém	38° 46'	9° 17'	124	01-01-2002	IPMA
Loures	38° 49'	9° 10'	41	01-01-2005	IPMA
U1 – Reservatório da V. Pinheiro (Mafra)	38° 54'	9° 13'		01-10-2010	SIMTEJO
U2 – Reservatório de Guerreiros (Loures)	38° 51'	9° 12'		01-05-2011	SIMTEJO
U3 – EE Granja (Frielas)	38° 51'	9° 6'		01-09-2010	SIMTEJO
U4 – ETAR Frielas	38° 49'	9° 9'		01-10-2010	SIMTEJO
U5 – Bombeiros Pontinha	38° 46'	9° 12'		01-09-2010	SIMTEJO
U6 – ETAR Beirolas	38° 47'	9° 5'		01-09-2010	SIMTEJO
U7 – ETAR Chelas	38° 43'	9° 7’		01-09-2010	SIMTEJO

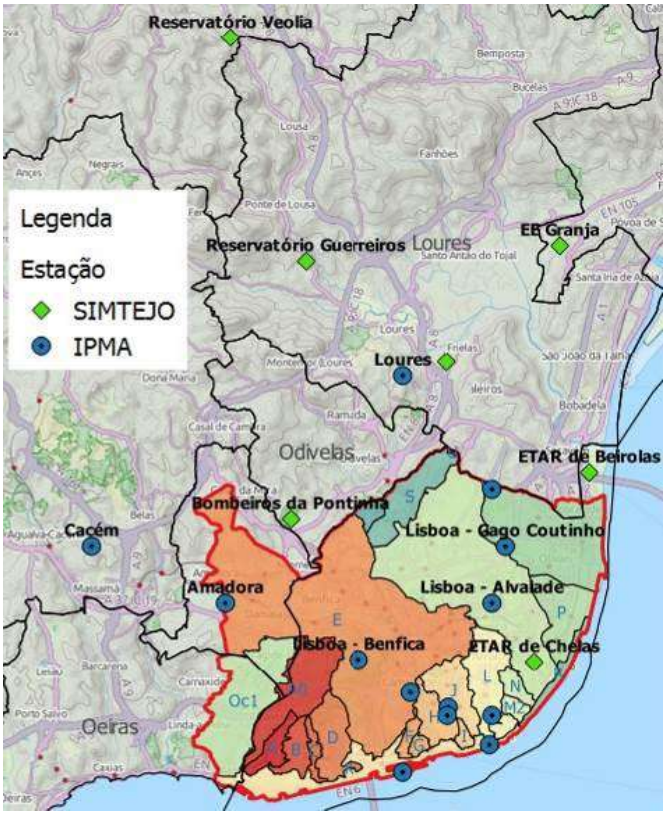


Figura 4.31 – Udómetros na área do Plano

4.8.2 Caudal

A partir de 2010, a SIMTEJO/AdLVT instalou medidores de caudal nos caneiros de Alcântara, Falagueira e Damaia, no Terreiro do Paço e na Calçada de Carriche (Figura 4.32). O medidor do Terreiro do Paço está instalado no coletor doméstico do Terreiro do Paço. Também se encontra instalado um medidor de caudal no emissário de Monsanto, recentemente reabilitado. No passado, a EMARLIS dispôs de medidores de caudal nos coletores na Rua Augusta, na Rua do Ouro e na Rua da Prata.

O medidor instalado no Caneiro de Alcântara, a montante da ETAR de Alcântara, está em funcionamento desde finais de fevereiro de 2011 e recolhe dados de caudal de minuto a minuto. Os medidores instalados nos Caneiros da Falagueira e Damaia e na Calçada de Carriche localizam-se na fronteira da cidade de Lisboa com os municípios da Amadora e Odivelas, respetivamente. O medidor do Caneiro da Damaia tem falhas de dados de caudal frequentes, devido às baixas velocidades de escoamento no período noturno. Também o medidor da Calçada de Carriche tem algumas falhas devido à entrada em carga do coletor e à acumulação de resíduos junto ao medidor em períodos de precipitação prolongada.

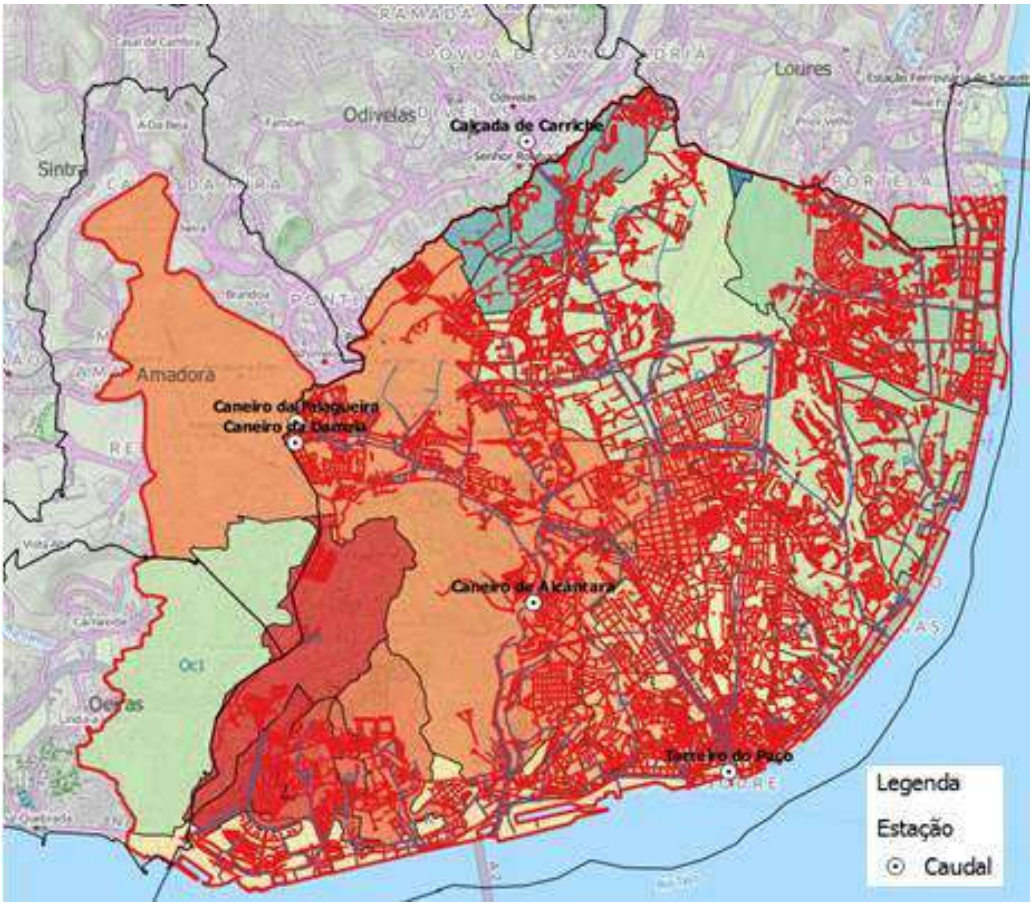


Figura 4.32 – Estações de monitorização de caudal

A Figura 4.33 apresenta um exemplo de resultados de medições do posto de monitorização do Caneiro de Alcântara, em tempo seco, no verão e no inverno, onde é visível o efeito de agravamento de infiltração no caudal em período sem precipitação.

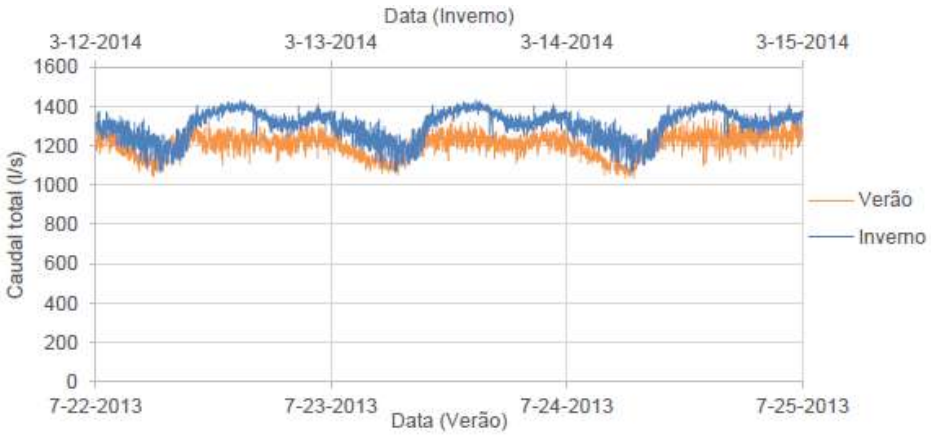


Figura 4.33 – Caudais de verão e de inverno medido no Caneiro de Alcântara (retirado de ADIST, 2014).

4.9 Análise hidrológica

A análise dos principais eventos pluviosos ocorridos em Lisboa desde 2008 permite verificar o desempenho do sistema de drenagem existente 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, tendo em conta os caudais descarregados e as cargas poluentes associadas.

O Quadro 4.15 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 4.15 - Valores máximos de precipitação medidos em certos intervalos de tempo e durante os principais eventos pluviosos que ocorreram no concelho de Lisboa, desde 2008 (em mm).

Data	Estação	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					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

Data	Estação	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
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
09-11-2011	Lisboa/Geofísico	59,6							
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

Data	Estação	Diária	24h	6h	3h	2h	1h	30 min	10 min
	U1-Res. V.Pinheiro (Mafra)		52,6	25,4	15,8	12,8	9,4	7,8	5,6
22-09-2014	Lisboa/ I. 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		
	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/I. 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

Notas: A precipitação diária regista 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

O Quadro 4.16 apresenta os máximos locais dos valores incluídos no Quadro 4.15. Verifica-se que desde 2008 ocorreram vários eventos de precipitação em que localmente a precipitação em 10 minutos foi superior a 10 mm, a precipitação em 30 min for superior a 20 mm, a precipitação em uma hora foi superior a 30 mm e a precipitação em 3 horas foi superior a 40 mm.

Os recentes 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. A Figura 4.34 e a Figura 4.35 ilustram algumas das consequências destes dois eventos pluviosos na cidade de Lisboa. 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 de Lisboa (Figura 4.37).

Quadro 4.16 – Valores máximos locais de precipitação medidos em certos intervalos de tempo e durante os principais eventos pluviosos que ocorreram no concelho de Lisboa, desde 2008 (em mm).

Dia	Max 6h	Max 3h	Max 2h	Max 1h	Max 30 min	Max 10 min
18-02-2008	86,0	-	-	38,7	-	12,2
30-10-2010	54,4	71,0	47,2	39,8	33,2	14,8
15-02-2011	20,8	14,6	10,6	7,8	6,2	3,2
19-04-2011	27,7	26,4	23,8	21,0	18,0	10,6
27-10-2011	37,0	24,8	20,6	15,0	10,6	7,0
04-11-2012	35,2	27,8	27,0	20,8	16,4	7,0
25-11-2012	32,6	20,6	14,4	10,4	9,0	7,0
07-12-2012	57,6	40,6	28,6	16,2	9,8	4,6
24-10-2013	56,4	34,6	33,8	29,8	23,0	14,0
22-09-2014	48,2	46,4	39,2	37,0	28,4	13,0
13-10-2014	36,0	33,4	32,6	34,2	29,2	15,8

Avenida da Liberdade

Rossio

Praça de Espanha

Sete Rios

Figura 4.34 – Inundações em Lisboa, em 22/09/2014

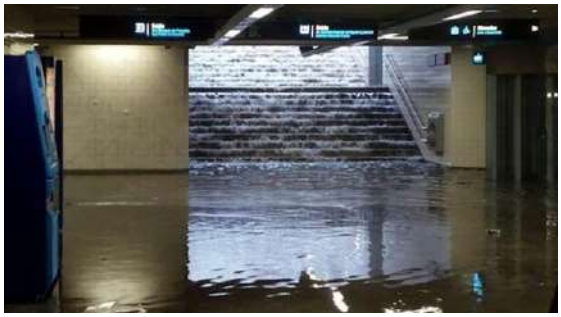
Belém

Alcântara

Alcântara

Rua da Prata

Estação de metro do Rossio



Estação de metro do Jardim Zoológico

Figura 4.35 – Inundações em Lisboa, em 13/10/2014

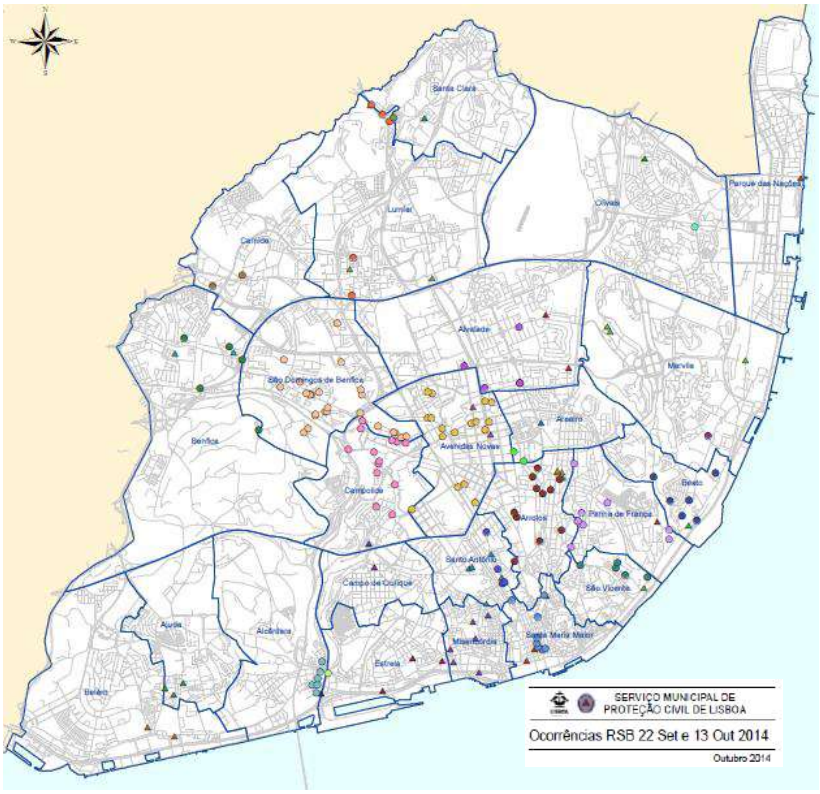


Figura 4.36 – Ocorrências de inundações registadas a 22/09/2014 e 13/10/2014

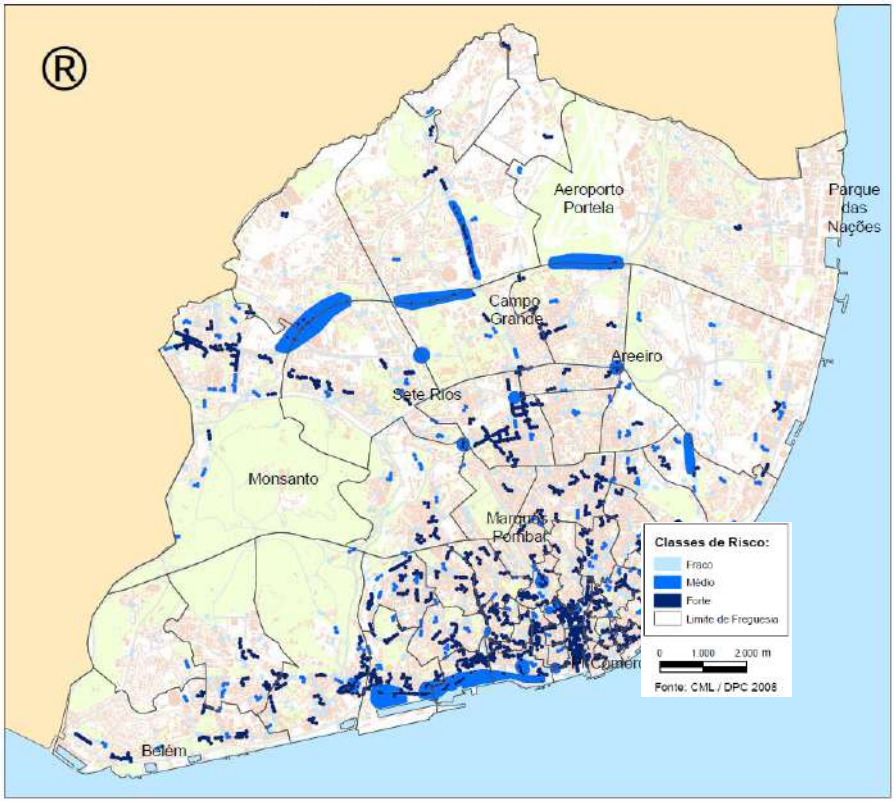


Figura 4.37 – Carta de vulnerabilidade ao risco de inundação da cidade de Lisboa

Os condicionalismos impostos pelo regime de precipitação dependem não só da sua intensidade, mas também da sua duração e da frequência, podendo esta interdependência ser representada sob a forma de curva Intensidade-Duração-Frequência (IDF). O INAG (2001), no estudo "Análise dos Fenómenos Extremos: Precipitações intensas em Portugal Continental", determinaram-se estas curvas para dois postos udográficos localizados na cidade de Lisboa (IGDL e Portela).

Os valores de precipitação dos eventos pluviosos descritos acima foram comparados com a média das precipitações obtidas por aplicação das duas curvas IDF (Figura 4.38) para avaliar o seu grau de excecionalidade. O gráfico mostra, para cada duração, o valor máximo medido entre as várias estações udométricas para as quais se dispõem de registos. Verifica-se que num dado local (I. Geofísico) a precipitação registada, acumulada em 180 minutos durante o evento pluvioso de 30/10/2010 se situa acima do valor esperado do período de retorno de 50 anos. O mesmo se passa com a precipitação registada em 360 minutos durante o evento de 18/2/2008. A precipitação registada neste último evento em 60 minutos corresponde a um período de retorno entre 20 e 50 anos.

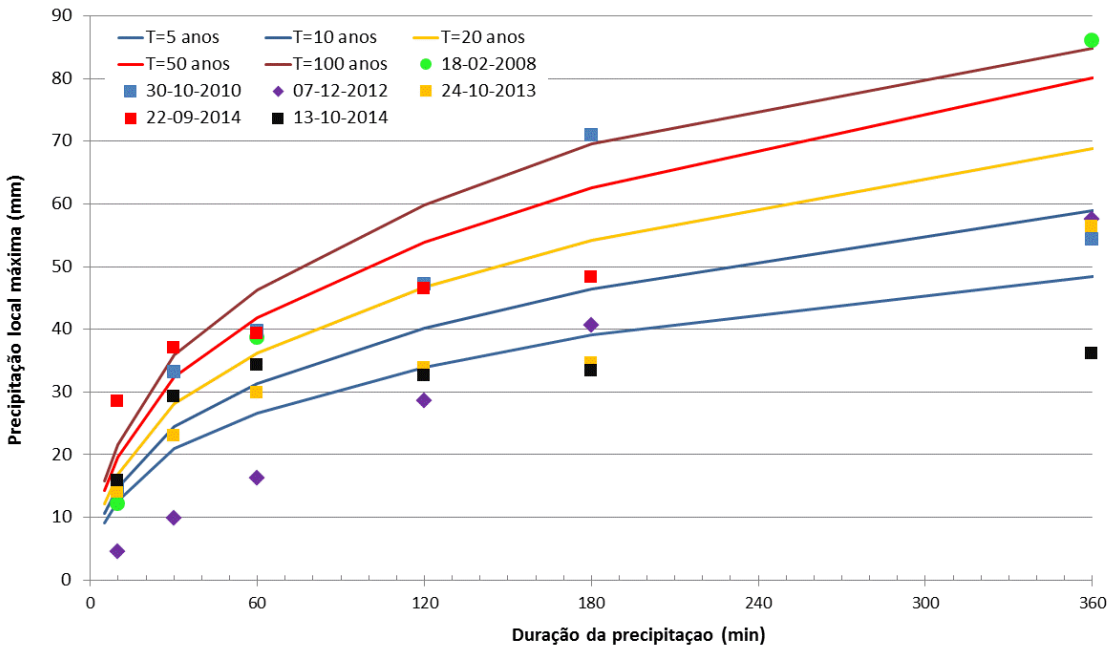


Figura 4.38 - Determinação da excecionalidade dos eventos pluviosos

No que diz respeito aos eventos mais recentes, os valores máximos locais de precipitação registados para durações inferiores a 1 hora encontram-se próximos do valor esperado para um período de retorno entre 20 e 50 anos. Para uma duração próxima de 2 horas, a precipitação local máxima registada durante o evento de 22/9/2014 encontra-se próxima da precipitação associada a um período de retorno de 20 anos, sendo que precipitação registada em 13/10/2014 é francamente mais baixa. Recorde-se que os valores apresentados no Quadro 4.16 e na Figura 4.38 correspondem a máximos locais registados num determinado posto, existindo outros registos onde a precipitação foi mais baixa.

A Figura 4.40 e Figura 4.42 mostram os valores de intensidade de precipitação e de caudal medidos no evento pluvioso de 22/09/2014. Os valores de precipitação correspondem a valores de intensidade média de precipitação em 2 minutos, que, por perdurarem por curtos intervalos de tempo, podem não conduzir a valores elevados de precipitação acumulada. A precipitação iniciou-se cerca do meio-dia e teve uma duração varável, consoante o local de medição. Conforme se pode verificar no Quadro 4.15, em vários locais (Pontinha, Chelas e Frielas) a precipitação em 1 hora excedeu 25 mm, e a precipitação em 2 horas excedeu 35 mm.

As estações de monitorização de caudal registaram um aumento de caudal nas estações de montante do sistema de Alcântara, mas a estação de jusante, localizada junto à ETAR de Alcântara, teve uma falha de funcionamento pelo que não é possível avaliar o caudal gerado nesta bacia. Os valores de caudal registados no coletor doméstico do terreiro do Paço sofreram um aumento não significativo, revelando algumas afluências de origem pluvial. O medidor instalado no coletor da Calçada de Carriche manteve um registo constante.

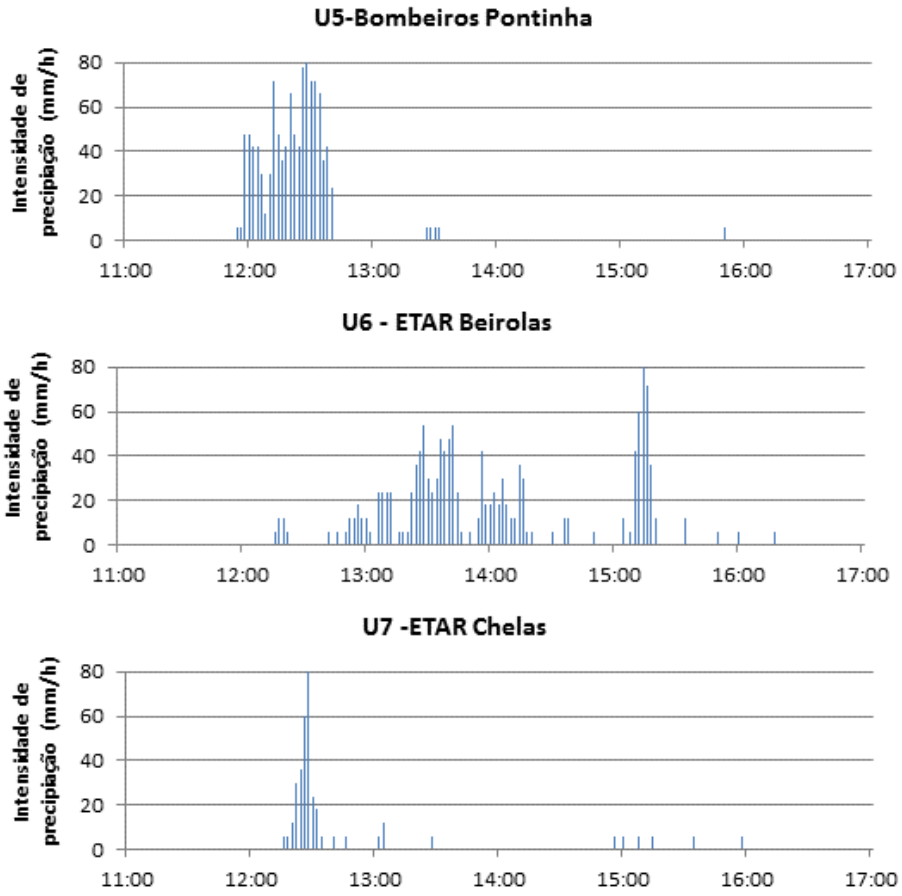


Figura 4.39 - Valores de intensidade de precipitação medidos durante o evento pluvioso de 22/09/2014 (mm/h)

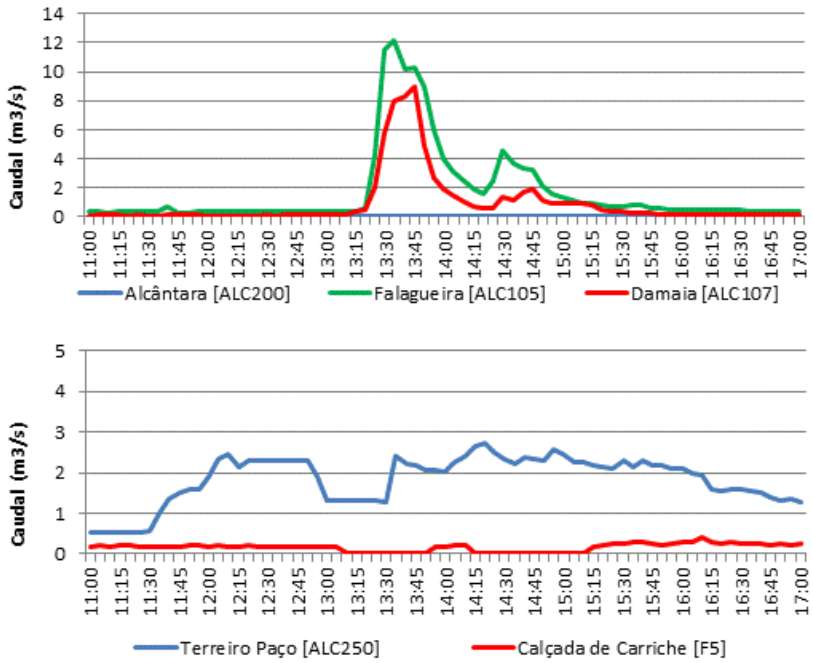


Figura 4.40 - Valores de caudal medidos durante o evento pluvioso de 22/09/2014

A Figura 4.41 e a Figura 4.42 mostram os valores de intensidade de precipitação e de caudal medidos no evento pluvioso de 13/10/2014. O evento pluvioso decorreu entre as 14 horas e as 15 horas, tendo o caudal registado no caneiro de Alcântara, junto à ETAR, ultrapassado 100 m^3/s. A hora do registo deste pico encontra-se desfasada em cerca de 2 horas, como se pode verificar pela comparação com os registos das estações de montante do sistema de Alcântara. É também claro que a precipitação se concentrou na bacia drenante situada entre os postos de montante (Falagueira e Damaia) e o posto de jusante, localizado junto à ETAR de Alcântara. Conforme se pode verificar no Quadro 4.15, em vários locais a precipitação em 1 hora excedeu 25 mm, e a precipitação em 2 horas excedeu 30 mm.

Uma vez mais, os medidores instalados no coletor doméstico do terreiro do Paço e no coletor da Calçada de Carriche não registaram nenhum aumento significativo.

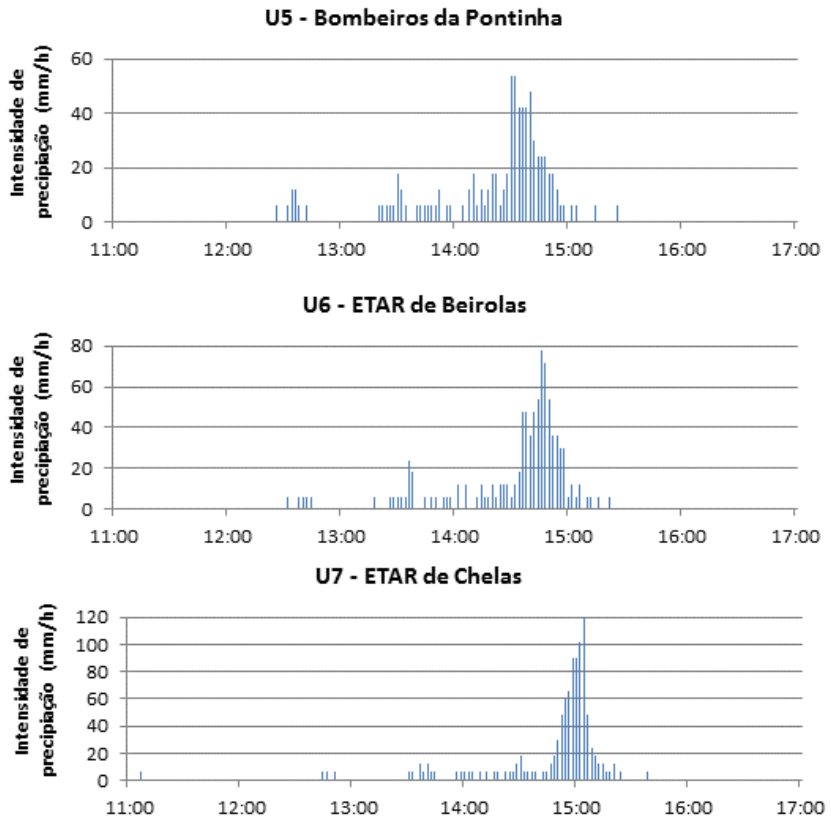


Figura 4.41 - Valores de intensidade de precipitação medidos durante o evento pluvioso de 13/10/2014 (mm/h)

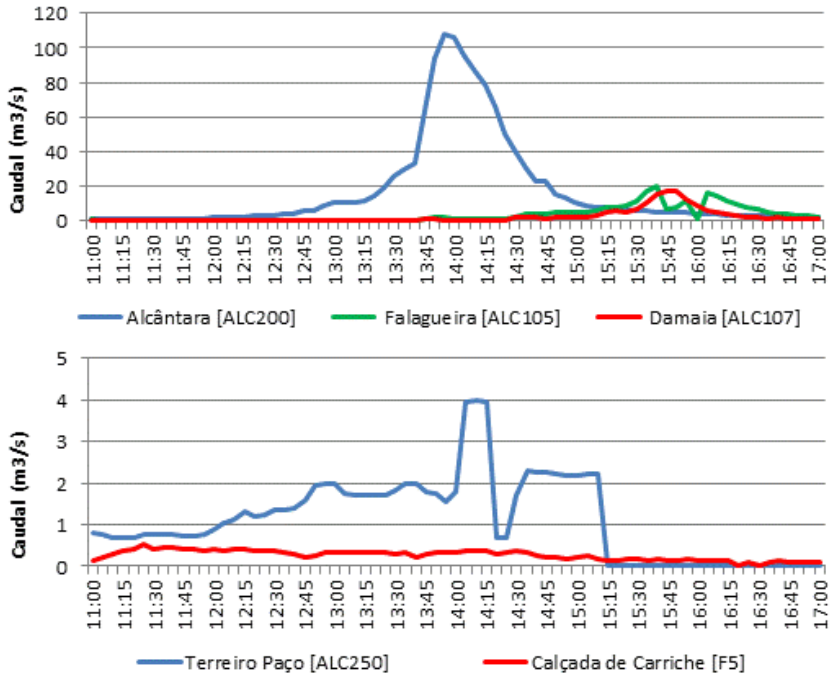


Figura 4.42 - Valores de caudal registados durante o evento pluvioso de 13/10/2014

No dia 13 de outubro, registou-se um pico na intensidade de precipitação, que levou a um aumento do caudal em todas as estações de monitorização da SIMTEJO/AdLVT. De realçar que na secção do caneiro, junto à ETAR de Alcântara, registaram-se caudais superiores a 110 m^3/s, tendo sido atingido o valor limite de registo do sensor de velocidade (10 m/s).

4.10 Meio recetor

4.10.1 Enquadramento

O meio hídrico recetor das águas residuais geradas na cidade de Lisboa é o estuário do rio Tejo, quer diretamente, quer através das linhas de água afluentes. Neste capítulo é apresentada uma caracterização deste corpo de água e analisada a sua sensibilidade e vulnerabilidade à poluição causada pela descarga de águas residuais.

No caso dos meios hídricos superficiais, importa, por um lado, analisar a sua sensibilidade a fenómenos de eutrofização decorrentes do enriquecimento do meio em nutrientes, aos quais se associam alterações graves do equilíbrio ecológico e, por outro, averiguar os efeitos das descargas sobre a qualidade da água em termos de contaminação bacteriológica e orgânica e avaliar se estes poderão comprometer os usos atuais e vocacionais da água.

A importância e o 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.

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).

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.

4.10.2 Usos tradicionais e vocacionais das águas recetoras

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.

A produção de sal marinho foi igualmente uma atividade de grande relevância, mas tem vindo a perder peso na estrutura económica regional, devida 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.

O estuário inclui um importante porto comercial e de pesca e estaleiros navais.

Para além das atividades económicas que suportam, 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*, etc.), pesca desportiva e competições desportivas. Ao longo das suas margens existem praias que têm sido utilizadas, desde há muitos anos, como locais de lazer.

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.

4.10.3 Hidrodinâmica

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.

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.

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.

A velocidade de escoamento na embocadura é, em vários locais, superior a 1,5 m/s, variando entre 1 m/s e 2 m/s, respetivamente em maré-morta e maré-viva (Maretec/IST, 2002).

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 certo 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 esta hidrodinâmica, e de acordo com a matriz de classificação do *National Estuarine Eutrophication Assessement* (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 4.17 apresentam-se as principais características do estuário do rio Tejo.

Quadro 4.17 – Principais características do estuário do rio Tejo (Freire *et al.*, 2006; Ferreira *et al.*, 2003; 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

4.10.4 Classificação do estuário do rio Tejo

O estuário do rio 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.*, 2002).

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, sobretudo 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 e 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 (Anexo I), onde vem estabelecido para o estuário do Rio 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, a zona abrangida pelo Plano Geral de Drenagem da Cidade de Lisboa não está classificada como zona sensível.

4.10.5 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.

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 4.18). 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.

Quadro 4.18 – Estimativa das afluências de nutrientes ao estuário do Tejo (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*".

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.*".

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.

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".

4.10.6 Impacto 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).

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.

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:

- 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.

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:

- 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."

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.

4.10.7 Impacto da rede de drenagem pluvial de Lisboa sobre o 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 de Lisboa descarrega os seus efluentes no estuário do Tejo 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 (até duas vezes o caudal de ponta de projeto de tempo seco).

Nas situações de pluviosidade intensa são realizadas descargas para o estuário de esgoto pluvial, com esgoto doméstico diluído, que têm, por isso, concentrações reduzidas de matéria poluente. 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 impacto destas descargas no estado do estuário é, assim, em regra reduzido. A construção dos dois túneis previstos neste plano não altera significativamente esta situação dado o reduzido número de descargas previsto e o grau de diluição dos volumes descarregados.

5 ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E IMPACTOS NO SISTEMA DE DRENAGEM

Os impactos 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, de curtas durações. Acresce o impacto 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. A capacidade de diluição dos esgotos domésticos do estuário do rio Tejo não deverá ser afetada, o que pode não ser o caso dos meios recetores de outros sistemas de drenagem urbana.

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 da maré no Terreiro do Paço é de 3,2 m em maré viva e 1,5 m em maré morta (Quadro 5.1 e Quadro 5.2). 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 águas vivas, valores da ordem dos 0,2 m e 4,4 m, respetivamente. Uma vez que o zero hidrográfico no Terreiro do Paço se situa 2,08 m abaixo do nível médio do mar em Cascais, adotado como datum altimétrico de Portugal, a cota da mais alta preia-mar no estuário do rio Tejo, referido ao nível médio da água do mar, é da ordem dos 2,3 m.

Quadro 5.1 - Alturas de maré no estuário do rio Tejo

Terreiro Paço	Águas vivas	Águas mortas
Amplitude	3,2 m	1,5 m
Altura da maré (Praia mar) (ZH T.Paço)	4,4 m	4,0 m
Altura da maré (Baixa mar) (ZH T.Paço)	0,2 m	0,5 m
Cota da Praia mar (Datum altimétrico)	2,3 m	1,9 m

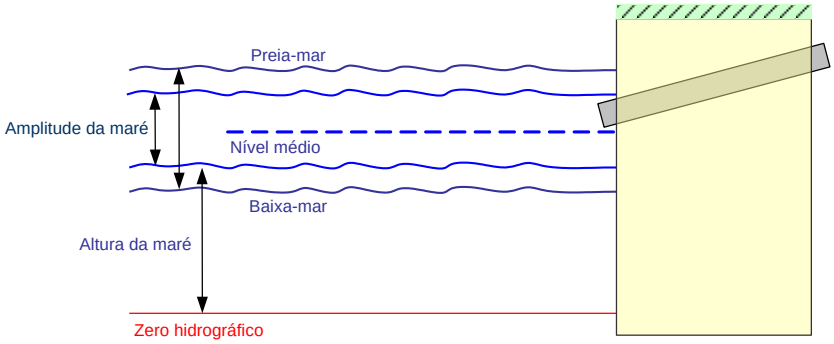


Figura 5.1 - Níveis de maré

Os troços terminais da rede de coletores da cidade de Lisboa, situados nas zonas baixas, são 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. A Figura 5.2 mostra esquematicamente as zonas do concelho de Lisboa suscetíveis ao efeito de maré.

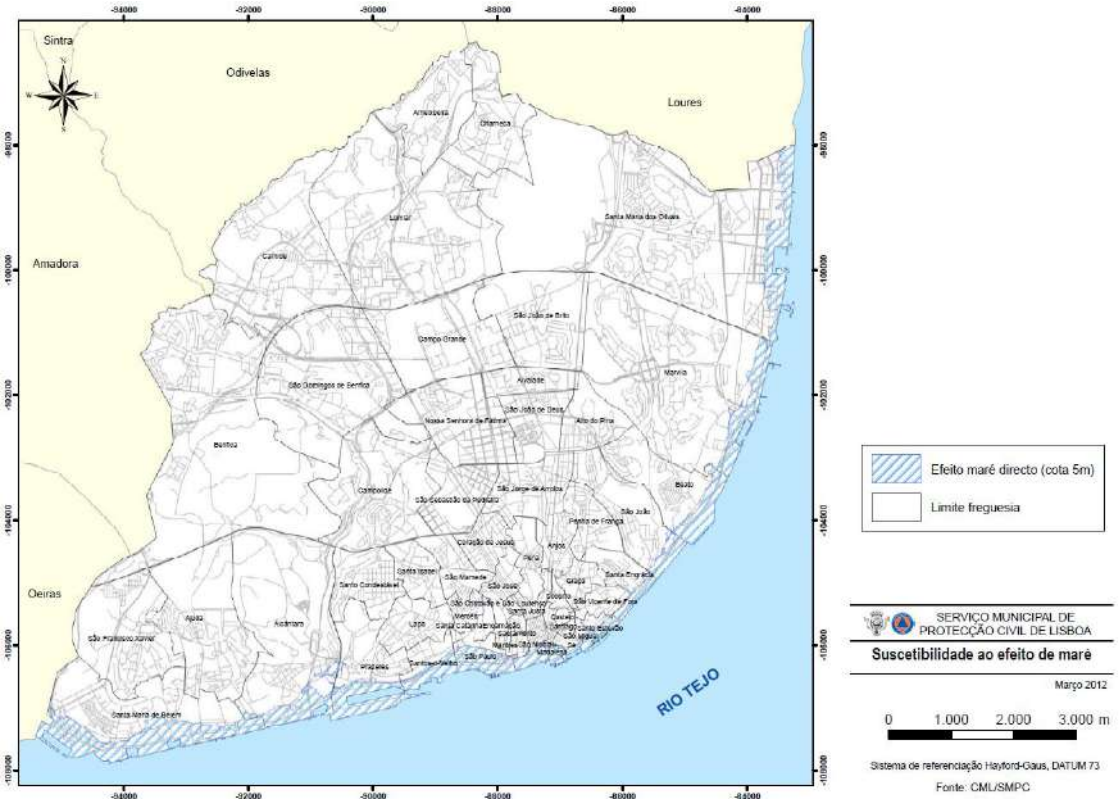


Figura 5.2 – Zonas do concelho de Lisboa suscetíveis ao efeito de maré

Antunes e Taborda (2009) utilizaram os dados do marégrafo de Cascais para analisar a subida do nível médio do mar na última década. Esta estação tem uma das séries temporais mais longas e a análise dos seus resultados para as décadas de 1990 e 2000 revela uma subida do nível médio do mar a uma taxa de 2,1 e 2,5 mm/ano, respetivamente (Figura 5.3).

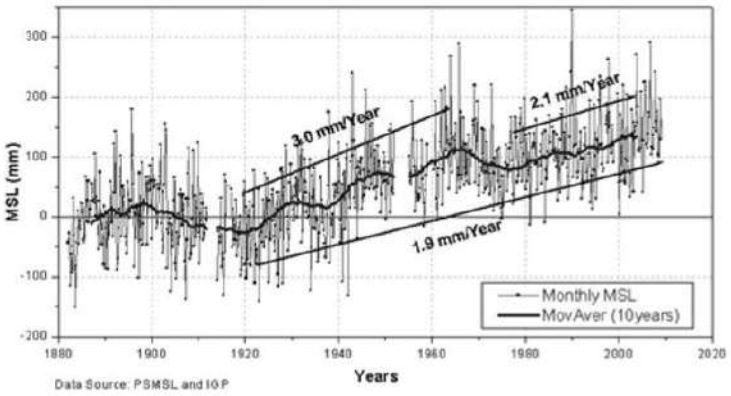


Figura 5.3 – Registo do nível médio do mar do marégrafo de Cascais (Antunes e Taborda, 2009)

As projeções obtidas com base nos dados deste marégrafo sugerem um aumento do nível médio das águas do mar entre 19 e 75 cm em 2100, quando comparado com 1990, para um intervalo de confiança de 95%. A Figura 5.4 mostra os resultados obtidos por Antunes e

Taborda (2009), representados pelas linhas S1 e S3 e que correspondem a subidas do nível médio do mar de 1,7 e 3 mm/ano, respetivamente, e compara-os com as estimativas do IPCC para os cenários A1, A2, B1 e B2 de evolução das emissões dos gases com efeito de estufa (SRES, 2000). A Figura 5.5 apresenta os cenários de aumento do nível do mar apresentados mais recentemente e adotados pelo IPCC no seu *Fifth Assessment Report* (AR5; IPCC, 2014).

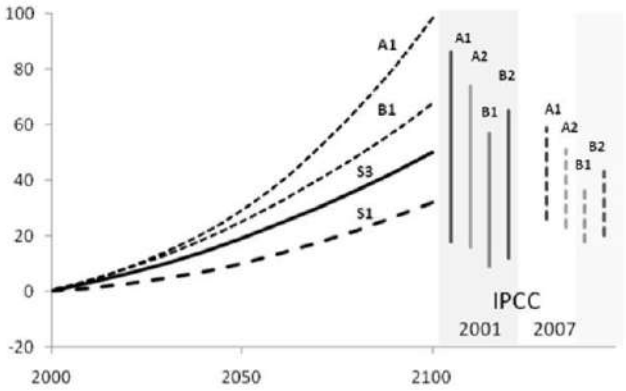


Figura 5.4 – Cenários de subida do nível médio das águas do mar (em cm)

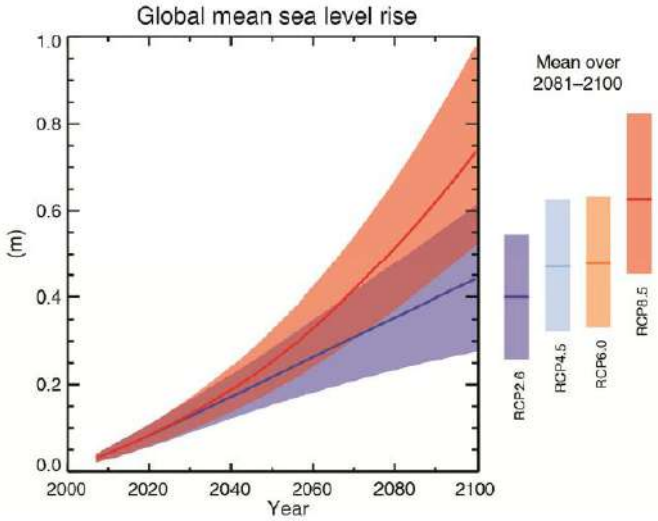


Figura 5.5 – Cenários de subida do nível médio das águas do mar (em m), adotados no AR5 do IPCC (IPCC, 2014).

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 deverá dar origem a situações de inundação urbanas mais frequentes e de maior dimensão.

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 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.

Mendes e Oliveira (2012) estudaram as projeções de precipitação diária máxima anual e de precipitação horária máxima anual resultantes de 25 exercícios de simulação desenvolvidos no âmbito do projeto europeu ENSEMBLES, tendo selecionado seis pela sua capacidade de reproduzir o regime de precipitação intensa em Portugal. Os modelos apresentaram uma capacidade razoável de reproduzir os valores observados de precipitação diária máxima anual, mas foram incapazes de reproduzir os valores observados de precipitação horária máxima anual. As projeções da precipitação diária máxima para Lisboa são bastante variáveis, mas, de um modo geral, sugerem um aumento da precipitação diária máxima anual, que pode traduzir-se ou não num aumento da precipitação em intervalos mais curtos (Quadro 5.2).

Quadro 5.2 – Variação percentual da precipitação diária máxima anual em Lisboa nos períodos 2030/31 a 2059/60 e 2060/61 a 2089/90, em relação ao período de 1959/60 a 1989/90 (adaptado de Mendes e Oliveira, 2012)

Exercício de simulação (ENSEMBLES)	2030/31 a 2059/60	2060/61 a 2089/90
C4I RCA3 HadCM3Q16	+25% a +50%	+50% a +75%
DMI HIRAM5 ARPEGE	+25% a +50%	+25% a +50%
ICTP REGCM3 ECHAM5 r3	+25% a +50%	+50% a +75%
METO HC HadRM3Q3 HadCM3Q3	+5% a +25%	-25% a +5%
METO HC HadRM3Q16 HadCM3Q16	+5% a +25%	-5% a +5%
SMHIRCA ECHAM5 r3	+25% a +50%	+25% a +50%

Em face dos cenários apresentados, e no âmbito deste plano, 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. O valor do aumento da precipitação é uma estimativa por precaução, no quadro da enorme incerteza associada às projeções desta variável.

6 ESTRATÉGIAS DE DRENAGEM PLUVIAL EM MEIO URBANO. CONTROLO NA ORIGEM E USO EFICIENTE DA ÁGUA

6.1 Aspetos gerais

Em drenagem urbana, em cidades como Lisboa, com bacias e sub-bacias de drenagem com grande densidade de ocupação e magnitude, a estratégia de drenagem mais adequada, no sentido de controlar e minimizar os riscos de inundação, mas também aproveitar as potencialidades que oferece o ciclo da água na cidade, resulta, em regra, na conciliação de técnicas descentralizadas, baseadas em controlo na origem, i.e., soluções de retenção e de infiltração a montante da rede física de coletores, com soluções mais tradicionais, de drenagem a céu aberto (valas) ou enterrada (coletores), eventualmente incluindo bacias de regularização.

As infraestruturas constituem um património valioso que deve ser, naturalmente, preservado e gerido de forma otimizada, aproveitando as suas especificidades, e que deve ser conseguido através do "conhecimento", recorrendo a uma gestão baseada na avaliação, se possível em tempo real, do desempenho das infraestruturas.

Neste capítulo, dá-se ênfase às soluções ou técnicas não tradicionais de controlo na origem, que devem fazer parte do espírito do planeador da cidade, e referenciam-se possibilidades de utilização e de uso eficiente da água.

6.2 Soluções de controlo na origem de águas pluviais

6.2.1 Aspetos gerais

Por "controlo na origem de águas pluviais" entende-se um conjunto diversificado de técnicas de controlo local, a montante da rede, que permite a redução dos caudais de ponta e dos volumes de águas pluviais afluentes aos coletores, essencialmente através de processos de retenção, de infiltração ou da combinação de ambos.

As técnicas de "controlo na origem de águas pluviais" começaram a ganhar expressão, especialmente a partir do início da década de 80, em países da Europa Central, mas também nos Estados Unidos da América, no Canadá, na Austrália e no Japão. Surgem como nova filosofia, alternativa (daí o termo "techniques alternatives", utilizado na terminologia francesa), à abordagem tradicional (designada na terminologia inglesa por "conveyance-oriented" "approach" e na terminologia francesa por "tout à l´égout"), conducente à recolha e ao transporte das águas pluviais, de forma tão rápida quanto possível, para fora das áreas afetadas, através da rede clássica de coletores. A uma estratégia de concentração, unidirecional, de técnica única, contrapõe-se uma estratégia de desconcentração, através de um conjunto diversificado de técnicas.

Estas técnicas estão hoje internacionalmente aceites, sendo mesmo consideradas prioritárias e indissociáveis de um processo de gestão integrada de águas pluviais em meio urbano, com benefícios reconhecidos e largamente divulgados na bibliografia científica e técnica, em termos técnicos, económicos e ambientais.

Neste subcapítulo, adaptado em grande parte de Matos (1999) dá-se uma panorâmica geral dos objetivos, das vantagens e limitações e dos critérios de seleção das técnicas de controlo na origem, e apresenta-se seguidamente, para cada uma delas e de forma necessariamente sumária, a definição e o princípio de funcionamento, as vantagens e os inconvenientes.

O controlo na origem de águas pluviais tem como objetivos principais, os seguintes:

- promover a retenção ou o armazenamento temporário da água precipitada, tendo em vista a redução de caudais de ponta do escoamento pluvial para jusante;
- promover a infiltração no solo, quando esta é tecnicamente viável e não põe em causa aspetos de saúde pública, ambientais ou sociais, tendo em vista a redução de volumes de escoamento para jusante;
- combinar os dois processos anteriores, contribuindo para a redução de caudais de ponta e de volumes de escoamento pluvial para jusante.

Quando corretamente concebidas, projetadas e executadas, as técnicas de controlo na origem contribuem para a redução do risco de inundação e para a redução das descargas de poluentes para o meio recetor.

De entre estas técnicas merecem destaque as bacias de retenção, os pavimentos «com estrutura reservatório», os poços absorventes, as trincheiras de infiltração e as valas revestidas com coberto vegetal. Com aplicação claramente mais restrita podem referir-se as técnicas de armazenamento temporário em coberturas de edificações.

Estas técnicas podem ser aplicadas de forma individualizada e autónoma, dispensando totalmente a rede de drenagem, ou serem compatibilizadas com a rede de coletores existente ou a construir.

A sua versatilidade é grande, podendo aplicar-se a várias escalas ou unidades da malha urbana: a edificação, o lote, o quarteirão ou a urbanização.

6.2.2 Vantagens e limitações das soluções de controlo na origem

As técnicas de controlo na origem apresentam, relativamente às soluções tradicionais de rede de coletores enterrados, importantes vantagens no quadro de uma gestão integrada das águas pluviais, mas exigem, em contrapartida, uma nova abordagem em termos de conceção, uma nova atitude em termos de diálogo e articulação com outros agentes da intervenção urbana, um conhecimento claro das suas limitações e, consequentemente, dos respetivos domínios de aplicação e de exclusão.

As vantagens e limitações podem situar-se nos planos técnico, ambiental, social e económico-financeiro.

No plano técnico, as vantagens associadas ao controlo na origem resultam da sua contribuição direta para a redução dos caudais e dos volumes de escoamento superficial e, consequentemente, para a redução dos riscos de inundação e de descarga de poluentes para o meio recetor.

Relativamente aos riscos de inundação há no entanto que ter presente que, ao passar-se de uma solução clássica de rede de coletores, praticamente independente do meio em que se insere e com flexibilidade limitada, para uma matriz de soluções mais ou menos dispersas no tecido urbano, cujo comportamento está estreitamente ligado às condições do meio (nomeadamente o solo, o tipo de urbanização e o enquadramento paisagístico), acresce a importância de uma conceção global, por um lado, e de uma análise e simulação prévia de cenários de maior risco (precipitações excecionais ou disfunções de funcionamento por colmatagem, por exemplo), por outro. A sensibilização e responsabilidade individual e coletiva ganham também aqui uma dimensão acrescida.

Em síntese, pode dizer-se que no plano técnico estas soluções podem ser potencialmente mais eficazes do que a solução clássica de rede enterrada, em termos de controlo de cheias, mas exigem uma nova postura, em termos de conceção e implementação, marcada pela necessidade de intervenção de especialistas em hidrologia e hidráulica urbana ao nível dos estudos de planeamento e do desenho urbano de pormenor e não, como tradicionalmente, a jusante do plano de urbanização, após definição dos modelos e das tipologias de ocupação do solo. Exigem também maior diálogo e envolvimento das equipas de trabalho e verdadeira articulação disciplinar.

Do ponto de vista ambiental e relativamente ao controlo da poluição, as técnicas de controlo na origem são suscetíveis de apresentar uma elevada eficácia. No respeitante às soluções baseadas essencialmente em sistemas de retenção/armazenamento, os efeitos de despoluição são bastante dependentes da sua posição relativa e características da bacia de drenagem e da quantidade de precipitação. Em geral, soluções mais localizadas, correspondentes a menores bacias de drenagem e, consequentemente, a menores volumes de escoamento superficial e a menor carga poluente, apresentam níveis mais elevados de redução da poluição. Por exemplo, os pavimentos «com estrutura reservatório» são suscetíveis de reduzir de 70% a 90% a carga poluente (Balades et al.1992). Já em relação a bacias de retenção, localizadas em geral a jusante de áreas urbanizadas com relativa dimensão, os efeitos de redução significativa das cargas poluentes, designadamente em termos de sólidos em suspensão, só se tornam verdadeiramente efetivos para volumes de armazenamento mínimos superiores a 50 m^3/ha de área impermeabilizada (Bachoc et al. 1991 e Shaw 1993). Relativamente às soluções técnicas baseadas em processos de infiltração, os fenómenos em jogo, de natureza físico-química e biológica, têm também um efeito depurador, essencialmente na zona não saturada do solo. Inúmeros estudos experimentais realizados internacionalmente apontam para reduções sensíveis que podem atingir valores da ordem dos 80-90% em termos de sólidos suspensos, da ordem de 60-70% em termos de

carga orgânica, da ordem de 30%-40% em termos de azoto e da ordem 30-40% ou superior, relativamente a metais pesados (Jacobsen e Mikkelsen 1996 e Sansalone 1998).

Do ponto de vista ambiental, estas soluções são potencialmente mais eficazes do que a solução clássica de controlo da poluição, mas exigem, para melhor utilização das suas potencialidades e integração no espaço urbano, a intervenção das especialidades de hidrologia, hidráulica urbana e ambiente, ao nível dos estudos de planeamento e do desenho urbano. Exigem igualmente maior envolvimento, articulação disciplinar e coordenação na conceção, no desenvolvimento e na aplicação.

No plano social, as vantagens associadas às técnicas de controlo na origem resultam essencialmente da sua contribuição para a valorização dos espaços em que se inserem, permitindo compatibilizar objetivos técnicos com funções de lazer, de desporto e de recreio livre. Existe ainda o aspeto social ligado à promoção, em alguns casos, de uma participação e intervenção mais direta do cidadão na criação do «conforto ambiental» urbano. Existem vários exemplos reportados na literatura de casos bem-sucedidos de integração paisagística, estética e ambiental

A experiência tem demonstrado, por sua vez, que as técnicas de controlo na origem apresentam custos iniciais (de primeiro investimento) inferiores às soluções clássicas (Valiron e Tabuchi 1992). Verifica-se ainda que a diferença é tanto maior quanto maior é a dispersão das soluções para a mesma área geográfica e que a conjugação ou composição de soluções em série pode apresentar custos globais muito competitivos. De entre os fatores que contribuem para a redução do custo global podem referir-se os seguintes:

- redução ou mesmo eliminação da rede de coletores e dos órgãos acessórios;
- redução ou eliminação dos ramais de ligação pluvial;
- aumento da capacidade de transporte disponível das infraestruturas das redes de drenagem primárias e secundárias.

Como é natural, a ordem de grandeza dos custos e a magnitude dos benefícios dependem das condições locais.

Para além dos custos diretos ou internos relacionados com a operação ou o empreendimento em causa, há que contabilizar os custos/benefícios indiretos ou externos, associados designadamente a aspetos de natureza social e ambiental, que correspondem sempre a uma mais valia relativamente à solução clássica de rede.

6.2.3 Conceção de técnicas de controlo na origem e critérios de seleção

Na visão tradicional e clássica, os projetos de infraestruturas de drenagem pluvial são realizados, em geral, na sequência da execução dos projetos de urbanização. Esta ordem de intervenção temporal não é naturalmente desejável no quadro da opção por técnicas de controlo na origem, na medida em que a predefinição da ocupação do solo pode induzir a eliminação ou a perda de potencialidades de técnicas possíveis. Na verdade, exemplos bem-

sucedidos de integração de técnicas de controlo na origem em projetos de ordenamento urbano têm mostrado a importância de aspetos como os que a seguir se enumeram (Chocat *et al*. 1997):

- a identificação preliminar dos problemas potenciais resultantes do escoamento pluvial numa fase precoce de planeamento, desejavelmente ao nível do Plano Diretor Municipal;
- a definição, ao nível do projeto de urbanização dos objetivos e da funcionalidade pretendida para as infraestruturas de drenagem pluvial e, sequencialmente, a opção pelas soluções adequadas à satisfação daqueles requisitos;
- a consideração, ao nível do projeto de urbanização, das especificidades locais, em termos técnicos e sociais;
- a promoção da discussão e da concertação de pontos de vista, ao nível de outras especialidades envolvidas (nomeadamente a arquitetura, o urbanismo, o paisagismo, a hidrogeologia e a ecologia social) não deixando de ter em conta a multiplicidade de critérios suscetíveis de influenciar o desempenho das soluções;
- a consideração, como critério a pesar no processo de seleção, de aspetos ligados ao ciclo de vida das técnicas elegíveis, ou seja, à sua evolução previsível no tempo (da conceção à exploração, passando pela execução);
- a avaliação do eventual impacte negativo perante ocorrências de risco agravado (precipitação excecional, disfunção ou ausência de funcionamento da solução técnica, etc.) por forma a confinar as situações de maior vulnerabilidade.

A tomada de decisão final, ao nível da seleção das técnicas, pressupõe uma metodologia de abordagem que, de acordo com Azzout (1996), deve ter em consideração a análise sequencial de dois tipos de critérios. Os do primeiro tipo são essencialmente critérios de viabilidade técnica, e permitem a escolha da solução ou soluções tecnicamente possíveis e adequadas à situação em análise. Os do segundo tipo são critérios de apoio à decisão, entre um eventual leque de soluções possíveis, permitindo a comparação de desempenho, ponderando igualmente outros aspetos não técnicos, para os vários cenários elegíveis.

Os critérios relativos à análise de viabilidade técnica devem incluir a ponderação dos seguintes aspetos:

- tipo de ocupação da área em estudo e disponibilidade de espaço físico;
- topografia e natureza do solo: capacidade resistente, permeabilidade e comportamento face à presença de água;
- tipo e frequência do tráfego;
- declive da área;
- existência de zonas com diaclases;
- nível freático em tempo húmido e em tempo seco;
- nível de poluição das águas pluviais;
- impacto das águas pluviais nas águas subterrâneas;

- impacto das águas pluviais poluídas nos meios recetores (e eventual necessidade de recurso a tratamento prévio);
- impactos no ambiente e sobre a população;
- comportamento hidráulico e desempenho em situações de risco agravado;
- inclinação das coberturas de edifícios;
- integração paisagística e possibilidade de utilização para fins recreativos;
- facilidade de construção e operacionalidade após construção;
- custos de investimento, manutenção e operação (incluindo consumos de energia);
- frequência e facilidade das operações de manutenção;
- tempo de vida útil da infraestrutura.

Após seleção das soluções tecnicamente adequadas há que passar à aplicação de critérios de apoio à decisão final. Estes devem incluir a análise dos seguintes aspetos:

- integração paisagística natural e urbana: impacte na paisagem, constrangimentos induzidos nas soluções paisagísticas naturais e urbanas e possibilidades específicas de utilização para fins de lazer;
- custos: custos relativos aos estudos preliminares geotécnicos e hidrogeológicos, custos de investimento, figura jurídica da infraestrutura (pública ou privada) e financiamento associado, contributo da rendibilidade do cenário relativamente à valorização da área em estudo;
- comportamento hidráulico: desempenho previsível em situações de precipitação excecional e impactes em caso de inundação;
- influência sobre a população: alteração de comportamentos, gestão das infraestruturas de fins múltiplos, inconvenientes e riscos para a segurança de pessoas e bens;
- influência no ambiente: potencialidades relativas à redução da poluição de natureza permanente;
- construção: facilidade de construção e seu controlo;
- manutenção e operação: frequência dos procedimentos de manutenção corrente; facilidade e controlo das operações de manutenção; facilidade de remoção e de reutilização dos resíduos provenientes das operações de manutenção; consumos de energia, riscos potenciais para o pessoal de exploração, degradação previsível das soluções;
- comportamento a longo prazo: duração de vida ou tempo previsível para a substituição da infraestrutura, reutilização dos materiais resultantes da sua desativação.

6.2.4 Descrição sumária das principais técnicas

6.2.4.1 Bacias de retenção

Considerações introdutórias

O escoamento de caudais pluviais, nomeadamente os provenientes da precipitação sobre zonas urbanizadas, por intermédio de obras artificiais, como coletores enterrados e canais revestidos, que percorrem, por vezes, longas distâncias até ao destino final, resulta, em regra, em investimentos significativos.

Em muitos casos, uma solução funcional consiste em recolher os caudais de tempestade que ultrapassam determinado valor pré-estabelecido, armazenando-os em pequenas bacias ou lagoas.

Estes caudais podem ser desviados do seu percurso inicial por intermédio de descarregadores laterais, convenientemente dimensionados. Por vezes, interpõe-se no percurso da água pluvial (na terminologia anglo-saxónixa «on-line») uma ou mais lagoas em série, que amortecem naturalmente os caudais de ponta de cheia. A dimensão destas bacias ou lagoas pode ser, na maioria dos casos, ampliada, para acompanhar os efeitos decorrentes da impermeabilização crescente da bacia de drenagem que se desenvolve a montante. Outras vezes, essa ampliação é justificada tendo em vista reduzir os riscos associados à ocorrência de regolfos indesejáveis. A possibilidade de se fasearem os investimentos, de acordo com as necessidades construtivas e disponibilidades financeiras, torna este tipo de solução frequentemente atraente.

Independentemente das considerações de ordem funcional e económica, as bacias de retenção podem ter interesses múltiplos, do ponto de vista social, estético e de proteção do meio ambiente. Quando bem concebidas e exploradas podem, contribuir para a valorização do tecido urbano, contribuindo para a obtenção dos seguintes objetivos:

- redução dos riscos de inundação;
- criação de zonas de lazer apropriadas, por exemplo, para a prática de pesca e canoagem;
- criação de reservas de água para fazer face a necessidades agrícolas, ocorrência de incêndios e atividades industriais e municipais, como limpeza de arruamentos e parques ;
- proteção do meio ambiente, aumentando a qualidade da água pluvial, nomeadamente do ponto de vista de redução da concentração de sólidos em suspensão e de matéria orgânica.

Tipos de bacias e critérios de escolha. Disposições técnicas gerais

As bacias de retenção (também designadas de amortecimento) podem classificar-se, quanto à sua implantação, da seguinte forma:

- bacias a céu aberto, a seco ou com nível de água permanente;
- bacias enterradas.

Quanto à sua localização e disposição no sistema, podem classificar-se da seguinte forma:

- bacias em série (colocadas no alinhamento do coletor ou do canal ou vala de acesso);
- bacias em paralelo, colocadas lateralmente ao coletor ou vala de acesso.

As bacias a céu aberto são geralmente construídas em terra, com taludes reforçados ou diques de proteção lateral. Podem resultar de simples interceção de uma linha de água em local de fisiografia favorável, através de uma pequena barragem ou açude, ou de zonas em depressão natural com solos de resistência e características adequadas.

Situam-se, em geral, em zonas de baixa densidade populacional, estando frequentemente associadas a preocupações de integração paisagística e de valorização de áreas de lazer e tempos livres.

As bacias a seco são concebidas para estarem geralmente sem água, acumulando-a apenas em períodos específicos, correspondentes à ocorrência de precipitações mais ou menos significativas. A escolha deste tipo de solução é bastante frequente e depende, em grande parte, das condições de permeabilidade e de flutuação do nível freático do aquífero local. Na Figura 6.1 apresenta-se o perfil transversal de uma bacia a seco.

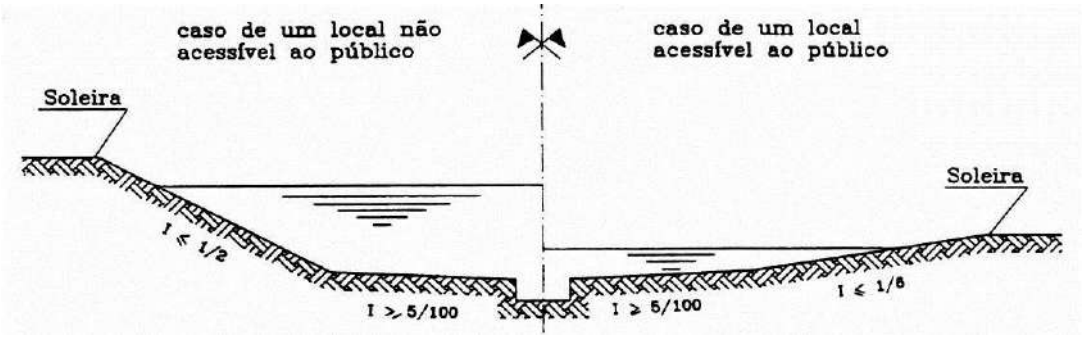


Figura 6.1 - Perfil transversal de uma bacia a seco

As bacias com nível de água permanente são concebidas para terem água permanentemente, mesmo durante os períodos de ausência de precipitação. Em regra, a escolha deste tipo de solução acarreta maiores investimentos e custos de exploração do que os correspondentes às bacias a seco e está condicionada a uma alimentação de água por parte do aquífero subjacente. Na Figura 6.2 apresenta-se esquematicamente o perfil transversal de uma bacia com nível de água permanente.

As bacias a céu aberto podem ser em série ou em paralelo. No primeiro caso, todo o caudal proveniente de montante aflui à bacia. Assim, se se tratar de um sistema unitário, o caudal de tempo seco não é desviado. No segundo caso, o escoamento de tempo seco não aflui, em princípio, à bacia de retenção; apenas os caudais em excesso, correspondentes à ocorrência de precipitação, são desviados e armazenados temporariamente na bacia.

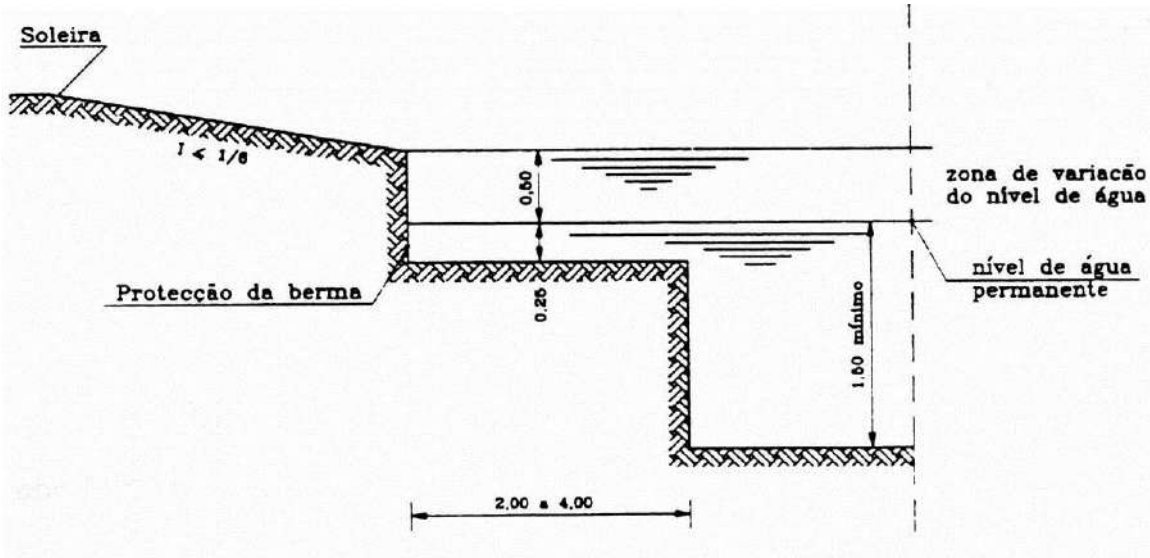


Figura 6.2 - Perfil transversal de uma bacia com nível de água permanente

As bacias enterradas são geralmente construídas em betão armado à semelhança de reservatórios de água. São especialmente indicadas em zonas urbanas densas, com limitações de disponibilidade de terreno, ou onde o seu custo for elevado. Podem ser construídas junto a áreas públicas, como parques de estacionamento ou zonas ajardinadas. São, em geral, bacias construídas em paralelo.

As bacias de retenção, quer se trate de bacias a seco ou de nível de água permanente, são constituídas, geralmente, pelo corpo de bacia (fundo e bermas) em terra, e por uma zona a jusante (em regra um dique) onde se encontram instalados os dispositivos de descarga de funcionamento normal (coletor e descarregador) e os dispositivos de segurança (usualmente um ou dois descarregadores de superfície), para fazer face a precipitações excecionais ou à obstrução das secções de escoamento que garantem o funcionamento normal da bacia.

No caso de bacias a seco, o fundo deve ser construído com inclinações suficientes (≥ 5/100), para evitar a formação de zonas sem renovação de água, enquanto para os taludes das bermas é aconselhável, respetivamente para os casos de acesso público ou não, a adoção de inclinações máximas de 1/6 ou 1/2. Os taludes das bacias podem ser revestidos com cobertura vegetal adequada, nomeadamente resistente a períodos de inundação mais ou menos prolongados.

No caso de uma bacia com um nível de água permanente, é recomendada uma altura de água mínima de 1,5 m, mesmo em tempo seco, a fim de evitar um excessivo desenvolvimento de plantas aquáticas e de assegurar eventual vida piscícola, o que é importante para a estabilidade do equilíbrio ecológico no ecossistema formado pela bacia. Se a bacia estiver integrada em zona urbana, convém assegurar uma variação máxima do nível da água de, aproximadamente, 0,5 m, e garantir um tratamento conveniente das bermas. O grau de tratamento das bermas pode ser conseguido do seguinte modo:

- talude relvado de pequena inclinação no corpo da bacia;

- paramento vertical de 0,75 m ao longo do qual se manifestam as flutuações do nível da água e que é usualmente construído em material rígido (betão) ou semi-flexível (colchões reno ou gabiões), envolvendo a periferia da bacia;
- passadeira horizontal de 2 a 4 m de largura, no topo do paramento vertical, concebida, fundamentalmente, por razões de segurança e proteção.

As bacias a seco são as mais utilizadas, dado que em regra implicam menores investimentos e menores custos de exploração. Por vezes, constitui uma prática acertada implantar no corpo da bacia um pequeno canal revestido, para o escoamento dos caudais permanentes ou decorrentes de precipitação ocorrida no período estival.

Na Figura 6.3 é apresentada a planta e perfis transversais de uma bacia de retenção existente, localizada no Concelho de Almada.

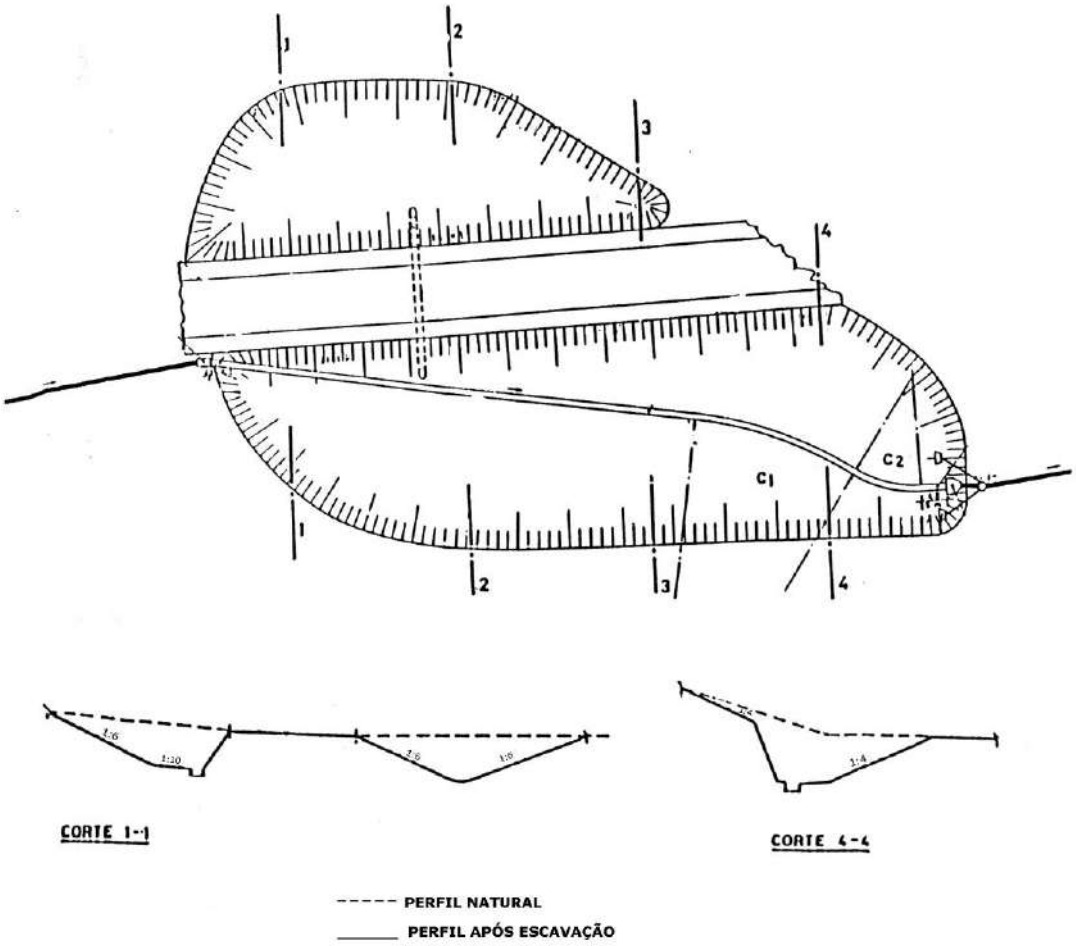


Figura 6.3 - Planta e perfis transversais de uma bacia de retenção localizada em Portugal (Matos, 2007)

Por vezes e nomeadamente como resultado das primeiras precipitações após a estiagem, a água pluvial está bastante poluída. Essa poluição resulta, fundamentalmente, da ação erosiva no solo (com transporte, por exemplo, de sólidos em suspensão e nutrientes) e da ação de lavagem dos pavimentos e outras superfícies impermeabilizadas.

Uma água pluvial pode conter matéria mineral, sedimentável ou não, partículas arenosas, matéria orgânica, óleos, gorduras hidrocarbonatos, corpos flutuantes de maior ou menor dimensão e microrganismos patogénicos.

Os sólidos em suspensão contribuem para a turvação da água, enquanto os corpos flutuantes podem causar obstruções e colmatação parcial de determinados equipamentos, como grades e tamisadores. Em todo o caso, tanto os sólidos em suspensão como os corpos flutuantes contribuem para a ocorrência de efeitos estéticos desagradáveis, cuja relevância se torna mais acentuada no caso das bacias de nível de água permanente.

A degradação de matéria orgânica, em condições aeróbias, dá lugar a carência de oxigénio. Quando o défice de oxigénio dissolvido é elevado, a vida de determinadas espécies aquáticas (em geral, os peixes) pode tornar-se insustentável. Em condições extremas, quando o consumo de oxigénio no interior da massa líquida não é compensado pelo rearejamento atmosférico, a concentração de oxigénio na massa líquida pode praticamente anular-se (situações de anoxia ou anaerobiose). Nestas condições, a atividade de microrganismos redutores pode dar origem a compostos nocivos para a qualidade do ambiente (como o gás sulfídrico), nomeadamente no que respeita à libertação de odores indesejáveis.

Os óleos e as gorduras têm um forte impacte negativo do ponto de vista estético e de redução do rearejamento atmosférico.

A eutrofização dos corpos de água, nomeadamente no caso das bacias de nível de água permanente, pode tornar-se de extrema acuidade se o transporte de nutrientes (designadamente de compostos de azoto e de fósforo) for significativo. Nestas condições, é favorecida a proliferação súbita de certas espécies vegetais (ocorrendo desequilíbrios ecológicos, em determinados períodos, com degradação da qualidade da água provocada, nomeadamente pela existência de algas mortas no fundo da bacia, ou em suspensão na massa de líquida.

Entre os elementos dissolvidos incluem-se metais pesados (Zn, Pb, Cu, Ni. Cr, Hg) particularmente os dois primeiros. Os metais pesados não têm ação significativa a curto prazo, podendo representar grave inconveniente se se acumularem no fundo, (fração particulada) contribuindo para a toxicidade de espécies animais e vegetais.

As bacias de retenção desempenham, em regra, um papel importante para a melhoria da qualidade das águas afluentes.

As transformações que aí ocorrem são de natureza física, química e microbiológica, podendo assumir especial importância as seguintes:

- sedimentação dos sólidos em suspensão e consequente redução do grau de turvação da água;
- variação da concentração de oxigénio dissolvido da massa líquida, devido aos efeitos conjugados da transferência de oxigénio da atmosfera, atividade fotossintética das

espécies vegetais e consumo verificado no processo de oxidação, em condições aeróbias, da matéria orgânica existente;

- variação da concentração de nutrientes; em águas em repouso e sem alimentação constante verifica-se, em regra, uma redução da concentração de nutrientes, especialmente se se retirarem, com frequência, as plantas que aí proliferam;
- redução de microrganismos, nomeadamente bactérias patogénicas; o armazenamento de água ao ar livre contribui, em regra, para a redução de microrganismos, devido à conjugação de um conjunto de circunstâncias (como a temperatura, a radiação solar, a competição biológica e a sedimentação) desfavoráveis ao seu desenvolvimento e multiplicação.

6.2.4.2 *Pavimentos com "estrutura reservatório"*

Definição e princípios de funcionamento

Um pavimento com "estrutura reservatório" ("chaussé à structure réservoir", na terminologia francesa, e "reservoir pavement" ou "porous structure", na terminologia inglesa), designado simplificadamente por pavimento reservatório, é parte de uma infraestrutura destinada a permitir a circulação de pessoas e veículos, que se distingue de um pavimento tradicional por dispor de uma camada de base com um elevado número de vazios, aos quais a água pluvial pode aceder, permitindo reduzir os caudais de ponta e/ou os volumes de escoamento pluvial.

Um pavimento reservatório distingue-se de um pavimento poroso. Com efeito, um pavimento que dispõe apenas de uma camada de desgaste permeável, em geral de 3 a 4 cm de espessura, e cuja camada de base se pode considerar impermeável, diz-se um pavimento poroso mas não se inclui no tipo dos pavimentos reservatório. No pavimento poroso apenas a camada de desgaste tem vazios para permitir o escoamento da água pluvial, o que tem efeitos em termos de segurança e conforto na condução, em período de chuva, e de redução de ruído de rolamento. Não existe, pois, neste pavimento, uma função hidráulica de armazenamento.

Num pavimento reservatório a camada de base dispõe de uma estrutura de vazios com capacidade de armazenamento das águas pluviais, podendo a camada de desgaste ser ou não porosa.

O funcionamento de um pavimento reservatório baseia-se na capacidade de armazenamento temporário da água na camada de base do pavimento, frequentemente da ordem dos 40 a 50 cm, o que possibilita a restituição, a jusante, de caudais mais reduzidos, tendo como destino final um meio recetor superficial (através de coletor ou dreno) ou o solo de fundação do pavimento (através de infiltração pela sub-base).

Um pavimento reservatório concilia, assim, a sua função primordial de permitir a circulação de veículos e pessoas, com uma função hidráulica de armazenamento similar à de uma bacia

de retenção, exercida através dos vazios existentes na sua camada de base, como se exemplifica na Figura 6.4.

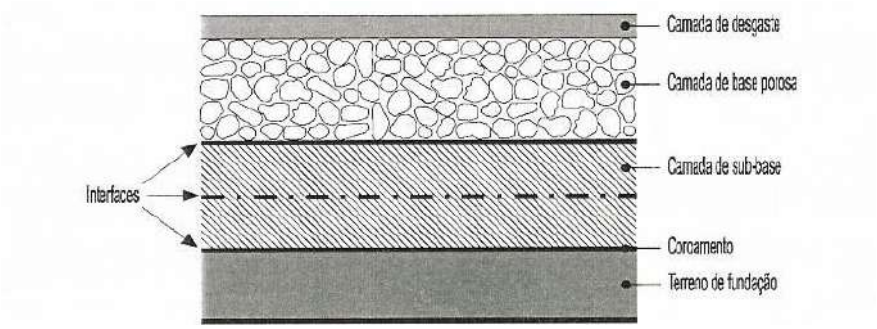


Figura 6.4 - Secção transversal de pavimento reservatório

No funcionamento hidráulico de um pavimento reservatório há a considerar as condições de entrada, de armazenamento e de saída da água, como se exemplifica na Figura 6.5.

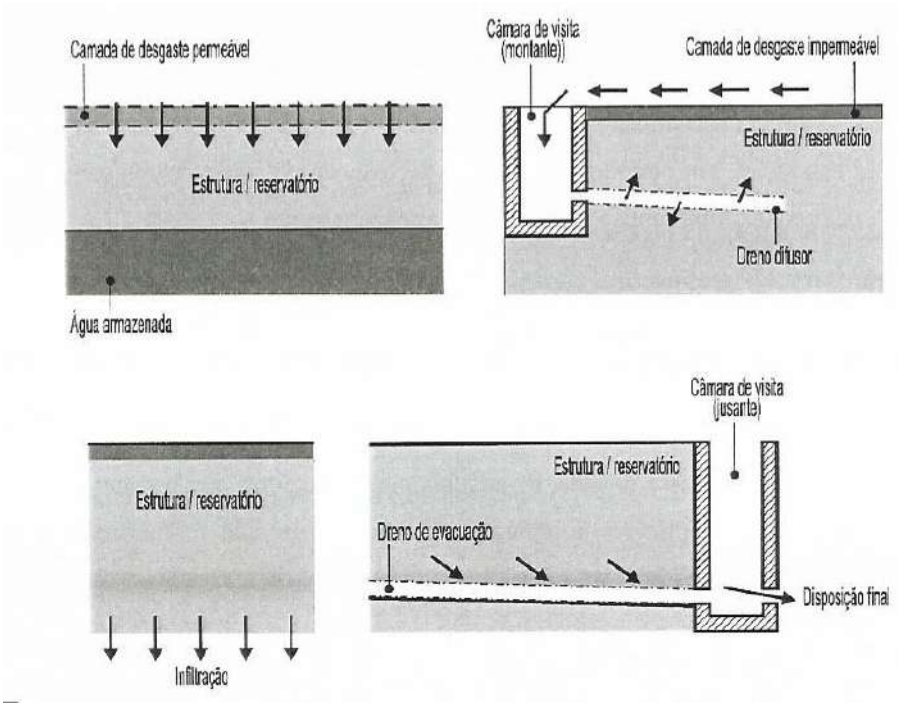


Figura 6.5 - Condições hidráulicas de entrada e saída em pavimento reservatório

O acesso da água à camada de base pode efetuar-se de forma distribuída através da camada de desgaste, no caso de pavimento poroso, ou de forma localizada, no caso de camada de desgaste impermeável. Neste último caso, a água pluvial é recolhida lateralmente através de sumidouro e de câmara de visita, sendo conduzida à camada de base do pavimento por meio de dreno difusor. De entre os materiais que podem ser utilizados como camada de desgaste porosa citam-se: betões porosos, misturas betuminosas porosas e elementos pré-fabricados de betão (blocos e lajetas).

O armazenamento temporário da água faz-se nos vazios existentes na camada de base. Os materiais a utilizar nesta camada, função essencialmente dos requisitos estruturais e

hidráulicos, podem ser: materiais granulares, misturas betuminosas, betões porosos, materiais alveolares em plástico e, ainda, materiais reciclados como, por exemplo, pneus usados.

Pelo facto de se armazenar água na camada de base há que ter cuidados acrescidos com a escolha dos materiais para as camadas subjacentes, em especial quando se permitir a percolação da água pela base e a capacidade de carga do terreno de fundação for sensível à variação do teor em água. Em alguns casos poderá ser necessário recorrer a uma impermeabilização.

A saída da água pode efetuar-se por dois modos: i) de forma distribuída, promovendo-se a infiltração direta no terreno de fundação; ii) de forma localizada, através de dreno de saída para uma câmara de visita munida a jusante de um dispositivo de regulação do caudal. Uma combinação das duas soluções pode existir tendo como principal vantagem permitir o funcionamento do dreno nos dois sentidos (como difusor, se estiver em carga, ou como coletor, em caso contrário), minimizando problemas de colmatagem. Porém, se se dispuser de camada de desgaste porosa, as vantagens conferidas por esta situação tornam-se menos sensíveis.

No segundo caso, em que na zona inferior da estrutura do pavimento é colocado um dispositivo de impermeabilização para evitar a infiltração para as camadas subjacentes, o controlo da regulação do caudal de saída é mais eficaz.

Vantagens e inconvenientes específicos

Os pavimentos reservatório apresentam importantes vantagens. Sem exigência de espaço adicional relativamente à solução tradicional de pavimentação, nem comprometimento da sua função primordial de permitir a circulação, a regularização de caudais que possibilita - com reduções da ordem dos 20 a 50 %, e a redução de volumes de escoamento, entre 15 a 30% - tem um impacte sensível ao nível da mitigação de problemas de inundação.

Do ponto de vista de qualidade da água, o efeito depurador de um pavimento reservatório está hoje provado através de inúmeros estudos experimentais em protótipo (Balades et al. 1992, Colandini 1997, Diniz 1993), que apontam para eficiências de redução sensíveis em termos de sólidos suspensos (entre 50% e 90%), de carga orgânica (entre 50% e 70%) e de metais, designadamente, de chumbo (entre 75% e 95%). Há ainda a referir as vantagens do ponto de vista do impacte positivo na recarga de aquíferos, no caso de pavimentos reservatório com infiltração através do terreno de fundação.

No caso de pavimentos com camada de desgaste porosa acrescem vantagens em termos de segurança na condução em período de chuva, por redução dos riscos de aquaplanagem, de projeção de água e melhor visibilidade das marcas horizontais, e de conforto, por redução dos níveis de ruído de rolamento. Na Figura 6.6 pode observar-se a diferença de comportamento, em período de chuva, entre um pavimento reservatório com camada de desgaste porosa e de um pavimento tradicional.

Figura 6.6 - Comportamento de pavimento reservatório com camada de desgaste porosa e de pavimento tradicional, Craponne, França

Na Figura 6.7 observa-se um parque de estacionamento, situado em Bordéus, França, e construído com um pavimento reservatório e camada de desgaste porosa.

Figura 6.7 - Parque de estacionamento construído com pavimento reservatório e camada de desgaste porosa, Bordéus, França

Os inconvenientes principais relativamente à solução tradicional residem essencialmente na maior vulnerabilidade destes pavimentos a efeitos de colmatagem por finos, em particular no caso de camadas de desgaste porosas e à maior facilidade de formação de gelo em situação de baixas temperaturas. Por consequência, a manutenção destes pavimentos torna-se mais exigente em termos de frequência, de formação especializada e de custos.

Contudo, o reconhecimento das suas vantagens, por um lado, e a evolução das técnicas e dos procedimentos de manutenção que a utilização crescente destas infraestruturas tem incentivado, tendem a reduzir o peso a dar às limitações evocadas (Chocat *et al* 1997).

6.2.4.3 *Poços absorventes*

Definição e princípios de funcionamento

Os poços absorventes ("puits d´absorption" ou "puits d´infiltration", na terminologia francesa, e "infiltration pit" ou "soakway", na terminologia inglesa) são infraestruturas que

permitem a infiltração direta das águas pluviais no solo. Apresentam a vantagem de poderem ser aplicados em locais onde a camada superficial do solo é pouco permeável (zonas urbanizadas, terrenos superficialmente impermeáveis) mas que dispõem de boa capacidade de infiltração na camada mais profunda do solo.

Distinguem-se em geral dois tipos de poços absorventes, função da posição da base do poço relativamente ao nível freático: os poços de infiltração e os poços de injeção, como se ilustra na Figura 6.8. No primeiro caso, em que a cota do nível da base do poço está acima do nível freático, a água pluvial é infiltrada através de percolação pela camada não saturada do solo. No segundo caso, em que o nível freático está acima do nível da cota da base do poço, a água pluvial rececionada é conduzida diretamente ao aquífero.

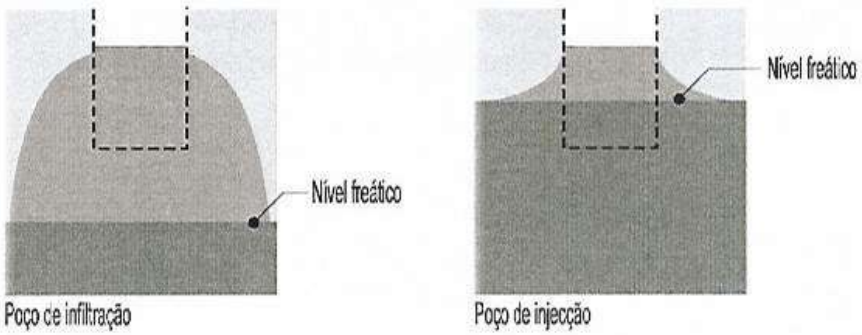


Figura 6.8 - Poços absorventes: de infiltração e de injeção (Azzout et al. 1994)

A alimentação de um poço absorvente pode ser feita quer diretamente através do escoamento superficial quer através de rede de coletores, como se exemplifica na Figura 6.9

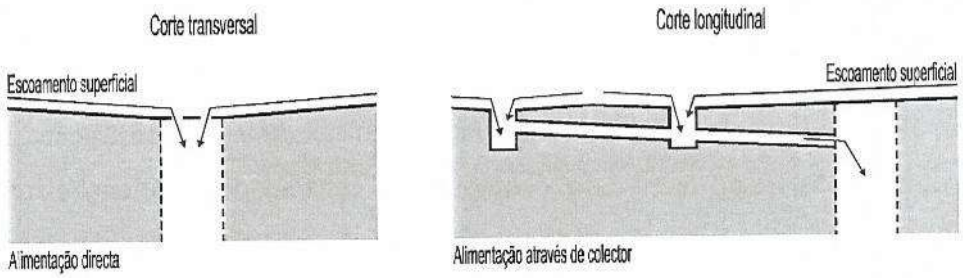


Figura 6.9 -Tipos de alimentação de poços absorventes (Azzout et al. 1994)

Um poço absorvente pode dispor ou não, no seu interior, de material de enchimento (Figura 6.10). Ele permite, deste modo, assegurar o armazenamento temporário da água pluvial, de forma mais ou menos significativa, consoante a natureza do solo, as condições de alimentação e o tipo de enchimento.

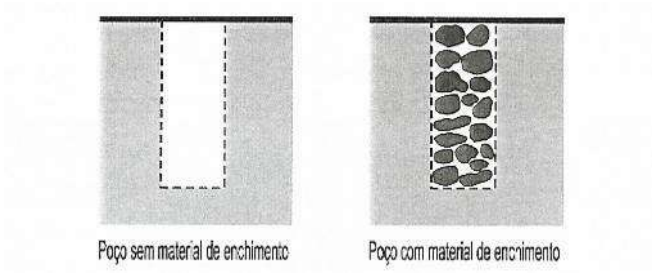


Figura 6.10 – Poços absorventes com e sem material de enchimento (Azzout et al. 1994)

Vantagens e inconvenientes específicos

Entre as vantagens específicas destes dispositivos conta-se a sua facilidade de integração no tecido urbanizado e a economia em termos de utilização de espaço. Eles podem representar, por outro lado, uma resposta interessante, em termos de drenagem, em situações em que o meio recetor se encontra distanciado da origem, permitindo neste caso economias de dimensão da rede para jusante. Na Figura 6.11 ilustram-se três situações distintas de utilização urbana deste tipo de dispositivos, bem elucidativas da sua flexibilidade e domínio de aplicação.

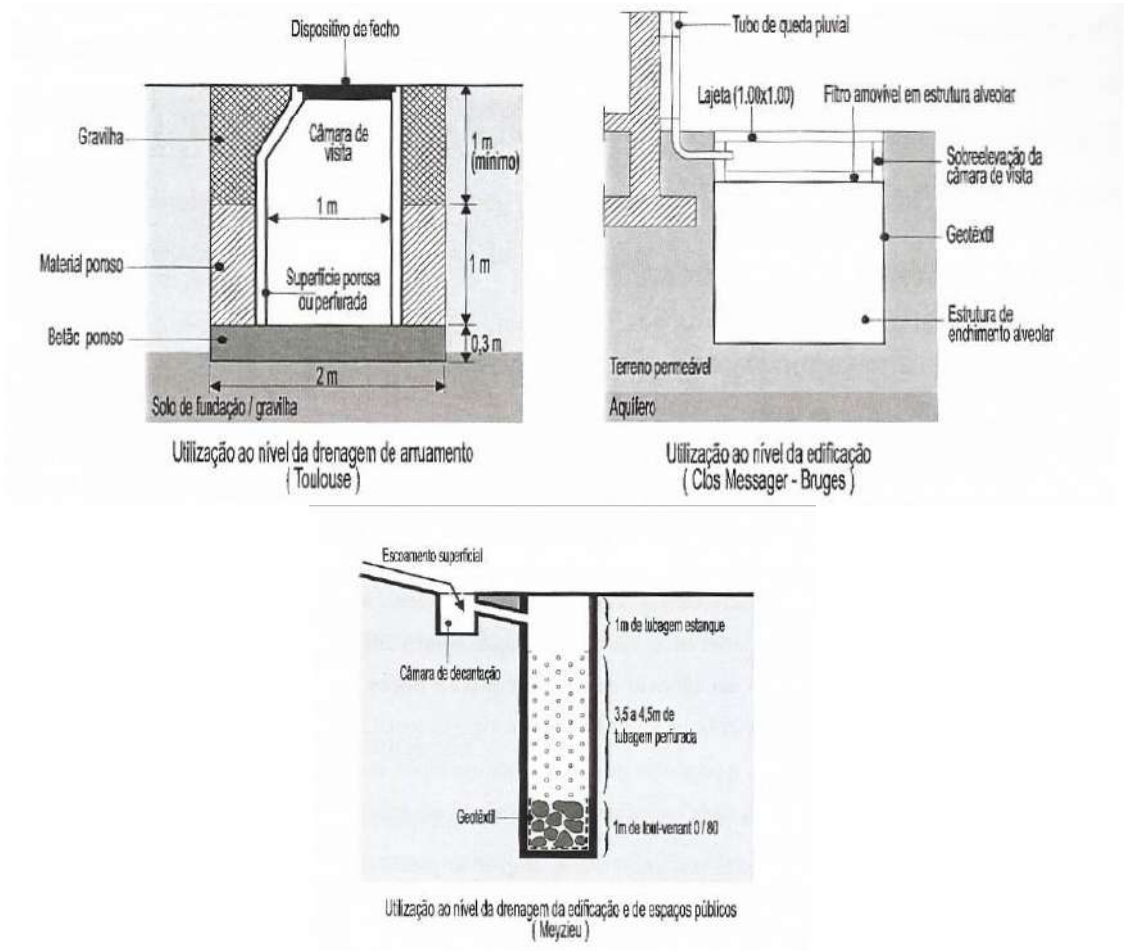


Figura 6.11 – Tipos de utilização de poços de infiltração em meio urbano (Chocat et al.1997)

Na Figura 6.12 exemplifica-se a possibilidade de associação do poço absorvente com outras técnicas de controlo na origem, designadamente bacias de infiltração e trincheiras de infiltração. Esta associação permite, por exemplo, no primeiro caso, conciliar uma capacidade de retenção superficial ou sub-superficial existente com uma capacidade acrescida de infiltração das águas pluviais para as camadas mais profundas do solo.

Os inconvenientes dos poços absorventes prendem-se com a escala reduzida dos efeitos de armazenamento e a tipologia dispersa da solução com a necessidade de manutenção regular e frequente para evitar fenómenos de colmatagem e com eventuais riscos de contaminação de águas subterrâneas.

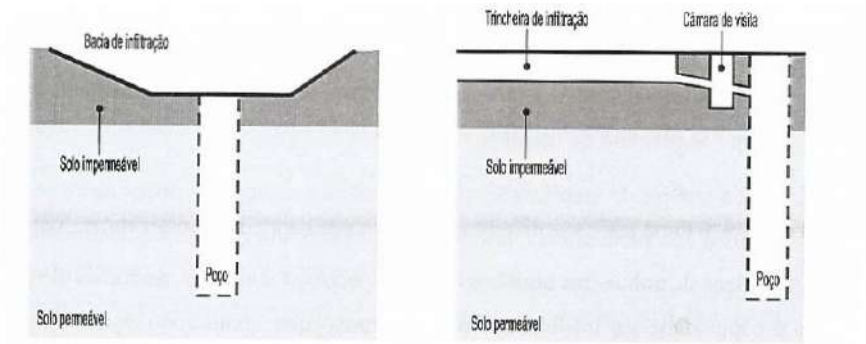


Figura 6.12 – Exemplificação da associação de poço absorvente com outras técnicas de controlo na origem (Azzout et al. 1994)

6.2.4.4 *Trincheiras de infiltração*

Definição e princípios de funcionamento

As trincheiras de infiltração de águas pluviais são dispositivos pouco profundos (profundidade em geral não superior a um metro), de desenvolvimento longitudinal, e que se destinam a drenar as águas pluviais recolhidas perpendicularmente ao seu desenvolvimento, através de infiltração ou de retenção e transporte até um ponto de destino final (nomeadamente meio recetor, poço de infiltração e coletor). No funcionamento hidráulico de uma trincheira de infiltração há assim a considerar as condições de entrada da água pluvial, a retenção ou o armazenamento temporário no seu interior e as condições de evacuação ou saída dessa água.

A alimentação de uma trincheira de infiltração pode ser feita diretamente através das escorrências superficiais ou através de rede de coletores, como se exemplifica na Figura 6.13.

A camada drenante superficial presta-se à utilização de uma variedade de materiais tais como lajes, blocos de material poroso ou alveolar, seixos e coberto vegetal, designadamente relva. A secção retangular drenante que constitui o núcleo do corpo da trincheira pode ser envolvido por uma camada de areia ou de geotêxtil para assegurar a filtração de matérias poluentes finas. Se as águas recolhidas são pouco poluídas a trincheira pode inclusivamente não dispor de cobertura, como se exemplifica na Figura 6.14.

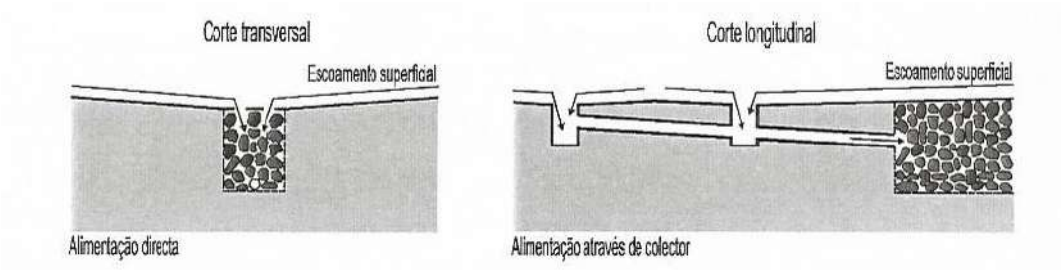


Figura 6.13 - Tipos de alimentação de trincheira de infiltração (Azzout et al. 1994)

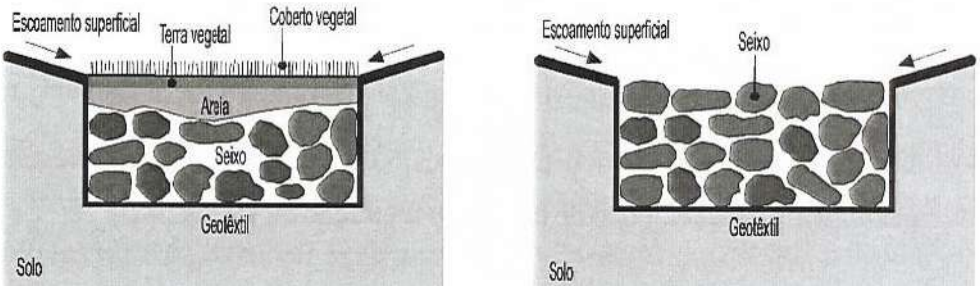


Figura 6.14 - Exemplos de trincheiras de infiltração com e sem cobertura (Azzout et al. 1994)

O armazenamento temporário da água pluvial no corpo da trincheira faz-se nos vazios do material que o compõe. Este material, que pode ser constituído por brita, blocos, estruturas alveolares em plástico ou ainda materiais de reutilização como, por exemplo, pneus usados, têm vazios que variam entre 30% e mais de 90%. A eventual colocação de drenos de difusão permite contribuir para uma melhor distribuição da água pluvial afluente no caso em que a alimentação se faz através de caixa de visita.

A saída da água pode efetuar-se por dois meios: i) de forma distribuída, através de infiltração direta no solo, constituindo uma trincheira dita de infiltração; ii) de forma localizada, através de dreno de saída para uma câmara de visita munida a jusante de dispositivo de regulação do caudal, constituindo uma trincheira dita de retenção. Na Figura 6.15 exemplificam-se estes dois tipos. As duas soluções podem também coexistir.

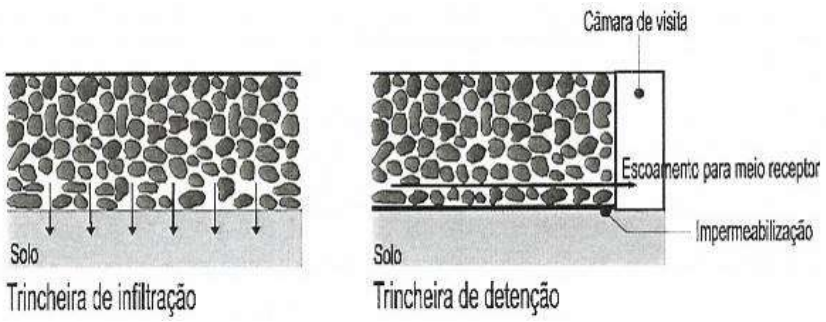


Figura 6.15 - Exemplos de trincheira de infiltração e de trincheira de retenção (Azzout et al. 1994)

No caso de uma trincheira de infiltração é aconselhável a colocação de um geotêxtil na base do seu núcleo drenante para evitar a migração de materiais finos para o seu interior.

Se existem nas proximidades da trincheira árvores ou arbustos, pode ser necessário instalar um sistema adequado de proteção a fim de evitar a penetração de raízes.

Vantagens e inconvenientes específicos

Entre as vantagens das trincheiras de infiltração conta-se a sua fácil integração no tecido urbano, as suas potencialidades na harmonização da paisagem urbana e na valorização do espaço, a relativa facilidade de execução e o custo acessível. Como vantagens específicas destes dispositivos, conta-se, geralmente, a elevada capacidade de absorção, que pode conduzir à dispensa de coletor a jusante. As trincheiras de infiltração constituem assim uma solução alternativa interessante em situações em que não existe meio recetor próximo. Estas técnicas não dispensam no entanto uma manutenção cuidada, indispensáveis à minimização de riscos de colmatagem. Por outro lado, poderá haver o risco de contaminação das águas subterrâneas, designadamente por ocorrência de poluição acidental.

A trincheira de infiltração é uma das técnicas de maior implantação atual ao nível das soluções de controlo na origem, em vários países europeus, nos Estados Unidos da América, Japão e Austrália. Inúmeras publicações, editadas ao longo da última década, traduzem, na prática, a experiência adquirida com realizações deste tipo (Fujita 1990, Somaratne & Argue 1990, Stenmark 1990, Geiger 1990, Pratt & Powell 1993, Hopkins & Argue 1993 e O´Loughlin *et al.* 1995).

Na Alemanha foi concebido e desenvolvido um sistema ("mulden-rigolen-system", designação original alemã, ou "swale-infiltration-trench-system", na terminologia inglesa) hoje patenteado, representado esquematicamente na Figura 6.16. O comportamento deste tipo de sistema foi investigado, ao longo dos últimos 5 anos, tendo hoje grande aplicação prática (Sieker 1998). Este sistema, entendido como uma solução desconcentrada de gestão pluvial, combina três funções: a infiltração, que é maximizada em função das condições de permeabilidade do solo; a retenção ou armazenamento, tão longa quanto possível para tornar mais eficaz o processo de infiltração; o transporte da eventual água pluvial remanescente, através de coletor, em situações em que tal é necessário para garantir condições adequadas de drenagem. Em Hannover-Kronsberg, área confinante com a Exposição HANNOVER 2000, várias soluções deste tipo foram projetadas e construídas.

Muitas outras situações de integração de trincheiras de infiltração em meio urbano estão ilustradas na bibliografia da especialidade, não só na Europa mas também nos Estados Unidos da América, no Japão e na Austrália, sendo bem elucidativas da sua flexibilidade e do domínio de aplicação.

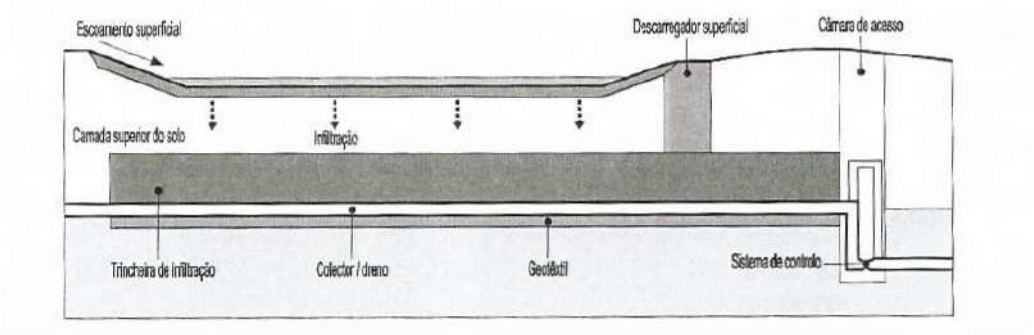


Figura 6.16 - Sistema de retenção/infiltração mulden-rigolen (Sieker 1998)

6.2.4.5 *Valas revestidas com coberto vegetal*

Definição e princípios de funcionamento

As valas revestidas com coberto vegetal ("swales", na terminologia inglesa, e "noues" ou "fosses", na terminologia francesa) são dispositivos de desenvolvimento longitudinal, a céu aberto, geralmente de pequena profundidade, de secção variável, podendo ser triangular, trapezoidal ou curva de pequena curvatura, e revestidas com coberto vegetal. Destinam-se a recolher as águas de escorrência superficial, transportando-as lentamente (tempos de escoamento elevados), proporcionando efeito de armazenamento e, se possível, a sua infiltração ao longo do percurso. Na Figura 6.17 exemplificam-se duas situações de funcionamento hidráulico típico destas valas, privilegiando essencialmente a infiltração (vala de infiltração) ou a retenção (vala de retenção).

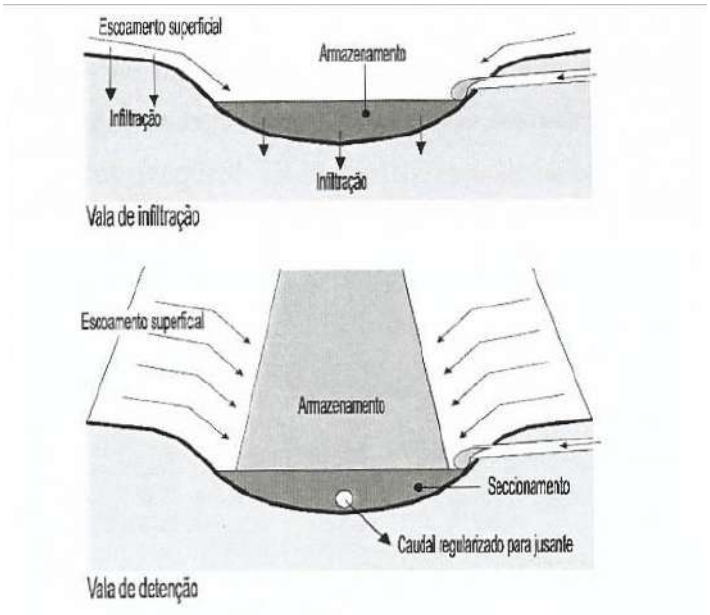


Figura 6.17 - Vala de infiltração e vala de retenção

São dispositivos aplicados com frequência na bordadura de arruamentos ou estradas, podendo igualmente constituir soluções bem integradas no espaço verde das urbanizações ou de áreas de utilização pública. Na Figura 6.18 esquematiza-se uma vala relvada com

dispositivos de seccionamento transversal em madeira. Esta solução permite não só aumentar a capacidade de armazenamento nos casos em que a inclinação longitudinal não é negligenciável mas também garantir o acesso de eventuais ligações laterais de lotes ou parcelas de terreno.

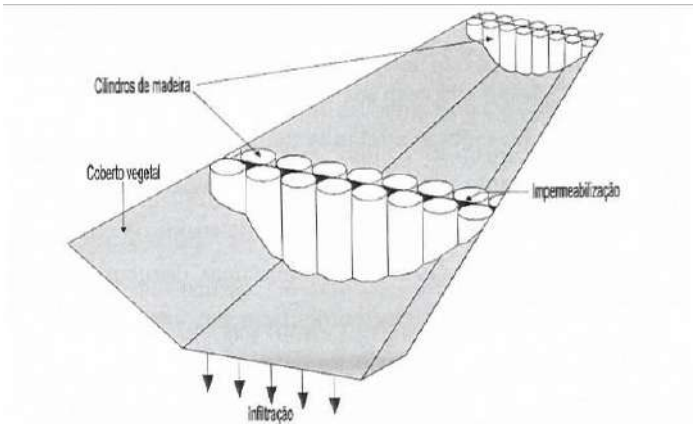


Figura 6.18 - Vala relvada com seccionamento transversal em madeira (adaptado de Thomachot 1981)

Na Figura 6.19 pode observar-se uma vala relvada integrada no espaço verde de uma urbanização. O tipo de coberto vegetal a utilizar, em geral relva ou plantas rasteiras, deve ser adaptado ao tipo de escoamento previsto, ao solo e ao clima. Devem evitar-se espécies vegetais de folha caduca para minimizar a obstrução de eventuais dispositivos de regulação de caudais.

Figura 6.19 - Vala relvada integrada em espaço verde

Vantagens e inconvenientes específicos

As valas revestidas de coberto vegetal têm como vantagem servir de meio recetor às águas de escorrência superficial, assegurando a condução gravítica para os pontos mais baixos da área em estudo. Entre as vantagens destes dispositivos contam-se as suas potencialidades de integração paisagística e de valorização do espaço, a relativa facilidade de execução e o baixo custo. Estas técnicas não dispensam, no entanto, uma manutenção cuidada, indispensável à manutenção das condições hidráulicas de escoamento e à minimização de riscos de colmatagem. Por outro lado, pode haver risco de contaminação das águas subterrâneas designadamente por ocorrência de poluição acidental, pelo que, em situações

particularmente vulneráveis, poderá ser necessário prever a integração de dispositivos de interceção e tratamento.

6.2.5 Considerações finais

Tal como referido anteriormente, a aplicação de "soluções de controlo na origem de águas pluviais" numa perspetiva de gestão integrada da água em meio urbano é ainda incipiente em muitos países do Mundo.

Esta situação pode e deve alterar-se nomeadamente com uma maior aposta na conceção integrada das infraestruturas de drenagem, ao nível do ordenamento do território e do planeamento urbanístico.

Em Portugal, o Decreto-Regulamentar n.º 23/95, que aprova o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água incentiva a utilização de soluções alternativas, no Art.º 118 relativo à Conceção dos sistemas, refere-se o seguinte:

- Na conceção de sistemas de drenagem de águas pluviais devem ser cuidadosamente analisadas as áreas em que o escoamento se pode fazer superficialmente, com o objetivo de reduzir, por razões económicas, a extensão da rede.
- Nos sistemas referidos no ponto anterior devem ser cuidadosamente analisadas as soluções que, interferindo quer ao nível da bacia hidrográfica, quer ao nível do sistema de drenagem propriamente dito, possam contribuir, por armazenamento, para a redução de caudais de ponta.

As soluções de controlo na origem, pelas características que apresentam, são compatíveis com a evolução das infraestruturas, em termos de desenvolvimento sustentado, pois permitem, em regra, economias globais significativas, em relação às soluções convencionais de drenagem enterrada, em termos de recursos económicos e materiais.

6.3 Utilização da água

A gestão da água pluvial na cidade sugere a conciliação de objetivos complementares e, em certa medida, antagónicos. Por um lado, pretende-se como objetivo primordial minimizar riscos de inundação, que tem tendência a aumentar face à evolução de ocupação do território e face às alterações climáticas (sobretudo subida do nível do mar). Por outro lado, pretende-se reter esse recurso, a água, no sentido da sua utilização posterior, em tempo seco.

No caso de acontecimentos extremos, a "filosofia" será permitir que a água se escoe o mais rapidamente possível, com um mínimo de perturbações à superfície, para o seu destino final. Ou seja, a capacidade de transporte das infraestruturas enterradas deve ser tal que não se acumule água à superfície, pelo menos em quantidades significativas. Este objetivo consegue-se, naturalmente, com infraestruturas de elevada dimensão física (i.e. diâmetro) e capacidade compatível com os caudais de projeto. Os tempos de percurso dos caudais

nessas infraestruturas urbanas são reduzidos, tipicamente entre 15 e 30 minutos, podendo chegar a 2 a 3 h, no limite, no caso das maiores bacias.

Mas por outro lado pretende-se, no possível, reter a água, para seu aproveitamento posterior. As soluções de controlo na origem permitem, em regra, cumprir bem esse segundo objetivo, porque se baseiam na retenção à superfície e/ou infiltração de água nos equíferos, que por sua vez funcionam como reservatórios naturais. No seu percurso, a água infiltrada sofre também processos físicos e químicos que contribuem para o seu tratamento ou afinação, em termos de qualidade da água, permitindo o seu aproveitamento para usos compatíveis, seja para rega de espaços verdes, irrigação agrícola ou limpeza urbana, entre outros.

Um dos aspetos a realçar é a possibilidade do aproveitamento de infraestruturas que se vão construir, como por exemplo os dois túneis, para a implementação de diversas "*utilities*", nomeadamente redes de comunicação e de transporte de águas de serviço. Basicamente, trata-se do aproveitamento do efluente tratado da ETAR de Alcântara, para transporte por conduta, no interior do túnel, ao longo do trajeto Campolide – Sta. Marta – Sta. Apolónia, com saídas possíveis em Sta. Marta e Sta. Apolónia, a utilizar, por exemplo, na rega de espaços verdes do Parque Eduardo Sétimo, ou ao longo dos espaços verdes da Av. da Liberdade.

A potencialidade de aproveitamento de energia (através de turbinas) é limitada, dado o caráter pontual dos caudais, sua variabilidade, e, em regra, reduzidas quedas disponíveis.

6.4 Síntese e considerações finais

Os sistemas de drenagem de água pluvial são infraestruturas destinadas a servir uma estrutura principal (edificações, parques urbanos, vias de circulação). Por outro lado, em novas urbanizações, as regras urbanísticas devem ser delineadas no sentido de se adequarem a uma maior facilidade de construção e economia das redes de drenagem.

No caso das bacias de drenagem que não são de cabeceira, o caudal de superfície afluente às respetivas secções de jusante não é, em regra, igual ao caudal originado nas próprias bacias, dado o facto dos dispositivos intercetores da águas pluvial, implantados a montante, não recolherem, em geral, a totalidade dos caudais afluentes.

A problemática da redução de caudais de ponta de cheia e volumes de escoamento afluentes à rede de drenagem deve estar sempre presente no espírito do planeador e do projetista. Soluções com recurso a escoamento a céu aberto e de infiltração (como valas revestidas com coberto vegetal, bacias de retenção, poços absorventes, pavimentos com estrutura reservatório e trincheiras filtrantes podem, em inúmeros casos, ser aconselháveis, do ponto de vista económico e do ponto de vista estético e de interesse social.

No contexto da drenagem urbana, é em regra vantajoso conciliar técnicas descentralizadas, tipo "controlo na origem", com intervenções centralizadas mais clássicas, incluindo redes de coletores e outras infraestruturas para o desvio e transporte de caudais elevados.

7 CRITÉRIOS DE VERIFICAÇÃO E DIMENSIONAMENTO E DE MODELAÇÃO DE DESEMPENHO DE INFRAESTRUTURAS

7.1 Critérios de verificação e dimensionamento

7.1.1 Períodos de retorno e cenários de simulação

O artigo 130.º do Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de agosto refere que:

- "Os períodos de retorno mais frequentemente utilizáveis são 5 ou 10 anos, que podem ser reduzidos para 2 ou mesmo 1 ano em situações criteriosamente estudadas de bacias muito planas, com uma percentagem elevada de espaços livres permeáveis, ou aumentados para 20 ou 25 anos em grandes bacias densamente edificadas e declivosas";
- "Em situações de descontinuidade topográfica de difícil ou impossível escoamento superficial podem ser mais elevados os períodos de retorno".

No caso presente, foram considerados:

- 10 anos, para infraestruturas de drenagem (coletores), e para os reservatórios de regularização;
- 100 anos, para infraestruturas estruturantes localizadas em grandes bacias, ou seja, o caso dos dois túneis.

As simulações foram efetuadas para os seguintes cenários base:

- *Cenário 1* (situação atual) – Considerou-se a intensidade de precipitação obtida para o período de retorno de 10 anos conforme as curvas IDF para Lisboa, bem como o hietograma de projeto-tipo que se apresenta no subcapítulo 7.1.2. 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.

7.1.2 Precipitação de projeto

Para a definição da precipitação de projeto, foi adotado o hietograma de projeto para Portugal (Matos, 1987) com uma duração de 4 horas, sendo a intensidade dos blocos determinada de acordo com as relações propostas e as linhas de Intensidade-Duração-Frequência (IDF) estimadas para Lisboa (Brandão *et al.*, 2001), para o posto udométrico do Instituto Geofísico do Infante D. Luiz (IGDL) e para o posto udométrico Lisboa-Portela. No Quadro 7.1 apresentam-se os valores dos coeficientes a e *b* destas curvas, para diversos os períodos de retorno.

Quadro 7.1 - Parâmetros das curvas IDF (Brandão *et al.*, 2001)

Duração da chuvada	T (anos)	Lisboa (IGL)		Lisboa-Portela	
		a	b	a	b
< 30 min	2	176,46	-0,529	187,70	-0,516
	5	214,32	-0,499	294,15	-0.555
	10	239,69	-0,489	365,58	-0.571
	20	264,16	-0,477	434,48	-0,581
	50	295,96	-0,467	524,03	-0,592
< 6h	2	251,81	-0.628	359,15	-0,711
	5	345,32	-0,634	417,04	-0,665
	10	407,36	-0,637	461,54	-0,647
	20	466,92	-0,639	506,26	-0,634
	50	544,07	-0,641	565,82	-0,623
	100	601,92	-0,642	611,24	-0,616
	500	735,65	-0,644	717,68	-0,605
	1000	793,16	-0,645	763,86	-0,602
< 48 h	2	362,78	-0,698	474,64	-0,756
	5	545,58	-0,721	763,29	-0,764
	10	670,81	-0,732	955,11	-0,767
	20	792,97	-0,739	1139,4	-0,769
	50	953,23	-0,747	1278,1	-0,771

O hietograma de projeto, que consta da Figura 7.1, apresenta a duração total de 4 horas, período intenso centrado e de intensidade constante - V_2 - de duração entre 10 e 60 minutos e a seguinte relação volumétrica entre os períodos que antecedem e precedem o período mais intenso: $V_1 = 1{,}5 \cdot V_3$.

Para o período de retorno escolhido, determina-se o volume total do hietograma através de curvas IDF pela expressão $P=a.t^{b+1}$, considerando uma duração de 4h. O volume do bloco central, mais intenso, é determinado através do mesmo procedimento, adotando uma duração (T_M) de 10, 15, 20, 30 ou 60 minutos. Os volumes V_1 e V_3 são determinados através

da diferença entre o volume total e V_2 (Vieira, 2006). A Figura 7.2 apresenta, a título indicativo, o hietograma de projeto com período de retorno de 10 anos, construído pelo procedimento descrito para as curvas IDF do posto IGDL.

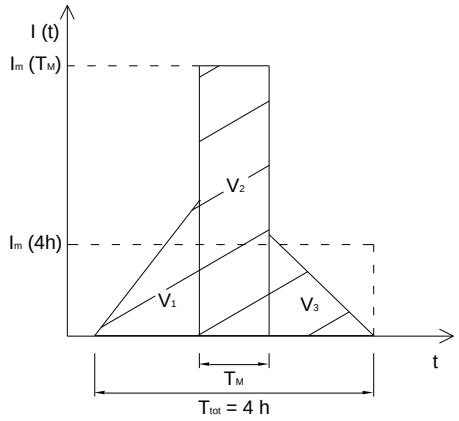


Figura 7.1 - Hietograma de projeto para Portugal (Matos, 1987)

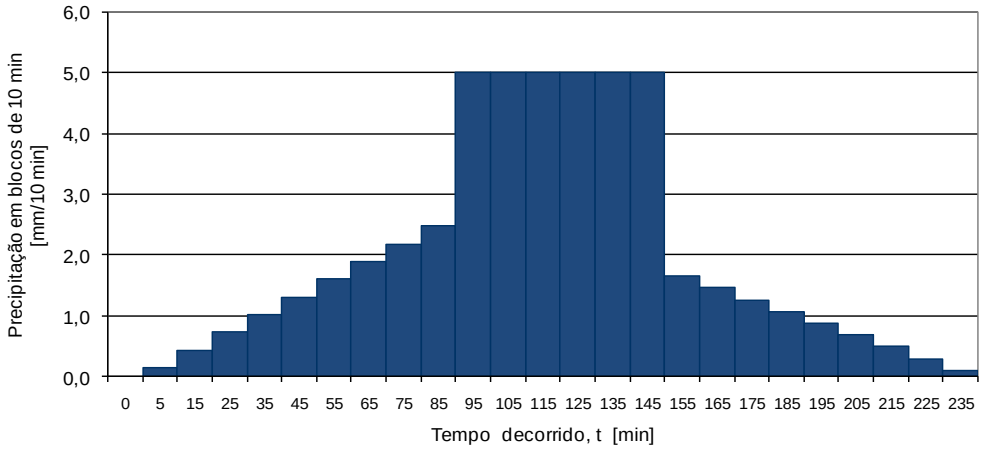


Figura 7.2 - Hietograma de projeto para o período de retorno de 10 anos (precipitações acumuladas em intervalos de 10 min) - Curvas IDF do posto IGDL

7.1.3 Critérios de verificação e dimensionamento hidráulico de coletores

O escoamento das águas residuais ao longo dos coletores, efetuado em superfície livre e em regime permanente e uniforme, pode calcular-se com recurso à expressão de Gauckler-Manning-Strickler. Os declives de soleira a adotar como mínimos, de um ponto de vista hidráulico e sanitário, devem ser tais que a velocidade de escoamento seja suficientemente elevada para evitar a sedimentação da matéria sólida e permitir o arrastamento do material acumulado em horas de reduzida afluência. Não devem, contudo, ultrapassar um limite máximo, para que não se manifestem turbulências e impulsos inconvenientes.

Coletores separativos domésticos

No dimensionamento dos coletores separativos domésticos considera-se, em conformidade com o regulamento da Câmara Municipal de Lisboa, um diâmetro mínimo de 315 mm.

Foi adotado, também, o critério de considerar, um declive mínimo dado pelo inverso do diâmetro (expresso em mm), que assegura uma velocidade de escoamento igual ou superior a 0,6 m/s para o caudal de secção cheia, verificando, assim, o estipulado na alínea c) do Artigo 133º Capítulo IV, Título IV do Decreto Regulamentar nº 23/95, de 23 de agosto. As velocidades reais calculadas pela expressão empírica de Manning e correspondentes a caudais reduzidos serão, no entanto, inferiores. Relativamente às tensões de arrastamento a meia secção (iguais às de secção cheia) defende-se que estas sejam superiores a cerca de 2 N/m^2, o que também fica assegurado uma vez fixado o declive mínimo estabelecido.

Ainda de acordo com o referido no Artigo 133º do mesmo Decreto Regulamentar, foi considerada uma velocidade máxima de escoamento para o caudal de ponta no horizonte de projeto de 3 m/s, bem como o facto da altura da lâmina líquida não dever exceder metade do diâmetro do coletor para tempo seco.

A verificação hidráulica foi efetuada tendo em conta as inclinações máxima e mínima dos coletores que constituem cada um dos trechos, com a finalidade de respeitar os critérios de dimensionamento regulamentares.

Coletores unitários e separativos pluviais

Conforme consta 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), no dimensionamento hidráulico dos coletores pluviais consideram-se os seguintes critérios:

- velocidade máxima de escoamento pluvial de 5 m/s para o caudal de ponta;
- velocidade mínima de escoamento pluvial de 0,9 m/s;
- altura máxima de escoamento igual ao diâmetro do coletor (escoamento em secção cheia);
- declive mínimo de 0,003 m/m ($i \leq 0{,}003$ m/m em circunstâncias justificadas, por cálculo hidráulico-sanitário);
- declive máximo de 0,15 m/m;
- profundidade mínima de assentamento, medida ao extradorso dos coletores, de 1,00 m;
- período de retorno de 10 anos (com exceção dos túneis, para T=100 anos).

A verificação do comportamento hidráulico dos coletores pluviais foi efetuada atendendo aos critérios mencionados. A capacidade hidráulica e a velocidade do escoamento a secção cheia foram determinadas recorrendo à fórmula de Manning-Strickler, admitindo um coeficiente K_s em conformidade com os materiais que constituem as tubagens.

No caso dos túneis, consideraram-se para os eventos anteriores, a possibilidade de entrada em pressão e limites de velocidade superiores a 5 m/s.

7.2 Modelação do comportamento do sistema

7.2.1 Modelo concetual

A complexidade do sistema de drenagem de Lisboa e a necessidade de realização em tempo útil de um conjunto de avaliações de desempenho e de análises comparativas de diferentes alternativas levaram à adoção, inicialmente, de um modelo simplificado de avaliação dos caudais de afluentes às principais secções de rede de drenagem. Este modelo recorreu a conceitos e operações de informação geográfica, em particular análise de redes, e possibilitou a estimativa dos caudais em tempos seco e húmido para diferentes cenários demográficos e períodos de retorno e o cálculo da altura e velocidade do escoamento e do tempo de percurso. As bacias de drenagem são representadas por polígonos, os troços de coletor por linhas e os nós por pontos.

No caso das infraestruturas de maior dimensão, túneis, reservatórios e coletores principais, como é o caso do caneiro de Alcântara e seus afluentes principais, recorreu-se ao modelo SWMM. Em situações particulares, para além do SWMM, também se recorreu a modelação 2D (caso das bacias que drenam para a baixa de Lisboa).

Para o modelo simplificado, a área em análise foi dividida em várias bacias justapostas, que podem ser de cabeceira, quando drenam na sua totalidade para o nó de montante de um coletor, ou de percurso, quando o caudal nelas gerado aflui de forma distribuída a um troço de um coletor. Cada troço tem um nó de montante e um nó de jusante. Podem existir situações em que vários troços de coletor partilham um dado nó de jusante. No caso dos descarregadores, os dois coletores a jusante do descarregador partilham o nó de montante (o descarregador). A Figura 7.3 apresenta um exemplo simples deste modelo, apenas com bacias com redes unitárias. As bacias B1, B2, B7, B9 e B12 são bacias de cabeceiras, sendo as restantes de percurso.

A rede concetual definida incluiu 421 sub-bacias, 797 nós e 753 troços de coletores que totalizam cerca de 173 km. A análise da rede conclui pela existência de 218 nós de cabeceira e 48 nós finais que descarregam nos intercetores da SIMTEJO, no rio Tejo ou nas redes dos concelhos limítrofes (Figura 7.4).

Os valores de caudal gerado em tempo seco foram estimados avaliando separadamente o caudal doméstico gerado em habitações e o caudal proveniente de outros tipos de uso da água, como o comércio, a indústria e os serviços.

O caudal doméstico (gerado nas habitações) foi estimado a partir das estimativas da população residente e dos valores de capitação de consumo doméstico adotados pelo Plano Geral de Abastecimento da cidade de Lisboa para as zonas de expansão da rede para os anos de 2005 e 2025, respetivamente 154 l/hab/dia e 145 l/hab/dia. A estimativa do caudal gerado na atividade comercial, industrial e de serviços foi baseada nos dados dos cerca de

90 000 ramais da EPAL e dos concelhos de Loures e Amadora. O caudal de infiltração foi estimado como uma percentagem do caudal médio do coletor, que, na ausência de informação de campo fiável sobre o estado de conservação da rede principal, se assumiu ser igual a 50% do caudal médio em tempo seco.

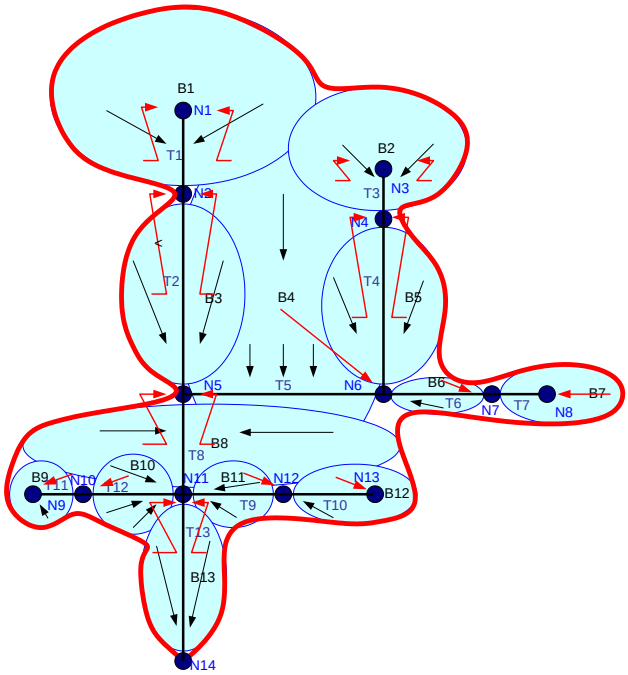


Figura 7.3 – Esquema de ligação dos conceitos base do modelo

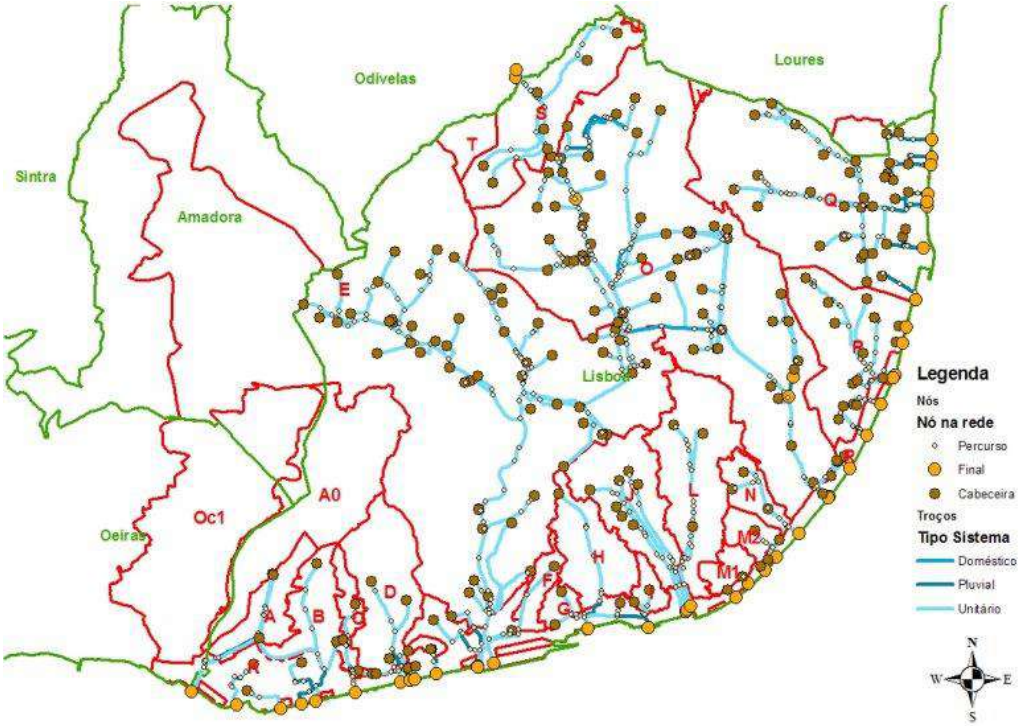


Figura 7.4 – Rede concetual do PGDL

O caudal pluvial foi estimado pela aplicação do método racional generalizado. O caudal de ponta em cada secção da rede de drenagem foi calculado pela seguinte expressão:

$$Q_p = C_{global} \cdot i \cdot A$$

Nesta expressão, os símbolos têm o seguinte significado:

- C_{global} – coeficiente de redução do método racional associado à área a montante da secção que drena para a secção em análise;
- i – intensidade de precipitação associada a uma duração de chuvada igual ao tempo de concentração do escoamento na secção em análise;
- A – área a montante da secção que drena para a secção em análise.

O valor do coeficiente do método racional generalizado, C_{global}, é a média ponderada dos coeficientes das sub-bacias que drenam para a secção em análise em tempo húmido, designadamente aquelas que são servidas por coletores unitários ou pluviais.

O coeficiente C_{global} de cada sub-bacia foi estimado tendo em conta o uso do solo (% de áreas impermeáveis), declive do terreno e tipo de solo, tal como consignado no Método Racional Generalizado ($C_{global}=C_1 x C_2 x C_3$).

A intensidade de precipitação foi calculada para uma duração de chuvada igual ao tempo de concentração do escoamento na secção em análise. Este tempo de concentração corresponde ao tempo de escoamento desde o ponto mais afastado até à secção em análise, incluindo o tempo inicial e o tempo de percurso no troço modulado. O tempo inicial, por sua vez, pode ser decomposto em duas parcelas: o tempo até chegar aos coletores secundários da bacia (não modulados) e o tempo de percurso (tp) nos coletores não modulados, dado por:

$$t_p = \left(\frac{2\sqrt{A)}}{(1 \times 60)} \right)$$

Caudal em tempo seco

Em tempo seco, o caudal de ponta que aflui a cada secção significativa da rede de drenagem, correspondente a um nó da rede concetual, pode ser estimado por:

$$Q_s = Q_{res} + Q_{\inf} = Q_{dom} + Q_{cis} + Q_{\inf}$$

- Q_s – caudal em tempo seco;
- Q_{res} – caudal de águas residuais;
- Q_{dom} – caudal doméstico;
- Q_{cis} – caudal da atividade comercial, industrial e de serviços;
- Q_{inf} – caudal de infiltração.

Os resultados obtidos apresentam valores para três horizontes temporais: 2001, 2025 e 2045.

Caudal em tempo húmido

Em tempo húmido o caudal que aflui a cada secção significativa da rede de drenagem, correspondente a um nó da rede concetual, pode ser estimado por:

$$Q_h = Q_p + Q_s = Q_p + Q_{res} + Q_{\inf} = Q_p + Q_{dom} + Q_{cis} + Q_{\inf}$$

- Q_h – caudal em tempo húmido;
- Q_p – caudal pluvial.

Os resultados obtidos apresentam valores para combinações de três horizontes temporais (2001, 2025 e 2045) e diversos períodos de retorno.

Cálculo Hidráulico

Na avaliação das condições de escoamento nos coletores incluídos na rede concetual, foi utilizada a equação de Gauckler-Manning-Strickler que permite determinar, em regime permanente e uniforme, a capacidade de escoamento e as correspondentes velocidade e tempo de escoamento. A equação foi aplicada para avaliar a capacidade de escoamento em secção cheia da rede existente, assim como para estimar a velocidade e o tempo de escoamento que decorrem dos caudais gerados em tempo seco e em tempo húmido, para eventos pluviosos com diferentes períodos de retorno.

Na ausência de informação fidedigna sobre o material e estado de conservação dos coletores, assumiu-se, numa primeira fase, o valor de 75 $m^{1/3}s^{-1}$ para o coeficiente K_s.

7.2.2 Modelação 1D – SWMM

Descrição sumária do SMWW

O programa SWMM (*Storm Water Management Model*) foi desenvolvido pela EPA (*US Environmental Protection Agency*) e consiste num modelo dinâmico 1D para a simulação do escoamento superficial e transporte de poluentes, à superfície das bacias de drenagem e no interior dos coletores. O modelo quantitativo e qualitativo é muito divulgado nos Estados Unidos da América, sendo aplicado especialmente a áreas urbanas para simulação de ocorrências de curto ou longo período de tempo.

O modelo foi inicialmente desenvolvido em 1971 e tem sido continuamente atualizado, incluindo atualmente a simulação de escoamento em "contra-corrente", sob pressão, e com efeitos de regolfo, bem como ferramentas de análise estatística e elaboração de hidrogramas e polutogramas. A versão mais recente do SWMM (versão 5.0.004) corre em ambiente *Windows* e foi desenvolvida conjuntamente pela EPA e por uma empresa de consultoria, a CDM, Inc. O SWMM inclui os módulos "Runoff", "Transport" e "Extran", progressivamente mais detalhados: as simulações de qualidade baseiam-se nos módulos "Runoff" e "Transport"

que não permitem a simulação de escoamentos em "contra corrente" nem sob pressão, embora este tipo de escoamentos possa ser simulado através do módulo "Extran" ("Extended Transport Module") que resolve, nomeadamente, as equações completas de Saint Venant. O módulo "Transport" baseia-se no modelo cinemático.

O SWMM utiliza os seguintes princípios: propagação do escoamento superficial avaliada pelo método do hidrograma unitário; perdas hidrológicas, incluindo retenção superficial e infiltração, modeladas pelas fórmulas de Horton e Green-Ampt e pelo "Número do escoamento" do *Soil Conservation Service*; propagação do escoamento superficial descrita pelo modelo cinemático; propagação do escoamento na rede de coletores descrita pelo modelo dinâmico completo (equações completas de Saint-Venant), ou pelo modelo cinemático ou difusivo. A acumulação de poluentes no escoamento superficial pode ser avaliada por equações de potência, exponenciais (equação exponencial de Alley e Smith, 1981) e de saturação (equação de Michaelis-Menton) e o arrastamento de poluentes no escoamento superficial pode ser avaliado pela equação exponencial de Jewell e Adrian (1978). A modelação do transporte de poluentes é feita por advecção e mistura nas condutas, e por escoamento em reatores em êmbolo ou de mistura completa, em tanques de armazenamento.

A validação do modelo é especialmente relevante para simulações que visem a qualidade, tendo em conta resultados de campanhas de medição de caudais e de poluentes. Informação adicional do modelo consta em Delleur (1996) (citado por Schütze *et al.*, 2002), em Almeida (1999) e em Rossman (2005).

Construção do modelo

A construção do modelo teve por base a caracterização física detalhada das componentes do sistema de drenagem, incluindo bacias de drenagem, intercetores, descarregadores, instalações elevatórias e outro tipo de equipamento, atendendo à informação presente no cadastro e nos diversos estudos consultados. Na elaboração do modelo, foram considerados os principais coletores que constituem o sistema de drenagem da cidade, tendo-se pormenorizado mais a rede nas zonas baixas que são, geralmente, as zonas mais críticas do sistema. Nesses locais, a grande maioria das infraestruturas de drenagem foram detalhadas e modeladas. Na Figura 7.5 apresenta-se, a título ilustrativo, o modelo desenvolvido em SWMM relativamente ao Sistema de Alcântara.

Salienta-se que o Caneiro de Alcântara, a zona baixa de Alcântara, as bacias da Av. da Liberdade, Av. Almirante Reis e as infraestruturas principais do sistema de Chelas mereceram especial atenção e foram modeladas com maior detalhe, uma vez que são as bacias onde se concentram grande parte das soluções estruturantes propostas neste Plano Geral de Drenagem de Lisboa 2016-2030. A calibração do modelo foi efetuada com base nas medições de caudais realizados pela SIMTEJO/AdLVT.

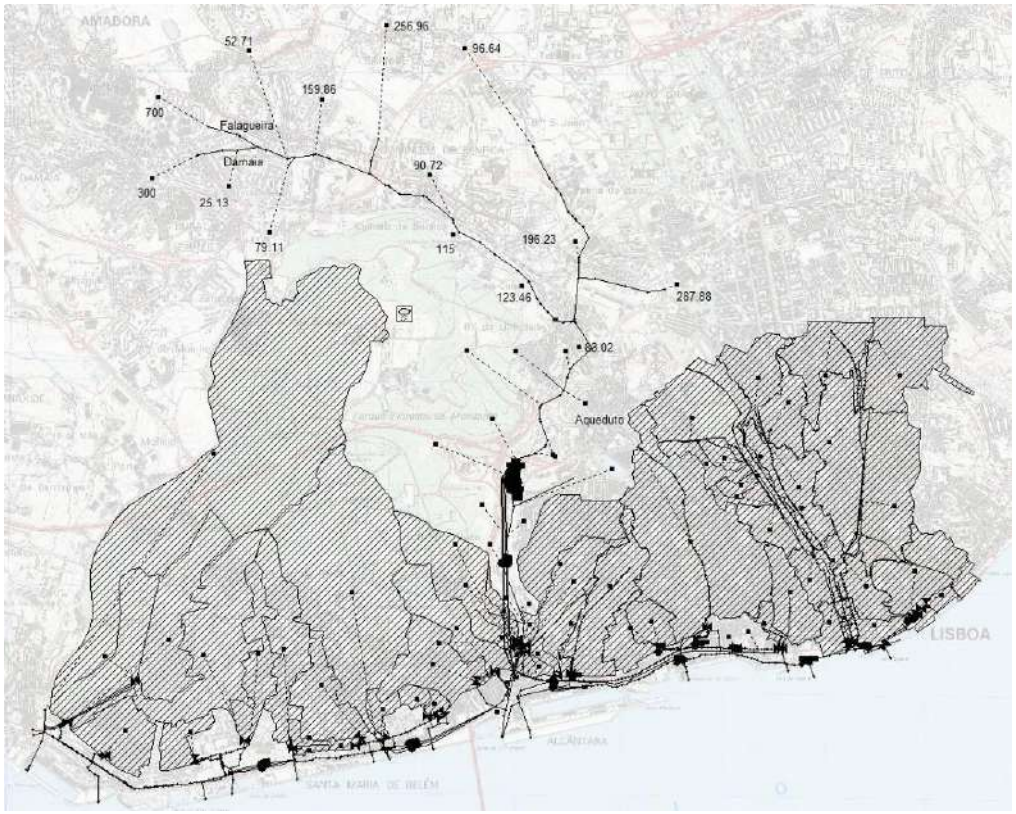


Figura 7.5 - Representação do modelo dinâmico realizado em SWMM para o sistema de Alcântara

7.2.3 Modelação 2D

Descrição sumária do modelo

A modelação 2D foi realizada para avaliar as condições de escoamento, nos coletores e à superfície, dos caudais pluviais gerados nas bacias da Av. Liberdade, Av. Almirante Reis e baixa de Lisboa. Neste estudo foi aplicada uma versão integrada do modelo MOHID Land com o modelo SWMM, permitindo simular a drenagem no sistema de coletores, a drenagem superficial e o escoamento nas linhas de água de uma forma integrada.

O MOHID Land é um modelo matemático desenvolvido e mantido pela Universidade de Lisboa em conjunto com a ACTION MODULERS. Este modelo permite simular um vasto conjunto de processos hidrológicos e hidráulicos que ocorrem em bacias hidrográficas e é usado por centenas profissionais em mais de 40 países. O MOHID Land é um modelo variável no tempo e espacialmente distribuído que simula diversos processos hidrológicos que ocorrem nas bacias hidrográficas, nomeadamente:

- precipitação variável no espaço e no tempo;
- evaporação e transpiração do solo, das plantas e da água parada;
- escoamento de água em meios porosos saturados e não-saturados (3D);
- escoamento superficial da água em função do uso do solo com diferentes opções de simulação (onda cinemática, dinâmica e difusa);

- infiltração em função da impermeabilização do solo, propriedades físicas do solo e sua saturação;
- interceção da chuva pela vegetação.

Para a simulação integrada de cheias urbanas, o MOHID Land e o SWMM foram integrados num único modelo, em que o MOHID Land é usado para simular todos os processos superficiais na bacia hidrográfica (precipitação, infiltração e escoamento superficial) e o SWMM simula o escoamento nos coletores.

A água pode "sair" do modelo MOHID Land para o modelo SWMM através de sumidores e sargetas e, caso os coletores entrem em carga, "voltar" à superfície através das caixas de visitas. Toda a troca de água entre os modelos é calculada em função de gradientes hidráulicos.

Construção do modelo

A área de estudo considerada para a construção do modelo concentrou-se nas bacias J e L. A Baixa de Lisboa está localizada na confluência de duas ribeiras pequenas, uma localizada sob a Av. Almirante Reis e outra localizada por baixo da Av. da Liberdade. A bacia hidrográfica definida por estas ribeiras, atualmente urbanizada, tem uma área aproximada de 3 km^2 e localiza-se inteiramente no município de Lisboa. Toda a água pluvial da bacia é drenada por um sistema de coletores que convergem para o Terreiro de Paço. A Figura 7.6 mostra os limites da bacia hidrográfica.

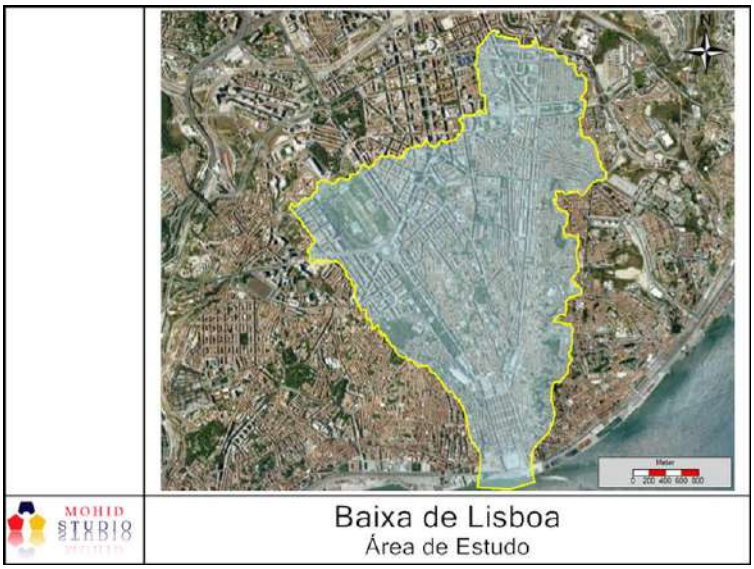


Figura 7.6 - Limites da bacia hidrográfica (amarelo)

A implementação do modelo MOHID Land foi baseada numa malha computacional com cerca de 500 000 pontos de cálculo, que corresponde a uma resolução espacial de aproximadamente 4 m. A Figura 7.7 mostra um pormenor da malha computacional na zona do Rossio. Todos os dados para a implementação do modelo foram interpolados para a malha computacional.

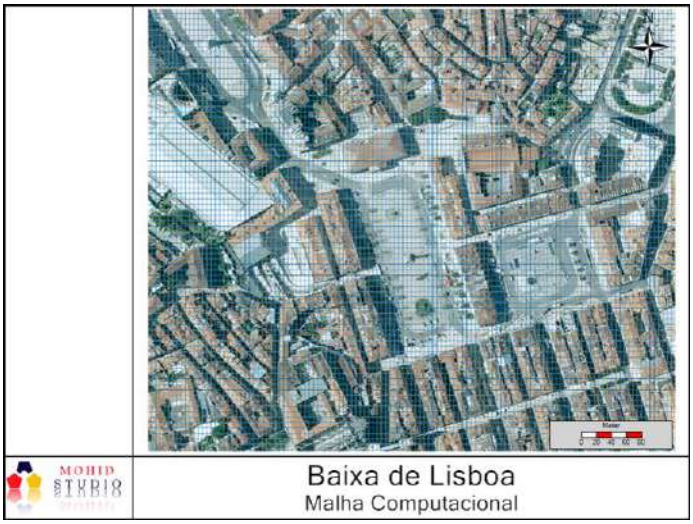


Figura 7.7 - Malha computacional – Zona do Rossio

A implementação do modelo integrado foi baseada no modelo previamente validado no âmbito do projeto CIRAC. No âmbito do presente estudo, foram realizados testes adicionais, como, por exemplo, testes de conservação de massa para verificar o correto funcionamento do modelo integrado.

8 SÍNTESE DE CAUDAIS DE TEMPO SECO E DE TEMPO DE CHUVA

Os caudais gerados nas diversas bacias de drenagem afluentes à rede de coletores do sistema de Lisboa foram estimados para duas situações distintas: em tempo seco, afluem à rede de drenagem os caudais de água residual provenientes das habitações e dos estabelecimentos comerciais, industriais e de serviços, assim como infiltração com origem nos aquíferos locais; em tempo húmido, o caudal afluente resulta da soma do caudal em tempo seco e do caudal pluvial decorrente da precipitação sobre a área servida pelo sistema de drenagem pluvial.

De acordo com os resultados obtidos, o caudal de ponta doméstico gerado em tempo seco é cerca de 4,1 m^3/s, que se distribui pelos vários nós de interface da rede com os intercetores da SIMTEJO/AdLVT, redes dos concelhos limítrofes ou rio Tejo (Quadro 8.1). Este caudal em tempo seco é composto por uma parcela de 1,8 m^3/s associada a origens domésticas e outra de 1,5 m^3/s associada a outras origens, sendo o remanescente o caudal de infiltração. Prevê-se que estes valores globais sensivelmente análogos até ao ano de horizonte de projeto de 2045. Os valores do Quadro 8.1 não incluem os caudais gerados em bacias de menor dimensão, que não drenam para nenhum dos coletores incluídos na rede principal, e não tem em conta os efeitos associados a bombagens em série e paralelo, que existem sobretudo nos sistemas em "alta". Para efeitos de projeto, e de forma conservativa, tendo também em atenção os efeitos das alterações climáticas, consideraram-se os caudais de ponta agravados de 50%, como constam na 2º coluna do Quadro 8.2.

Quadro 8.1 – Síntese de caudais de ponta gerados na área do plano (adaptado do PGDL 2006-2008)

Caudal	Cenário	Valor (m^3/s)
Caudal doméstico, Qdom	2001	1.8
Caudal doméstico, Qdom	2025	1.8
Caudal doméstico, Qdom	2045	1.8
Caudal do comércio, indústria e serviços, Qcis	-	1.5
Caudal em tempo seco, Qs = Qdom + Qcis + Qinf	2001	4.1
Caudal em tempo seco, Qs = Qdom + Qcis + Qinf	2025	4.1
Caudal em tempo seco, Qs = Qdom + Qcis + Qinf	2045	4.1

O caudal gerado em tempo húmido é, naturalmente, substancialmente superior ao tempo seco (para ter uma noção da amplitude dos caudais gerados para diferentes intensidades de precipitação, refere-se que os fenómenos pluviosos com um período de retorno de 2 anos dão origem a um caudal de ponta de cerca de 325 m^3/s; este valor duplica para eventos com um período de retorno de cerca de 50 anos).

No Quadro 8.2 apresenta-se uma síntese dos caudais domésticos e pluviais no ano de horizonte de projeto (adaptado do PGDL de 2006-2008), para diversos períodos de retorno, nas secções de jusante de 39 bacias de drenagem principais.

Quadro 8.2 - Síntese dos caudais domésticos e pluviais obtidos no presente estudo (adaptado do PGDL2006-2008)

Bacia	Q seco (2045) (l/s)	Q pluvial (m^3/s)				
		T=2 anos	T=5 anos	T=10 anos	T=20 anos	T=50 anos
A (junto à doca de Pedrouços)	30,0	9,1	12,3	14,4	16,4	18,9
B (junto ao padrão dos Descobrimentos)	57,0	9,1	12,3	14,3	16,3	18,9
C (junto à Estação Fluvial de Belém)	27,0	3,8	5,1	6,0	6,8	7,9
D (junto ao Instituto Superior Naval de Guerra)	60,0	9,9	13,4	15,6	17,8	20,6
E (junto à Doca de Santo Amaro)	1393,5	84,0	115,0	134,0	145,0	169,0
F (junto à R. General Gomes Araújo)	58,5	5,8	7,8	9,2	10,4	12,1
G (junto ao Largo de Santos)	36,0	13,1	17,6	20,5	23,4	27,0
H (junto ao Largo de Santos)	126,0	9,4	12,7	14,7	16,8	19,4
I (junto à Estação Cais do Sodré)	36,0	2,1	2,8	3,3	3,7	4,3
J - Sub-bacia KJL1 (R. do Ouro)	147,0	7,0	9,9	11,9	13,7	16,1
J – Sub-bacia KJL2 (R. Augusta)	130,5	5,8	7,9	9,4	10,9	11,6
KA (junto à Escola Portuguesa de Pesca e Marinha de Comércio)	16,5	3,3	4,4	5,2	5,9	6,8
KB (junto à Doca do Bom Sucesso)	7,5	1,5	2,0	2,3	2,6	3,0
KB (junto ao Museu de Arte Popular)	6,0	2,9	3,9	4,5	5,1	5,9
KCD – Sub-bacia KCD03 (junto à Cordoaria Nacional)	18,0	2,5	3,4	3,9	4,5	5,2
KCD – Sub-bacia KCD07 (junto ao Centro de Congressos de Lisboa)	4,5	0,7	0,9	1,1	1,2	1,4
KCD – Sub-bacia KCD10 (junto ao Centro de Congressos de Lisboa)	12,0	2,2	2,9	3,3	3,8	4,4
KFGHI (junto à Doca de Santo Amaro)	6,0	1,3	1,8	2,0	2,3	2,7
L (Rua da Prata)	315,0	17,7	23,8	27,8	31,8	35,9
M1 – Sb-bacia KM1 (junto à Alfândega de Lisboa)	30,0	2,7	3,5	4,1	4,7	5,4
M1 – Sub-bacia KM2 (junto aos Serviços Sociais da Guarda Fiscal)	10,5	1,7	2,2	2,5	2,9	3,3
M2 (Graça - Sta Apolónia)	43,5	3,4	4,6	5,3	6,0	7,0
N (Penha de França-Av. Mouzinho de Albuquerque)	48,0	4,7	6,3	7,4	8,5	9,8
O (Campo Grande-Chelas-Rio Tejo)	634,5	55,2	80,7	98,0	113,7	133,7
P (Convento do Beato; P.N450-R.N130)	18,0	4,6	6,4	7,5	8,7	10,1
P (Rua Capitão Leitão; P.N400-R.N080)	9,0	1,3	1,9	2,2	2,5	3,0
P (ISEL-Zózimo Pedroso; P.N020-R.N060)	75,0	14,1	19,2	22,7	26	30,1
P (Lisboa Gás; P.T300)	0,6	1,4	2,0	2,3	2,7	3,1
P (Rua Três Matinha; P.T320)	1,5	1,1	1,5	1,8	2,1	2,4
R (Sta Apolónia-Rio Tejo; R.N360-R.N340)	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5
R (R. Manutenção-Rio Tejo; R.N140-R.N170)	4,5	0,9	1,3	1,6	1,8	2,1
Q (Parque das Nações-R. Argonautas; Q.N1010-Q.N1030)	6,0	2,1	2,9	3,4	4,0	4,6
Q (Parque das Nações; Q.N0950-Q.N990)	7,5	4,5	6,3	7,4	8,5	9,9
Q (Av. Berlim-MEO Arena; Q.N0010-Q.N0180)	244,5	28,1	39,4	46,9	54,2	63,3
Q (Parque das Nações - MEO Arena; Q.N1040-Q.N1060)	7,5	1,9	2,6	3,1	3,5	4,1
Q (Parque das Nações – Tr. Vasco da Gama; Q.N770-Q.N890)	16,5	3,4	4,7	5,6	6,5	7,6
Q (Parque das Nações – R. Ilha dos Amores; Q.N0700-Q.N0760)	54,0	3,8	5,2	6,2	7,1	8,3
S (Galinheiras – Calçada de Carriche; S.N010-S.N090)	48,0	10,9	14,9	17,5	20,1	23,4
S (Lumiar – Calçada de Carriche; S.N140-S.N210)	37,5	7,3	10,0	11,8	13,6	15,8

9 DIAGNÓSTICO DE DESEMPENHO DOS SISTEMAS

9.1 Avaliação global da capacidade de drenagem e velocidade de escoamento

A avaliação da capacidade de drenagem foi efetuada para os caudais de tempo seco, estimados atendendo aos consumos de água e população servida (considerando, globalmente, um caudal de infiltração de 50% do caudal médio doméstico), e para caudais de ponta pluviais. Neste caso, foram consideradas precipitações de 10 anos de período de retorno, com exceção de algumas intervenções estruturantes (túneis), onde se consideraram precipitação para períodos de retorno de 100 anos.

A Figura 9.1 apresenta a distribuição das entregas de caudal de ponta em tempo seco, destacando-se a descarga da bacia de Alcântara e as descargas do Terreiro do Paço.

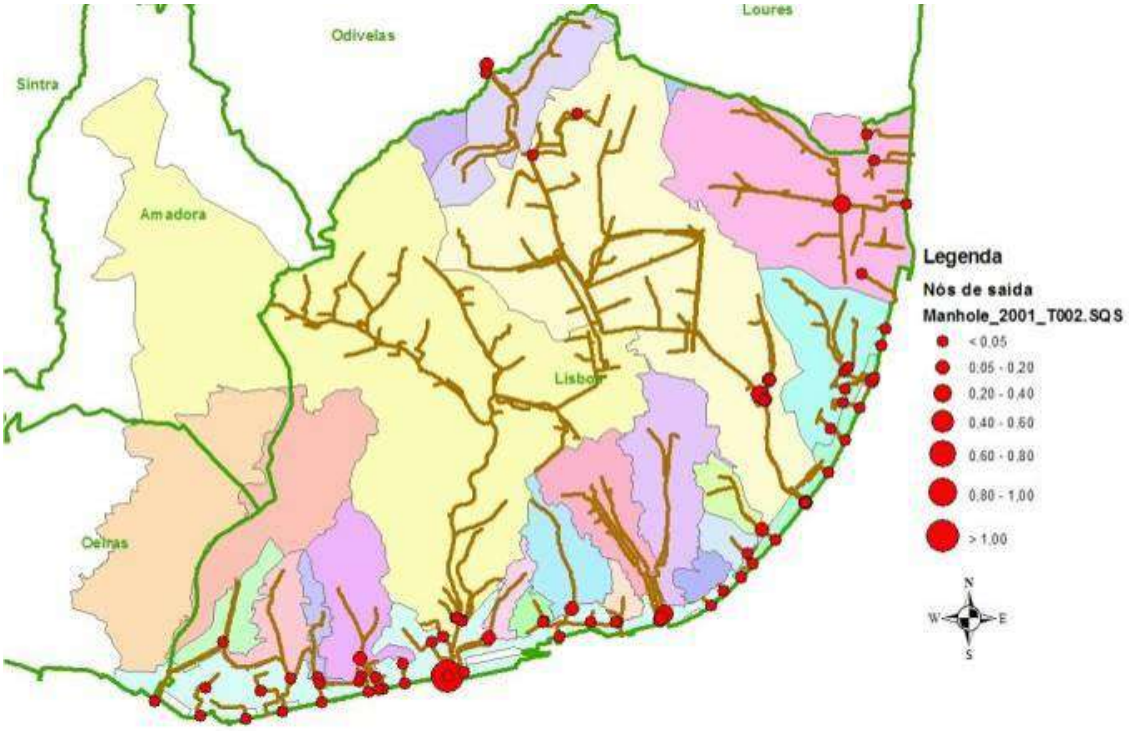


Figura 9.1 – Distribuição do caudal de ponta gerado em tempo seco (m^3/s)

Conhecidas as solicitações a que o sistema de drenagem está sujeito, é possível avaliar a sua capacidade de drenar os caudais gerados. A Figura 9.2 e a Figura 9.3 ilustram a folga que existe (ou não) em cada coletor através do rácio entre o caudal gerado em cada cenário e a capacidade de escoamento do coletor.

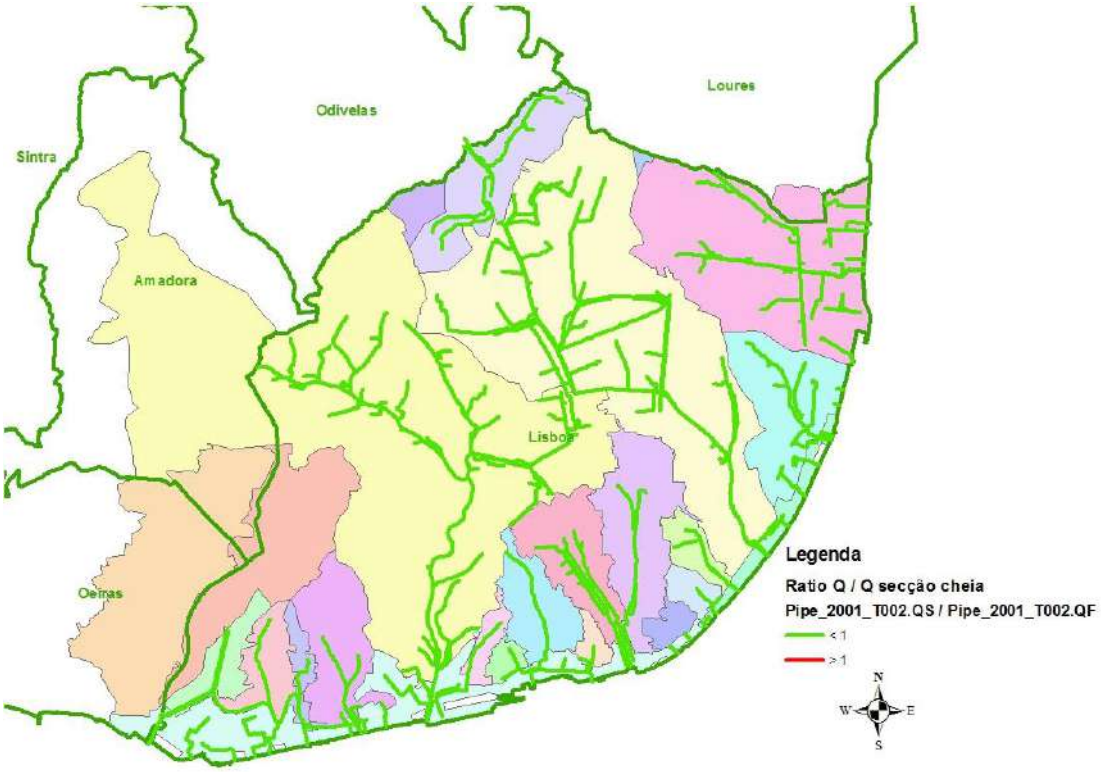


Figura 9.2 – Avaliação da capacidade de drenagem do sistema do caudal gerado em tempo seco

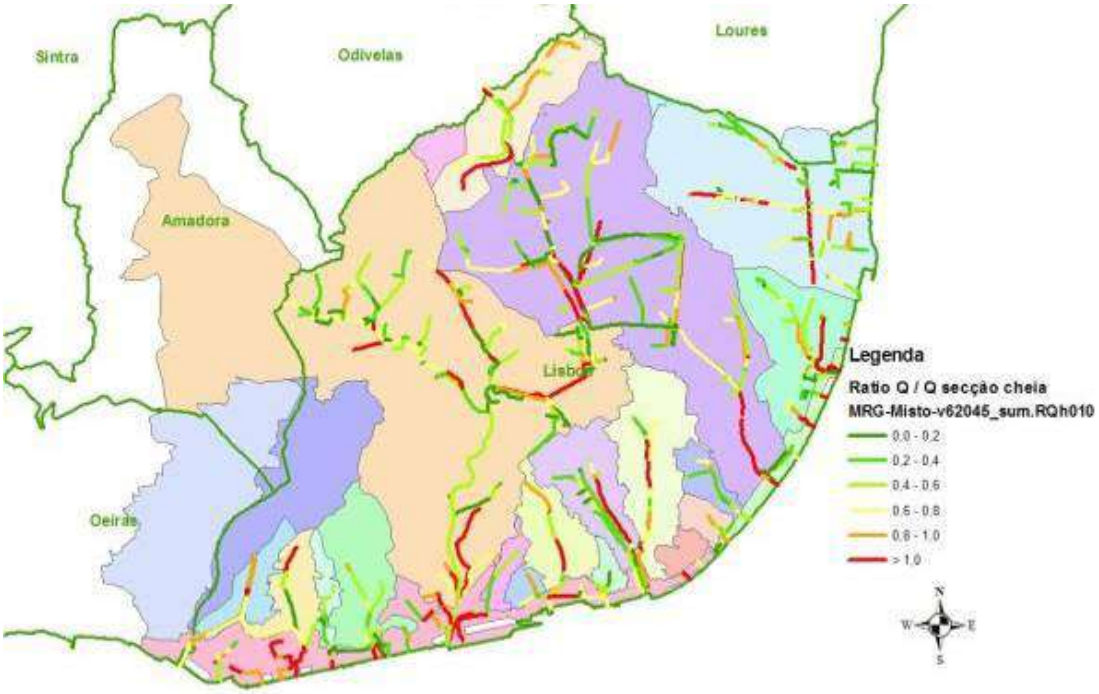


Figura 9.3 – Avaliação da capacidade de drenagem do sistema do caudal pluvial gerado por eventos pluviosos com um período de retorno de 10 anos (ano 2045)

Verifica-se que existe um número elevado de troços com capacidade de drenagem insuficiente, mesmo para períodos de retorno de 10 anos. No geral, ocorrem situações de incapacidade de drenagem de uma forma homogénea em toda a cidade de Lisboa; porém,

pelas figuras anteriores, denota-se que as zonas ribeirinhas apresentam uma maior densidade de troços em carga, para eventos de precipitação de período de retorno de 10 anos, mesmo sem contabilizar os efeitos de regolfo provocados pelas marés.

No que se refere à velocidade do escoamento, constata-se que existem vários coletores que excedem os limites de velocidade regulamentar (Figura 9.4). Os resultados evidenciam a existência de troços com velocidade elevada sobretudo na bacia E. Essa situação já foi comprovada experimentalmente, nomeadamente no Caneiro de Alcântara. Velocidades elevadas provocam desgastes acentuados, em particular nas soleiras. Isto porque começam por ocorrer infiltrações ao nível das soleiras, que provocam o arrastamento de finos, ficando a estrutura restante do coletor sem suporte adequado, o que, em alguns casos, pode conduzir ao abatimento do coletor.

A Figura 9.5 apresenta a velocidade de escoamento para caudal médio em tempo seco, cenário associado às menores velocidades de escoamento. Nesta figura detetam-se situações de violação da velocidade mínima que podem resultar, em parte, do facto das secções transversais dos coletores inseridas no modelo não terem o pormenor suficiente para definir as caleiras que escoam os efluentes em tempo seco. Estas caleiras garantem, por vezes, a velocidade de escoamento mínima que assegura a auto-limpeza dos coletores. Existem certamente vários coletores com velocidades muito baixas, nomeadamente nas zonas ribeirinhas, onde os declives são muito reduzidos e ocorre efeito de maré. Associado a estas baixas velocidades ocorrem, naturalmente, problemas de assoreamento e de autolimpeza.

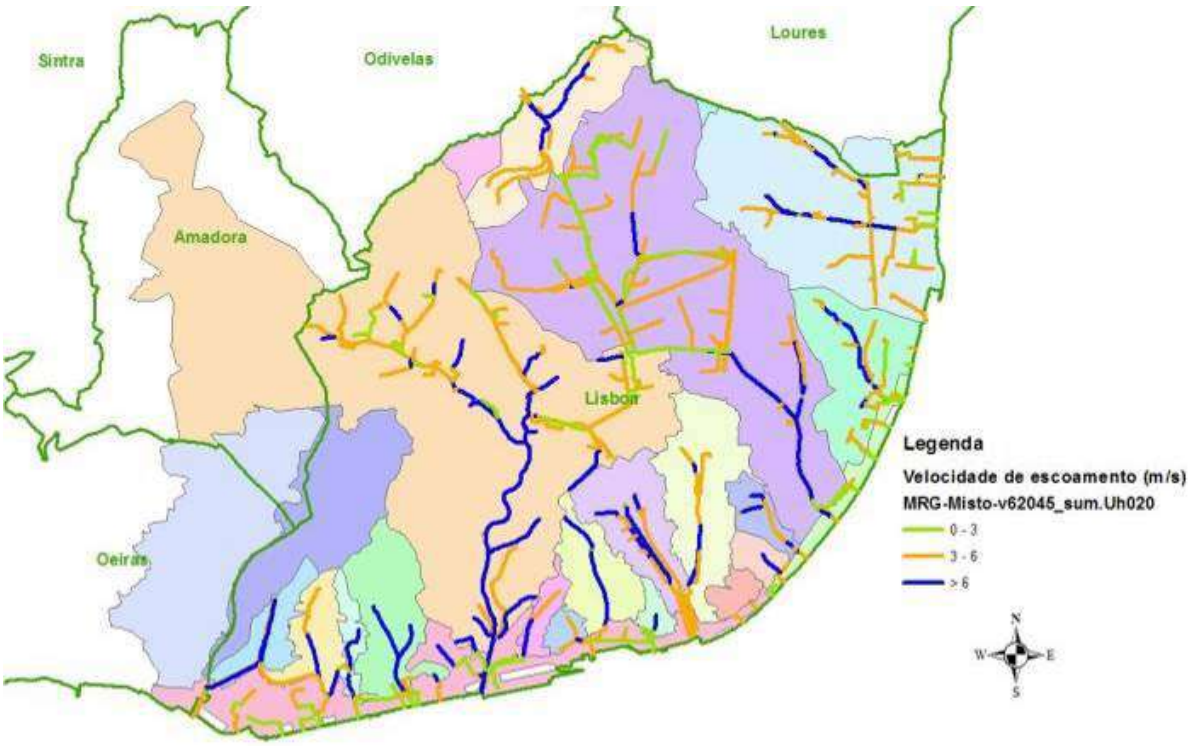


Figura 9.4 – Velocidade de escoamento para 2045 e T=20 anos

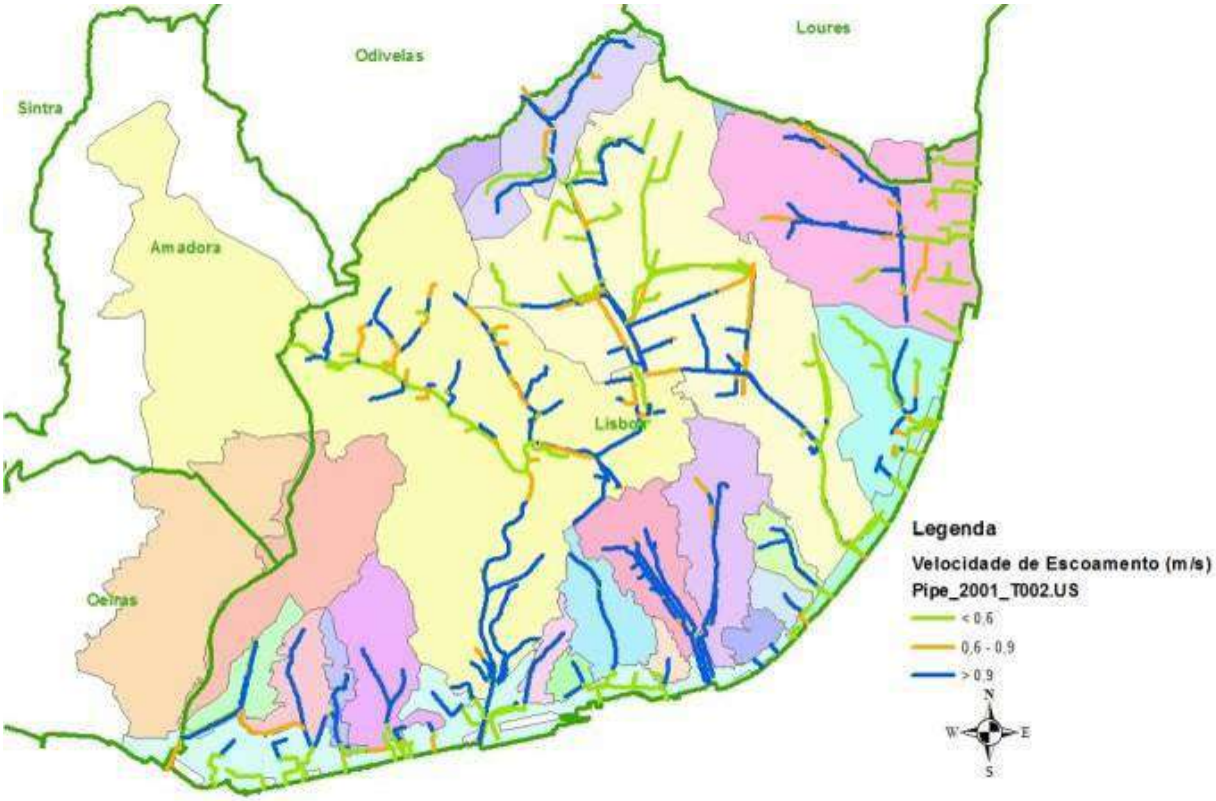


Figura 9.5 – Velocidade de escoamento em tempo seco (caudal médio)

9.2 Sistema de Alcântara

9.2.1 Bacia A – Algés

Tendo em conta os resultados do modelo concetual bem como informações transmitidas por funcionários da CML, pensa-se que não existem problemas de drenagem significativos na Bacia A.

De uma forma resumida, os problemas detetados na Bacia A foram os seguintes:

- Rede pluvial com afluência de caudais domésticos;
- Ausência de controlo de alguns caudais pluviais para o sistema da AdLVT.

9.2.2 Bacia B – Jerónimos

De acordo com os resultados do modelo concetual e com as informações fornecidas por elementos da CML, não existem, nesta bacia, problemas de insuficiência hidráulica e a rede encontra-se em bom estado de conservação. Embora não sejam conhecidos inconvenientes por falta de capacidade de vazão do coletor principal, crê-se que, dada a recente construção intensiva na bacia (com alteração da percentagem de áreas impermeáveis), o risco de ocorrência de caudais mais elevados se tenha agravado.

De uma forma resumida, os problemas detetados na bacia B são os seguintes:

- Rede pluvial com afluências de caudais domésticos.

9.2.3 Bacia C – Ajuda

De acordo com os resultados do modelo conceptual, a bacia não apresenta problemas graves. Contudo, segundo informações de técnicos da CML, sabe-se que parte da rede se encontrava em mau estado de conservação, designadamente o coletor da Calçada da Ajuda, incluindo os descarregadores na R. da Junqueira, Calçada da Ajuda e Palácio da Presidência.

De uma forma resumida, os problemas detetados na Bacia C foram os seguintes:

- Coletores em mau estado de conservação;
- Descargas no rio Tejo com trechos com danos estruturais;
- Algumas sub-bacias unitárias não estão a ser adequadamente intercetadas, conduzindo a descargas diretas de caudal doméstico, mesmo em tempo seco, no rio Tejo.

Recentemente, a "Lisboa Ocidental SRU – Sociedade de Reabilitação Urbana, EM SA" interviu na área em causa, tendo o descarregador do Palácio da Presidência (D9) sido beneficiado e uma boa parte do coletor da Calçada da Ajuda sido substituído.

9.2.4 Bacia D – Cordoaria

De uma forma resumida, os problemas detetados na bacia D são os seguintes:

- Rede pluvial com caudais domésticos;
- Coletores em mau estado de conservação;
- Falta de capacidade dos troços detetados pelo modelo.

Foram recentemente executados trabalhos de reabilitação em coletores desta bacia, muito recentemente.

9.2.5 Bacia E – Alcântara

Existem alguns coletores que necessitam de ser substituídos devido ao seu estado de conservação. Segundo os resultados do modelo concetual, há troços que devem ser reabilitados por falta de capacidade hidráulica, destacando-se os coletores da Estrada da Luz e da Estrada das Laranjeiras.

O ramo Benfica-Campolide encontra-se em bom estado de conservação e funcionamento até S. Domingos de Benfica. Contudo, a informação disponível indica a existência de assoreamentos na R. Garridas e Barjona de Freitas. A jusante deste local existem problemas de abatimento de soleiras e desgaste de paredes até à zona de Campolide.

O ramal das Avenidas-Novas apresenta igualmente alguns problemas de desgaste ao nível das soleiras e paredes. Este ramal encontra-se a funcionar corretamente, já que se trata de uma construção recente. Os coletores afluentes encontram-se em diferentes estados de

conservação: os de construção recente estão a funcionar corretamente; os mais antigos encontram-se, em regra, num estado de conservação razoável, mas existem ainda coletores em muito mau estado: é o caso do coletor da Av. 5 de Outubro, que está desgastado e assoreado, sendo necessária a sua beneficiação ou substituição a curto prazo. Em situação semelhante de desgaste encontrar-se-á o coletor da Av. de Berna, que já dispõe de projeto de reabilitação.

O ramal Campolide-Alcântara do Caneiro apresenta um estado de conservação razoável e um funcionamento adequado, até à Estação da C.P.. Sob a estação encontra-se bastante bem conservado, entre a Estação da C.P. e a ETAR de Alcântara existem alguns problemas ao nível estrutural.

Na generalidade, os troços pertencentes a este ramal encontram-se a funcionar corretamente. Porém, existem alguns coletores bastante antigos desgastados nas paredes e soleiras, como é o caso dos da R. Cruz a Alcântara, R. D. Maria Pia, R. Capitão Afonso Pala e R. José Dias Coelho.

No troço marítimo, o Caneiro apresenta um estado de conservação razoável, encontrando-se construído em alvenaria. Porém, denotam-se alguns problemas de assoreamento nos troços de menor declive.

No que se refere à rede de drenagem da Bacia E, a CML referiu as seguintes anomalias, que contribuem para os problemas de desempenho hidráulico locais:

- No final da Rua do Alvito (zona baixa junto à Av. de Ceuta), ocorrem frequentemente inundações graves em virtude da depressão topográfica aí existente.
- Ocorrência de inundações graves na Rua Prior do Crato, na Rua Fradesso da Silveira e no Largo das Fontainhas (locais de reduzida cota topográfica), mas também na Zona Ribeirinha, motivadas por extravasamento da rede condicionada pelas condições hidráulicas do Caneiro, em particular em situações de precipitação intensa e nível de maré de preia-mar.
- Inundações graves na Estrada das Laranjeiras e em especial no início da Rua de Campolide (Praça de Sete Rios), dada a depressão topográfica local e em resultado também da deficiente drenagem superficial do viaduto do Eixo N/S.
- Reduzida capacidade do coletor na Av. de Berna e alagamento das vias devido à falta de limpeza dos sumidouros e sarjetas.

Através do modelo dinâmico desenvolvido no *software* SWMM, efetuaram-se diversas simulações que permitiram concluir o seguinte:

- Para um nível de maré de 1.95 m e admitindo um coeficiente de perda de carga localizada, na secção de descarga do Caneiro, entre 1 e 1.5, o caudal máximo suportado na secção final (sem que ocorram extravasamentos na zona baixa de Alcântara) é de cerca de 85 m^3/s.

- Caso o evento pluviométrico não coincida com um pico de maré, o caudal escoado pelo Caneiro será mais elevado, na ordem dos 125 m^3/s, para um nível de maré de 1m.
- Com o alargamento da secção de descarga do Caneiro, os caudais máximos suportados passam a ser de cerca de 92 m^3/s e 132 m^3/s, para os níveis de maré de 1.95 m e 1 m, respetivamente.

Com a simulação do evento de precipitação para um período de retorno de 10 anos, ilustrada na Figura 9.6 e na Figura 9.7, obtiveram-se os seguintes caudais máximos por ramal (que ascendem a um caudal total máximo de cerca de 140 m^3/s na secção de descarga): a) Benfica-Campolide - 74 m^3/s, b) Avenidas Novas - 37.5 m^3/s, c) Campolide-Alcântara - 16.7 m^3/s, d) Troço marítimo - 18.5 m^3/s (margem direita) e 8.2 m^3/s (margem esquerda).

Constata-se que o escoamento resultante de uma precipitação de período de retorno de 10 anos, quando coincidente com níveis mais elevados de maré, gera caudais bastante acima da capacidade de transporte do sistema, originando extravasamentos nas zonas mais baixas de Alcântara. Resultados muito semelhantes foram obtidos, por simulação, para o evento de precipitação ocorrido em setembro de 2014, que originou inundações graves (IST, 2014).

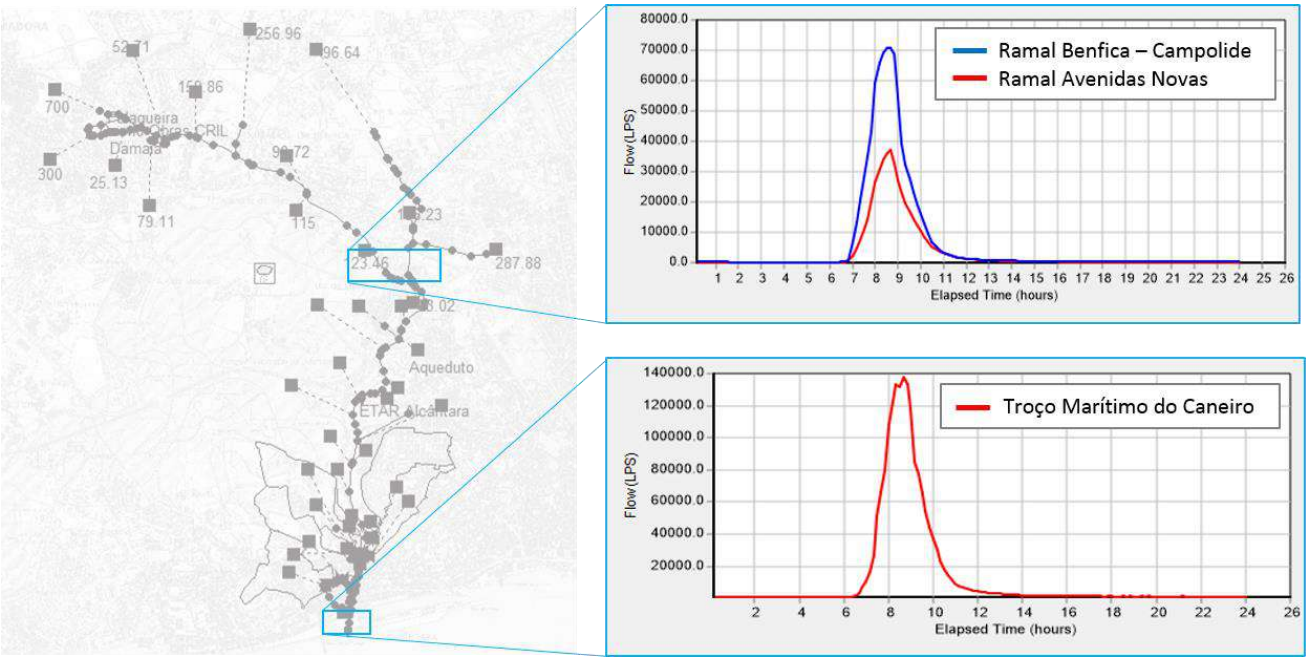


Figura 9.6 - Caudais simulados no Caneiro de Alcântara para um evento pluviométrico de período de retorno de 10 anos

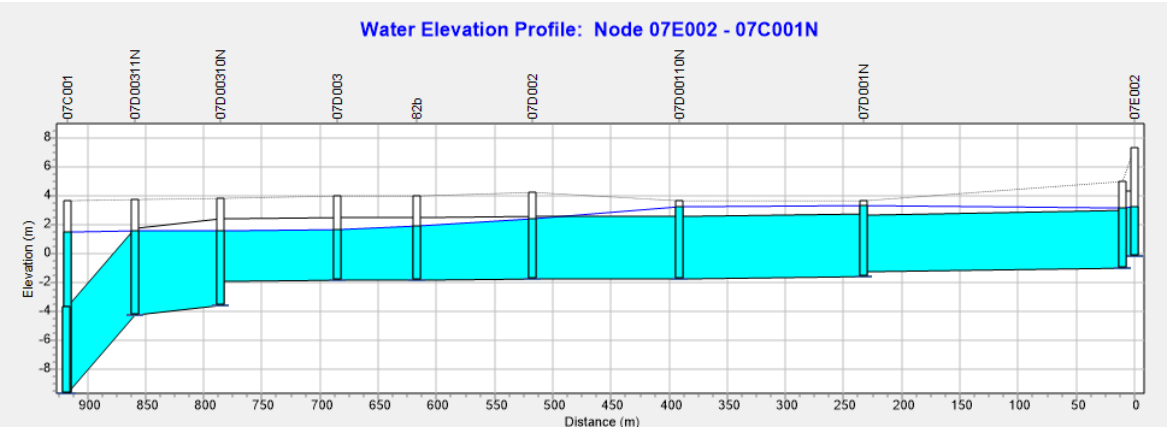


Figura 9.7 - Perfil do troço marítimo do Caneiro de Alcântara para um evento pluviométrico de período de retorno de 10 anos e nível de maré de 1m

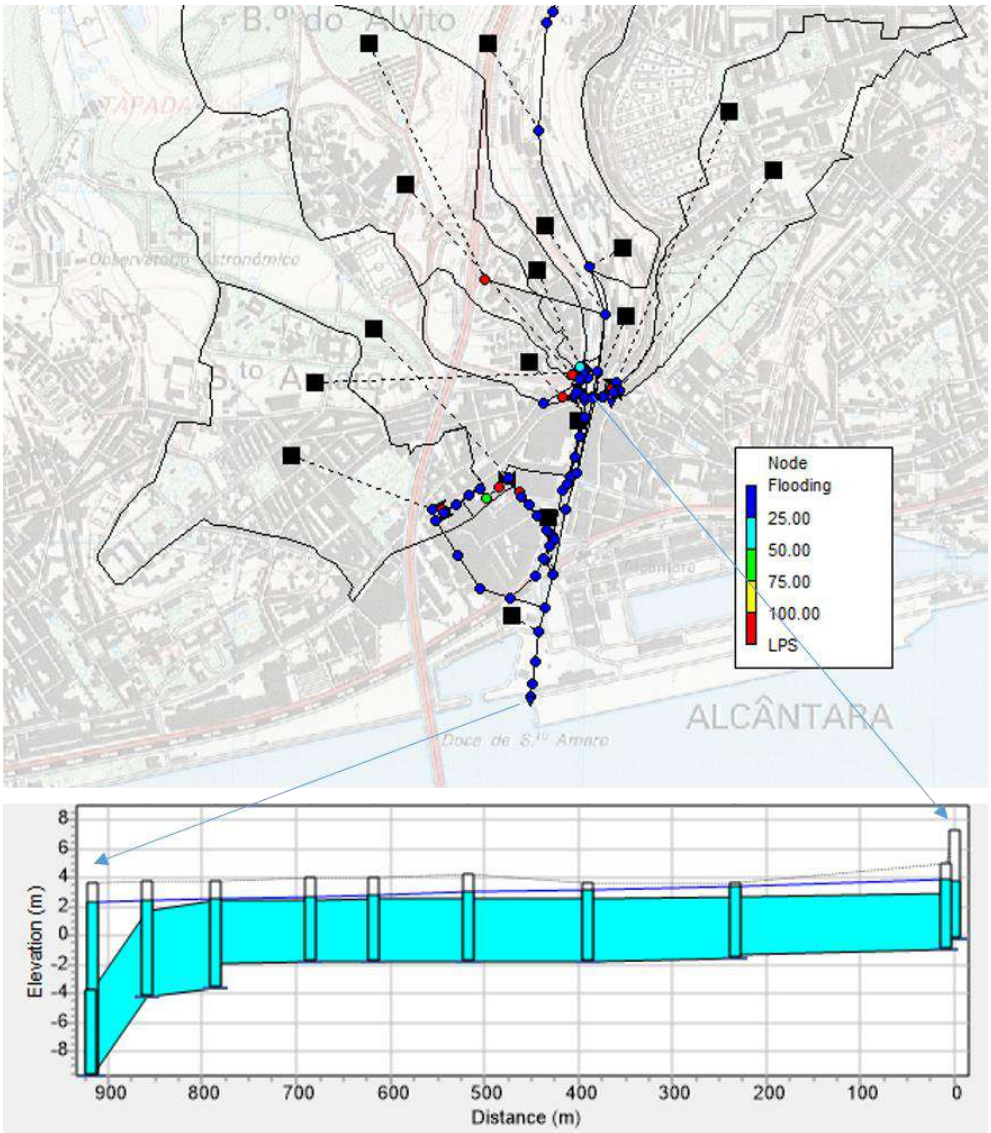


Figura 9.8 - Nós com extravasamento de caudal e perfil do troço marítimo do Caneiro de Alcântara para um evento pluviométrico de período de retorno de 10 anos e nível de maré de 1.95m

De uma forma resumida, os problemas detetados na bacia E são os seguintes:

- Rede pluvial com afluências de caudais domésticos;
- Coletores em mau estado de conservação;
- Coletores com problemas hidráulicos (i.e. Av. de Berna e da Estrada das Laranjeiras, por exemplo);
- Coletores assoreados;
- Deficiente drenagem superficial, por falta de dispositivos intercetores adequados;
- Algumas sub-bacias unitárias não estão a ser adequadamente intercetadas, conduzindo a descargas diretas de caudal doméstico no rio Tejo
- Parte dos descarregadores existentes estão sob influência da maré;
- Ocorrência de inundações em pontos de cota topográfica reduzida, por influência do Caneiro ou em consequência da orografia local;
- Falta de capacidade hidráulica adequada de alguns troços.

9.2.6 Bacia F – Estrela e Av. Infante Santo

De acordo com os resultados do modelo concetual e de informação fornecida por técnicos da CML, não há registos de existência de problemas particularmente graves, embora existam alguns troços que necessitem de ser reabilitados.

A rede desta bacia é construída, em parte, por coletores ovóides em betão, que não apresentam, em regra, problemas significativos de assoreamento. No entanto, segundo os estudos do LNEC, sabe-se que a intersecção do coletor da Av. Infante Santo com o coletor Ressano Garcia necessita de ser reabilitada: esta intersecção ocorre numa galeria com 3 m de largura, observando-se que os sedimentos ocupam grande parte da mesma. É também identificada pelo LNEC uma obstrução do coletor da Av. Infante Santo com um grande coletor, que não se encontra corretamente cadastrado, ficando a sua secção significativamente reduzida. Refere-se ainda que, especialmente em situações de preia-mar, o coletor Ressano Garcia recebe caudais do estuário e efluentes transportados pelo emissário Nova II da Av. Infante Santo, processando-se o escoamento em condições não adequadas.

De uma forma resumida, os principais problemas detetados na bacia F são os seguintes:

- Troços em mau estado de conservação, com depósitos.

9.2.7 Bacia G – Lapa

De acordo com os resultados do modelo concetual, não foram detetados problemas hidráulicos. Contudo, com base em informação proveniente de técnicos da CML, sabe-se que os coletores construídos em cascões apresentam um mau estado de conservação pelo que se propõe a sua reabilitação, incluindo os coletores da R. S. João da Mata e das Escadinhas da Praia. Pelo contrário, os coletores em betão estão a funcionar razoavelmente.

De uma forma resumida, os principais problemas detetados na bacia G são os seguintes:

- Coletores em mau estado de conservação.

9.2.8 Bacia H – Santos

Em conformidade com os resultados do modelo concetual e com informação de técnicos da CML, não existem problemas de drenagem muito significativos, embora os troços iniciais da rede concetual desta bacia, nomeadamente o coletor que tem início na Av. Eng. Duarte Pacheco e se desenvolve até ao Largo do Rato, se encontre em mau estado de conservação (especialmente no que às soleiras diz respeito), pelo que se recomenda a sua reabilitação/substituição. A jusante do Largo do Rato, o coletor é recente, encontrando-se em bom estado de conservação até ao ponto de descarga.

Verificou-se, também, que o atual descarregador Dcs3, localizado na Av. D. Carlos I, não funciona de forma adequada em virtude de ter sido mal concebido. De acordo com observação local, o coletor unitário de 2450 mm x 2800 mm de secção possui uma parede descarregadora; no entanto, o coletor de desvio apresenta uma cota de soleira muito elevada relativamente à soleira do coletor unitário existente. Assim, verifica-se que, no coletor unitário, a água se encontra estagnada até à cota de desvio (aproximadamente com 1 m de altura).

De uma forma resumida, os principais problemas detetados na bacia H são os seguintes:

- Coletores em mau estado de conservação;
- Rede pluvial com afluências de caudais domésticos;
- Algumas sub-bacias unitárias não estão a ser adequadamente intercetadas, conduzindo a descargas diretas de caudal doméstico, mesmo em tempo seco, no rio Tejo.

9.2.9 Bacia I – R. do Alecrim e Cais do Sodré

Sabe-se que existem troços da bacia I que se encontram muito assoreados, propondo-se a sua reabilitação, nomeadamente o coletor de construção recente situado a jusante da R. de São Paulo.

No que se refere à ocorrência de inundações, a situação atual, sobretudo na zona baixa da bacia, é particularmente gravosa. A título exemplificativo refere-se a inundação registada no dia 18 de outubro de 1997, com alagamento da Av. 24 de Julho na totalidade da sua largura e em quase toda a sua extensão (esta situação foi potenciada pelo facto dos coletores existentes estarem muito assoreados e das descargas para o Tejo serem condicionadas pela maré em preia-mar).

De uma forma resumida, os principais problemas detetados na bacia I são os seguintes:

- Coletores assoreados;
- Algumas sub-bacias unitárias não estão a ser adequadamente intercetadas, conduzindo a descargas diretas de caudal doméstico, mesmo em tempo seco, no rio Tejo;

- Ocorrência de inundações na Avenida 24 de Julho.

9.2.10 Bacia J – Av. da Liberdade

A bacia J dispõe de alguns troços com problemas estruturais e hidráulicos. Relativamente ao estado de conservação do sistema sabe-se que os coletores da R. de Santa Marta e R. de S. José podem carecer de ser reabilitados. Os coletores da R. Portas de Santo Antão (pertencente à rede concetual) e da R. das Pretas apresentam insuficiência de capacidade hidráulica. Esta rua é, ainda hoje, alvo de inundações relativamente frequentes, em resultado de insuficiências de drenagem superficial que deverão ser corrigidas. Também no Marquês de Pombal e na Av. da Liberdade se verificam problemas de inundações locais em resultado da deficiente drenagem superficial.

A rede de drenagem da Rua do Ouro e da Rua da Prata é constituída por Saiméis (Pombalinos), em forma de U invertido e com soleira plana. Não se conhecem problemas graves de assoreamento, embora sejam relatadas situações de abatimentos do pavimento dos arruamentos da Rua do Ouro, Rua da Prata e Rua Augusta. Contudo, é notório o assoreamento dos trechos finais de descarga no Tejo, sob o cais das colunas, no Terreiro do Paço (ver Figura 9.10) que condicionam fortemente a drenagem dos caudais pluviais e contribuem para o agravamento das inundações.

Figura 9.9 – Assoreamento na descarga de trecho de coletor no Terreiro do Paço (braço do cais das colunas).

As simulações realizadas através do modelo SWMM, para a situação atual, permitem evidenciar a falta de capacidade de alguns troços do coletor da R. Stª Marta/R. São José/Portas de Stº Antão, assim como a falta de capacidade de escoamento na Baixa Pombalina, que é muito condicionada pelos níveis de maré, mesmo para precipitação de baixos periodos de retorno. A Figura 9.10 representa os resultados do modelo para a rede de coletores atual sujeita à precipitação de 22 de setembro de 2014 que se estima ter um periodo de retorno de cerca de 10 anos. Nesta figura é possível constatar a ocorrência de extravasamentos na R. das Pretas e Portas de Stº Antão onde se registaram nesse dia fortes inundações. Na Figura 9.11 apresenta-se o perfil do coletor da R. Stª Marta/R. São José/Portas de Stº Antão obtido da mesma simulação.

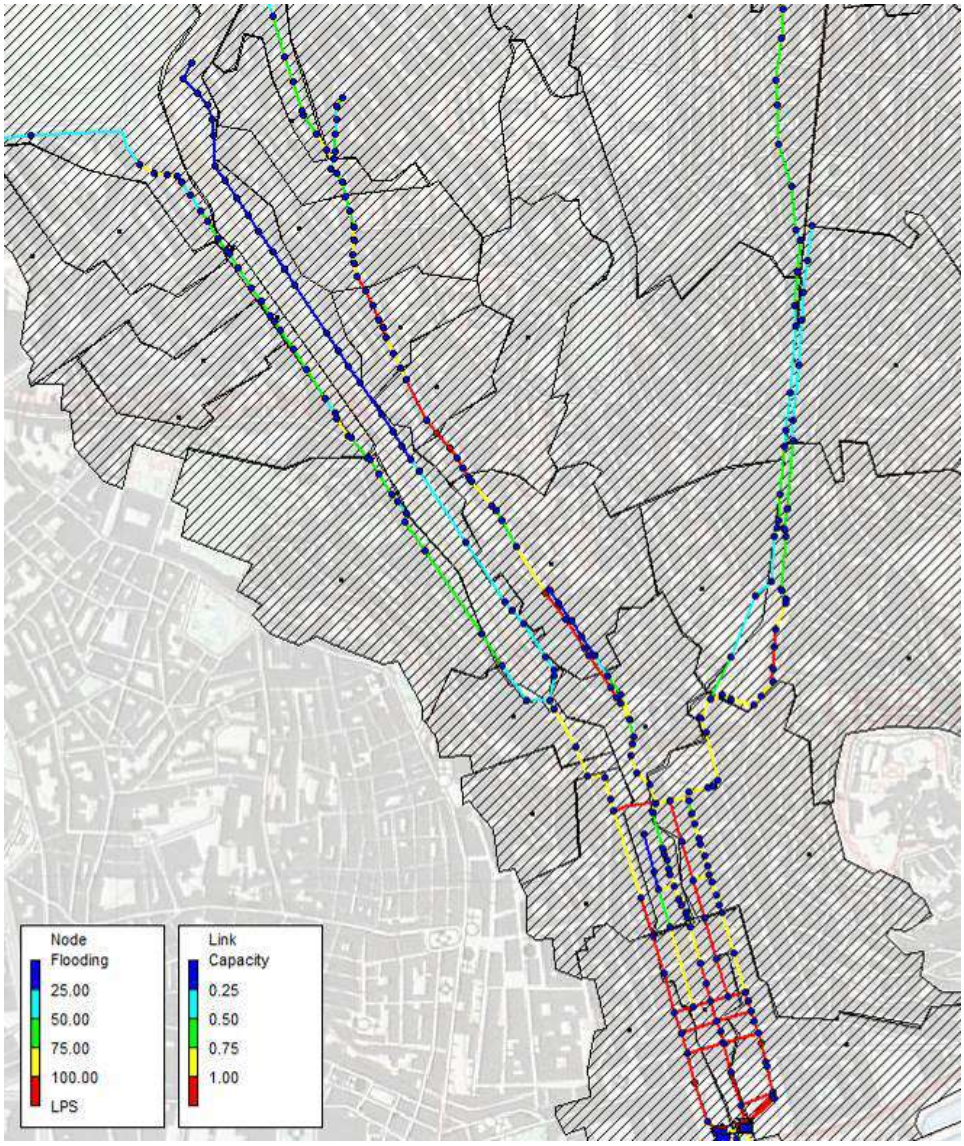


Figura 9.10 - Modelação dinâmica em SWMM para precipitação do dia 22-09-2014

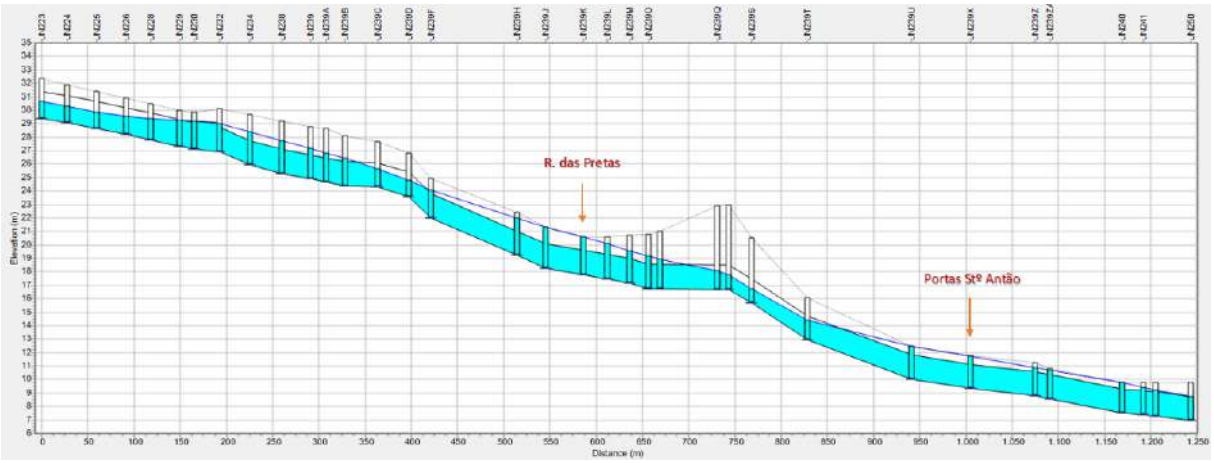


Figura 9.11 - Perfil longitudinal do coletor da R. Stª Marta/R. S. José/Portas Stº Antão para precipitação do dia 22-09-2014

Foi também efetuada uma análise em modelo 2D que tem em consideração o escoamento superficial. As simulações realizadas para a situação atual considerando um período de retorno de 10 anos confirmaram os resultados obtidos através do SWMM. A Figura 9.12 apresenta os resultados da simulação. Pode constatar-se, na figura da esquerda, a ocorrência de inundações em zonas onde atualmente ocorrem com alguma frequência, nomeadamente a inundação na Rua de São José e na Praça de Comércio.

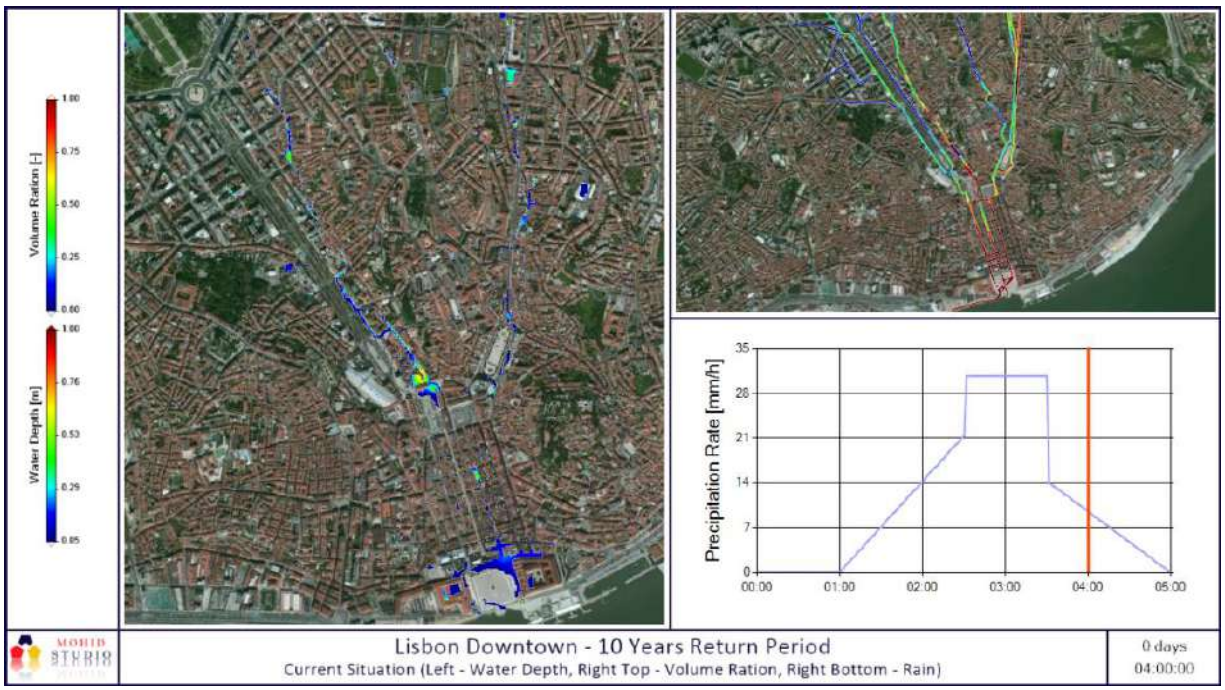


Figura 9.12 - Modelação 2D através do MOHID para um evento de precipitação com T=10 anos

De uma forma resumida, os principais problemas detetados na bacia J são os seguintes:

- Troços com problemas hidráulicos e estruturais.
- Coletores em mau estado de conservação.
- Deficiente drenagem superficial.
- Ligação deficiente de coletores, com acentuadas perdas de carga localizadas em câmaras de visita, nomeadamente na Rua das Pretas.
- Coletores com elevado efeito da maré, resultando na obstrução das descargas por assoreamento, na saída para o estuário do rio Tejo.

9.2.11 Bacia L – Av. Almirante Reis

No que se refere ao estado de conservação, o coletor da Calçada de Arroios é de cascões e encontra-se muito danificado, pelo que deve ser substituído ou reabilitado. A restante rede funciona de forma satisfatória, com exceção dos problemas de transbordamentos, já conhecidos, que ocorrem frequentemente na Praça da Figueira e que resultam quer do problema estrutural aí existente (ligação deficiente de coletores junto ao Hotel Mundial, no Martim Moniz/Rua D. Duarte), quer de incapacidade hidráulica do coletor de jusante. Assim,

esta bacia dispõe de alguns troços com falta de capacidade hidráulica e que apresentam, igualmente, problemas estruturais.

De uma forma resumida, os principais problemas detetados na bacia L são os seguintes:

- Coletores em mau estado de conservação.
- Deficiente drenagem superficial.
- Ligação deficiente de coletores, com acentuadas perdas de carga localizadas.
- Troços com problemas estruturais e com falta de capacidade hidráulica.

Os resultados da modelação 1D e 2D, apresentados no sub-capítulo anterior, atestam igualmente a existência destes problemas de drenagem.

9.2.12 Bacia M1 – Alfama

Esta rede encontra-se construída em coletores de betão, de secção maioritariamente circular, apresentando um razoável estado de conservação e funcionamento. Existem alguns problemas de assoreamento nas zonas baixas.

De uma forma resumida, os principais problemas detetados na bacia M1 são os seguintes:

- Troços com problemas de assoreamento;
- Problemas hidráulicos nas descargas para o rio Tejo.

9.2.13 Bacia K – Zonas Ribeirinhas (zona ocidental)

Na generalidade, os coletores da rede concetual são unitários, de construção recente em betão e funcionam razoavelmente.

O coletor da bacia K afluente ao Caneiro, nos troços K.T490, K.T500 e K.T505, está muito assoreado. A montante destes troços, no cruzamento entre a R. Luís de Camões, R. 1.º de Maio e R. Rodrigues Faria, ocorrem frequentemente inundações, pelo que deve ser considerada a substituição do coletor.

Os emissários que se desenvolvem entre a Av. da Índia e o rio Tejo e entre a Av. Infante Santo/Av. de Brasília e o da Av. 24 de Julho, em particular o designado coletor "Ressano Garcia", manifestam problemas de assoreamento. Na Av. 24 de Julho o assoreamento dos coletores está, na maioria dos casos, na origem dos transbordamentos que ocorrem no local. A bacia de Alfama é drenada por dois emissários. O emissário que se desenvolve sob a Alfândega de Lisboa encontra-se assoreado e com falta de capacidade de drenagem.

Na zona da Baixa Pombalina, são conhecidas situações de abatimentos do pavimento dos arruamentos da Rua do Ouro, Rua da Prata e Rua Augusta. Na realidade, os coletores pombalinos apresentam desgaste de juntas e anomalias nas soleiras. Também são relatados, ao longo da zona ribeirinha, problemas de insuficiência da rede de drenagem superficial.

De uma forma resumida, os principais problemas detetados na Bacia K são os seguintes:

- Coletores com problemas de assoreamento;
- Insuficiência da rede de drenagem superficial;
- Troços com problemas estruturais e com falta de capacidade de drenagem.

9.3 Sistema de Chelas

9.3.1 Bacia M2- Graça-Santa Apolónia

No que respeita ao desempenho hidráulico, a análise realizada para o período de retorno de 10 anos não detetou situações de falta de capacidade na rede principal desta bacia. Este resultado foi corroborado anteriormente pelos técnicos da CML, que afirmaram não ter conhecimento de situações de falta de capacidade dos sistemas de drenagem desta bacia. Os declives dos arruamentos onde os troços estão instalados são acentuados, o que se repercute nas redes, justificando de certa forma a inexistência de problemas de falta de capacidade. Todavia, esta situação origina velocidades de escoamento superiores ao limite máximo regulamentar, fomentando o desgaste precoce dos elementos da rede.

Na Figura 9.13 representam-se graficamente os resultados do modelo de simulação dinâmica no que respeita a nós onde ocorrem situações de inundação. Conforme se verifica, não se detetam situações de inundação na bacia M2, pois todos os nós da rede principal (*nodes* na legenda) apresentam um nível de inundações inexistente (*flooding* marcado a azul). Refira-se ainda que o modelo revelou velocidades nos troços desta bacia superiores às regulamentares.

Figura 9.13 – Bacia M2 - Resultados da simulação dinâmica

Quanto ao desempenho estrutural, suportado nas informações transmitidas por técnicos da CML associados ao funcionamento do sistema, os troços denominados na rede principal por M2.T030 e M2.T040 apresentam-se em mau estado de conservação.

Do ponto de vista do desempenho sanitário e funcional do sistema, destaque-se que, no levantamento de cadastro realizado para a SIMTEJO (Engidro e Ipodec, 2004), se verificou que os descarregadores de tempestade existentes não controlam convenientemente a entrada de caudais pluviais para o sistema intercetor de águas residuais domésticas.

Figura 9.14 - Descarregador de Tempestade (Nó M2.N040)

De uma forma resumida, os principais problemas detetados na Bacia M2 foram os seguintes:

- Coletores em mau estado de conservação;
- Entrada de caudais pluviais para o sistema intercetor de águas residuais domésticas.

9.3.2 Bacia N - Penha de França (Av. Mouzinho de Albuquerque)

Do ponto de vista hidráulico, para o período de retorno de 10 anos, a aplicação do modelo à rede principal desta bacia não detetou situações de falta de capacidade dos sistemas. Este resultado foi corroborado pelos técnicos da CML, que afirmaram não ter conhecimento de situações falta de capacidade dos sistemas de drenagem.

Tal como na Bacia M2, também nesta bacia os declives dos arruamentos onde os troços se encontram instalados são acentuados, o que se repercute nas redes, justificando, de certa forma, a inexistência de problemas de falta de capacidade. Todavia, de acordo com o modelo, esta situação leva à formação de velocidades de escoamento superiores ao limite máximo regulamentar o que fomenta o desgaste precoce dos elementos da rede.

Os resultados da modelação encontram-se patenteados na Figura 9.15. Refira-se ainda que, à semelhança da Bacia M2, também neste caso o modelo revelou velocidades nos troços superiores às regulamentares.

Figura 9.15 – Bacia N - Resultados da simulação dinâmica

No cruzamento da Av. Mouzinho de Albuquerque com a Rua de Santa Apolónia (nó N.N060 do modelo da rede principal) existe um descarregador de tempestade (Figura 9.16) que interceta o caudal residual doméstico para uma estação elevatória do Sistema Intercetor de Chelas (SIMTEJO). As águas residuais domésticas são então conduzidas para a bacia O.

Figura 9.16 - Descarregador de Tempestade localizado no nó N.N060 (funcionamento em período estival)

A conceção e funcionamento deste descarregador constitui um fator crítico em termos de funcionamento sanitário do sistema, pois o levantamento de cadastro realizado para a SIMTEJO (Engidro e Ipodec, 2004) permitiu verificar que a referida infraestrutura não controla convenientemente a entrada de caudais pluviais para o sistema intercetor de águas residuais domésticas.

De uma forma resumida, os problemas detetados na bacia N foram os seguintes:

- Entrada de caudais pluviais para o sistema intercetor de águas residuais domésticas.

9.3.3 Bacia O - Campo Grande-Chelas

Em termos de desempenho hidráulico, o modelo de simulação hidráulica (modelo dinâmico) analisou para um período de retorno de 10 anos a rede principal, procurando identificar os troços que não apresentavam capacidade de drenagem. Concluiu-se que existem diversas zonas com défice de capacidade hidráulica: Alameda das Linhas de Torres, Avenida EUA, Estrada de Chelas, Rua Gualdim Pais / Largo Marquês de Nisa e Rotunda do Relógio. Na Figura 9.15 representam-se as inundações resultantes no novo modelo.

Como se verifica, todos os troços que entram em carga apresentam inundações com exceção da Avenida EUA, pois nesta área, apesar dos referidos troços entrarem em carga, a linha de energia encontra-se abaixo do nível de saída para a superfície dos arruamentos. Esta situação foi corroborada pelos técnicos da CML, que afirmaram não ter conhecimento de inundações nesta avenida.

O modelo revela também outra zona de inundação entre as Calvanas e Rua das Murtas. Todavia, em relação a este local, considera-se que existem inconsistências no cadastro usado

como suporte ao modelo, o que justificará a inexistência de registos de inundações nestas vias.

Figura 9.17 – Bacia O - Resultados da simulação dinâmica

Na bacia construída no Parque Urbano Oeste do Alto do Lumiar, o modelo apresenta também uma "inundação", que traduz o que efetivamente se tem verificado neste local: ocorre um extravasamento de água para esta área e, como não existe um sistema efetivo de controlo e retenção de caudal, ocorrem também inundações a jusante, designadamente na Alameda das Linhas de Torres.

Em termos de desempenho estrutural dos coletores desta bacia, é de salientar que os resultados dos trabalhos de campo detetaram patologias graves nos coletores de drenagem de águas residuais domésticas, designadamente a existência de troços muito degradados e de várias ligações de recurso para a galeria pluvial. Note-se que, salvo nos acessos, não foram detetadas deficiências no estado de conservação da galeria pluvial.

No que respeita ao desempenho sanitário, funcional e ambiental do sistema, refira-se que apesar da existência de dois coletores "domésticos" na Alameda das Linhas de Torres, a ribeira recebe uma quantidade considerável de águas residuais domésticas, pois um destes coletores aflui a ela, sendo que o outro apresenta várias ligações de recurso que, mesmo em tempo seco, encaminham o efluente para a ribeira.

De salientar ainda que no levantamento de cadastro realizado para a SIMTEJO (Engidro e Ipodec, 2004), verificou-se que parte significativa dos descarregadores de tempestade

inspecionados apresenta uma conceção deficiente e sem controlo eficaz dos caudais, permitindo a entrada de águas pluviais para o sistema intercetor de águas residuais domésticas e vice-versa. De seguida apresentam-se alguns exemplos:

- No nó O.N0250 a ribeira tem um descarregador de tempestade ("Descarregador de Tempestade do Quartel"), localizado próximo da Estrada de Chelas, que idealmente permitiria desviar as águas residuais domésticas para o coletor respetivo (ver Figura 9.18). Verifica-se no entanto que uma parte considerável do caudal se mantém na ribeira, mesmo em período estival, dado que a altura a que se encontra o murete de desvio é insuficiente. De salientar que o caudal doméstico transportado pela ribeira, que não aflui aqui ao intercetor, é descarregado no Rio Tejo sem qualquer tratamento.

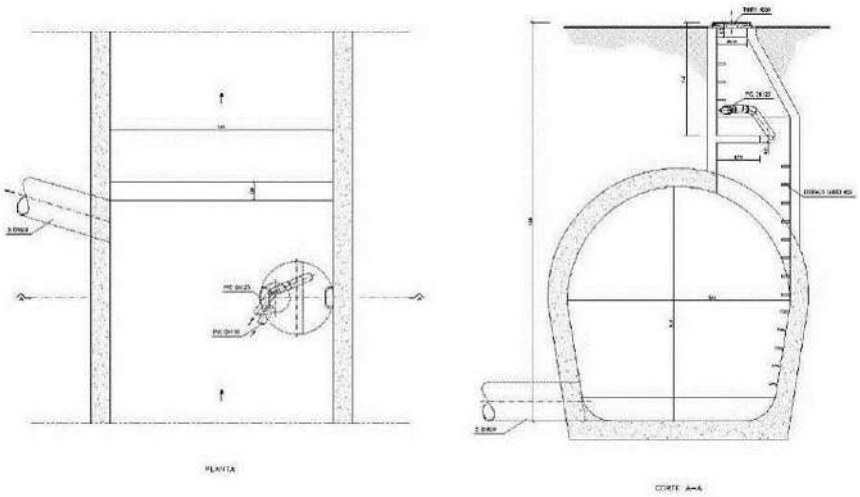


Figura 9.18 – Nó O.N0250: pormenorização do descarregador existente

- Na Estrada de Chelas existem três coletores em paralelo: a ribeira, o intercetor e um outro coletor unitário. Este coletor começa no nó O.N1280 e termina no nó O.N0310, já com uma secção de 1200 mm x 1800 mm. Recebe o caudal unitário da zona do Beato e as descargas de recurso do intercetor. Já na Rua Gualdim Pais, no nó O.N1290, existe um recurso para outra rede de DN 300. No entanto, como a soleira deste troço de recurso se encontra 0,35 m acima da soleira do unitário, este caudal doméstico não é desviado, ou seja, não chega à ETAR (Figura 9.19).

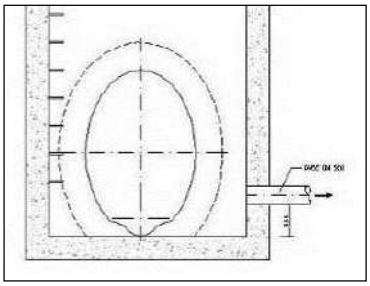


Figura 9.19 – Nó O.N0310: Esquema da câmara onde arranca o recurso (visível à direita)

- Na Av. Santo Condestável (Chelas) existem redes de drenagem separativas em ambas as bermas. O coletor doméstico possui um descarregador no nó O.N1850 que desvia eventuais caudais pluviais, encontrando-se ligado ao Intercetor Doméstico de Chelas (infraestrutura explorada pela SIMTEJO), imediatamente a montante da Estrada de Chelas. Os coletores pluviais estão ligados à ribeira, ao nó O.N0260.

- O nó O.N1860 é um descarregador de tempestade localizado no final da Calçada do Grilo, que encaminha os caudais domésticos para o intercetor de Chelas (SIMTEJO).

- À ETAR aflui o Intercetor Doméstico de Chelas (nesta zona com uma secção circular DN 1200 - Figura 9.20); e duas condutas elevatórias que transportam as águas residuais domésticas do coletor unitário da Calçada do Grilo (descarregador de tempestade localizado no nó O.N1860), de um pequeno coletor doméstico da Rua Gualdim Pais e das bacias M2 e N (sistema da SIMTEJO).

Figura 9.20 – Intercetor doméstico afluente à ETAR (Câmara com descarregador de tempestade)

Por último, refira-se que foram verificadas algumas deficiências de conceção e no estado de conservação (acumulação de areias e sedimentos) dos descarregadores de tempestade, que resultam numa separação de caudais deficiente (caudais pluviais no Sistema Intercetor Doméstico e caudais domésticos na galeria pluvial), mesmo em período estival, o que dá origem a descargas domésticas no Rio Tejo (levantamento cadastral realizado para a SIMTEJO em 2004, pela Engidro e Ipodec).

De uma forma resumida, os principais problemas detetados na bacia O foram os seguintes:

- Rede pluvial com afluência de caudais domésticos, conduzindo a descarga de caudal doméstico no meio recetor (estuário do Rio Tejo);
- Entrada de caudais pluviais para o sistema intercetor de águas residuais domésticas;
- Coletores em mau estado de conservação;
- Ocorrência de inundações;
- Falta de capacidade hidráulica dos troços, detetados pelo modelo;
- Inexistência de sistema efetivo de controlo de caudal na bacia de retenção construída no Parque Urbano Oeste do Alto do Lumiar (Alta de Lisboa);
- Descarregadores com deficiências de conceção e no estado de conservação (acumulação de areias e sedimentos).

9.4 Sistema de Beirolas

9.4.1 Bacia P - Poço do Bispo

Relativamente ao **desempenho hidráulico** dos coletores, para os períodos de retorno de 10 anos, a aplicação do modelo à rede principal detetou situações de falta de capacidade em vários troços, nomeadamente:

- A rede P.N450-R.N090, tem problemas de falta de capacidade a partir do nó P.N460 até à descarga no rio, na zona da Av. Infante Dom Henrique / Beato;
- A rede principal P.N020-R.N040, só tem problemas de falta de capacidade na Rua Amorim, já no troço final, onde o coletor tem uma inclinação muito reduzida e sofre a influência de maré;
- A rede P.N270-R.N010 tem igualmente problemas de falta de capacidade em quase toda a extensão, desde a Rua Vale Formoso de Baixo até à descarga no rio.

As três situações referidas foram igualmente confirmadas com os trabalhos de campo realizados.

Os resultados da simulação realizada para o período de retorno de 10 anos são apresentados na Figura 9.21.

Figura 9.21 – Bacia P - Resultados da simulação dinâmica

Quanto às restantes redes, nomeadamente as que se encontram associadas às descargas a sul da Doca do Poço do Bispo (i.e., rede P.N400-R.N070) e Matinha (redes P.N320-P.N330 e P.N300-P.N310), não apresentam problemas de falta de capacidade. Também estes resultados dos modelos foram confirmados com a CML e com os dados da Proteção Civil.

No que respeita ao desempenho sanitário, funcional e ambiental, destaca-se a situação do coletor doméstico que acompanha o coletor pluvial principal (entre os nós P.N020 e P.N120),

o qual está ligado na Rua Zófimo Pedroso ao Intercetor Doméstico de Beirolas (SIMTEJO). No entanto, verifica-se que existe um desvio do caudal doméstico para a rede principal a montante da ligação ao intercetor. Este caudal doméstico permanece na rede principal até ser descarregado no rio Tejo sem qualquer tratamento. A razão pela qual esse caudal está a ser desviado do coletor doméstico para o coletor pluvial e o local onde essa situação ocorre são desconhecidos.

De uma forma resumida, os principais problemas detetados na bacia P foram os seguintes:

- Rede pluvial com afluência de caudais domésticos, conduzindo a descarga de caudal doméstico no meio recetor (estuário do rio Tejo);
- Ocorrência de inundações;
- Falta de capacidade hidráulica dos troços, detetados pelo modelo;
- Coletores sob influência da maré.

9.4.2 Bacia Q - Av. de Berlim

No que respeita ao desempenho hidráulico, os resultados do modelo de simulação dinâmica identificaram alguns troços com problemas de falta de capacidade, nomeadamente na Av. de Berlim, Av. Infante Dom Henrique e Av. Doutor Alfredo Bensaúde, tal como se apresenta na Figura 9.22.

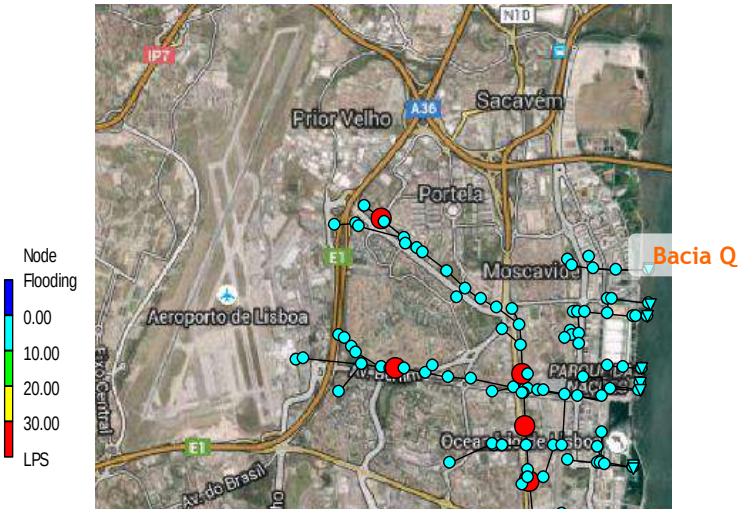


Figura 9.22 – Bacia Q - Resultados da simulação dinâmica

Na Av. de Berlim, a Proteção Civil possui efetivamente registos de inundações da Via Pública. Porém, os técnicos da CML não identificaram estes locais como críticos em termos de inundações, requerendo confirmação das falhas de informação de cadastro (relativas à dimensão e/ou à profundidade e inclinação dos coletores), através de trabalhos de levantamento cadastral mais detalhados, que incluam levantamento topográfico e inspeção interior dos coletores.

De qualquer forma, a CML identificou outros tipos de problemas, de âmbito estrutural e ambiental, nomeadamente o mau estado em que se encontram as redes de drenagem

domésticas da zona dos Olivais, que têm vindo a ser danificadas pelas raízes das árvores, e cuja solução tem sido desviar o caudal doméstico para coletores pluviais. Outro dos problemas identificados foi a deficiente drenagem superficial de alguns arruamentos, como sejam os desnivelamentos da Av. Infante D. Henrique.

De uma forma resumida, os principais problemas detetados na bacia Q foram os seguintes:

- Ocorrência de inundações;
- Falta de capacidade hidráulica dos troços, detetados pelo modelo;
- Coletores em mau estado de conservação;
- Deficiente drenagem superficial de alguns arruamentos.

9.5 Zona Ribeirinha - bacia R

Do ponto de vista do desempenho hidráulico da rede, a modelação dinâmica da rede principal foi suportada em plantas antigas e em trabalhos de campo, dada a ausência de informação detalhada nesta zona (muito ocupada pelo Porto de Lisboa). De qualquer forma, o modelo detetou algumas situações de falta de capacidade hidráulica que obviamente se justificam pelos caudais oriundos de bacias de drenagem que se localizam a montante (ou seja, a causa das patologias encontra-se nas M2, N, O e P) e não pelo caudal captado na área desta bacia. Assim, estas situações foram anteriormente referidas nas descrições do diagnóstico das outras bacias, nomeadamente Bacias O e P.

Por exemplo, na zona do largo do Marquês de Nisa é frequente a ocorrência de inundações em períodos de precipitação intensa. Pensa-se que esta situação se deve à conjugação de diversos fatores, nomeadamente por ser uma zona plana com uma cota de terreno reduzida que é atravessada por um emissário pluvial, o qual descarrega grande parte dos caudais provenientes da Bacia O.

Saliente-se também que, de uma forma geral, as descargas para o rio caracterizam-se por uma conceção pouco cuidada e alguma degradação, que induzem perdas de carga desnecessárias e potenciam a entrada em carga das redes ribeirinhas. Esta constatação baseia-se em indícios observados e no conhecimento que se tem do funcionamento da rede.

Relativamente ao desempenho sanitário e ambiental, verificam-se várias situações de descarga de águas residuais domésticas provenientes das bacias adjacentes que são descarregadas no meio recetor sem tratamento devido a deficiências na conceção dos descarregadores e respetivas ligações. De seguida apresentam-se alguns exemplos:

- as águas residuais domésticas da bacia M2 são intercetadas por um descarregador de tempestade e encaminhadas para tratamento. Contudo, o troço R.T300 recebe todas as águas residuais domésticas e pluviais drenadas entre a Calçada de Santa Apolónia e a Rua da Bica do Sapato que são descarregadas diretamente no rio sem tratamento;
- também o caudal residual doméstico da Bacia O que não é intercetado pelos descarregadores (quer por funcionamento deficiente destes, quer por se tratarem de

entradas de caudal a jusante destes órgãos) e que aflui ao Largo Marquês de Nisa, bem como o caudal proveniente de toda a zona de drenagem a jusante da Rua Madre de Deus e da Rua de Xabregas é descarregado no rio Tejo sem tratamento;
- na Bacia P também há um *bypass* do coletor doméstico para o coletor pluvial, que origina uma descarga de caudal doméstico no rio. A origem do problema é desconhecida, mas, o caudal descarregado é proveniente da zona entre o ISEL e o Vale Fundão (Av. Inf. D. Henrique).

Existem igualmente registos de diversos troços assoreados, situação que só poderá ser totalmente quantificada com o desenvolvimento de trabalhos de campo específicos.

De uma forma resumida, os principais problemas detetados na bacia R foram os seguintes:

- Ocorrência de inundações;
- Entrada em carga das redes ribeirinhas;
- Descargas com deficiências de conceção e alguma degradação;
- Descarregadores com deficiências de conceção;
- Descargas de caudal doméstico no meio recetor, sem tratamento (estuário do Rio Tejo);
- Existência de troços assoreados.

9.6 Bacias adjacentes (bacias S, T, U e V)

9.6.1 Bacia S – Lumiar - Ameixoeira

No que respeita ao desempenho hidráulico, a modelação da rede principal para um período de retorno de 10 anos revelou a existência de défice de capacidade hidráulica na zona do Museu do Traje, o que é corroborado pelos registos de inundações da Proteção Civil.

Na zona da Estrada do Desvio – Calçada da Carriche, a situação é a seguinte:

- os troços a céu aberto, S.T025 e S.T030 arrastam detritos como pedras, areias, canas, e outros para o coletor a jusante S.T050, provocando obstruções e redução da capacidade hidráulica (ver Figura 9.23); parte dos detritos fica retida na grelha que se pode visualizar na Figura 9.24, reduzindo o caudal que a atravessa, pois a grelha colmata com alguma facilidade (originando inundações a montante);
- o troço S.T050 é constituído por dois coletores pluviais em paralelo DN 1000 e por uma secção em cascões 500 x 500 mm a uma profundidade superior. A secção equivalente que daqui se obtém é insuficiente.

Figura 9.23 – Interior do troço canalização da linha de água (troço S.T050 - foto EMARLIS)

Figura 9.24 – Vista do arranque do troço canalização da linha de água
(junto à Cç. de Carriche, que se vê ao fundo)

Na Figura 9.25 apresentam-se os resultados da simulação dinâmica em termos de inundações, para um período de retorno de 10 anos.

Figura 9.25 – Bacia S - Resultados da simulação dinâmica

A identificação de outros problemas advém dos trabalhos desenvolvidos a propósito do Plano, tendo estes sido validados posteriormente em contactos efetuados com representantes da

CML. Estes trabalhos possibilitaram ainda a identificação de diversas patologias existentes no interior dos coletores pluviais desta área (tubagens degradadas, transição brusca entre secções, coletores com secção obstruída por tubagens de outras infraestruturas, etc.).

Figura 9.26 – Coletores com secção obstruída por tubagem de outra infraestrutura (foto EMARLIS)

Em termos de desempenho sanitário, funcional e ambiental, refira-se que as redes de drenagem do cadastro desta bacia são, de uma maneira geral, redes separativas.

No entanto, os trabalhos de campo realizados detetaram patologias graves, nomeadamente num coletor de drenagem de águas residuais domésticas localizado na extremidade poente da Calçada de Carriche. O efluente encontra-se desviado através de ligações de recurso para a rede pluvial.

De uma forma resumida, os principais problemas detetados na Bacia S foram os seguintes:

- Ocorrência de inundações;
- Falta de capacidade hidráulica dos troços, detetados pelo modelo;
- Existência de linha de água a céu aberto na zona da Estrada do Desvio – Calçada da Carriche, com arrastamento de detritos e consequentes obstruções, originando inundações;
- Coletores em mau estado de conservação;
- Rede pluvial com afluência de caudais domésticos.

9.6.2 Bacias T e U

Em contactos efetuados com técnicos da CML, estes revelaram desconhecer a existência de troços em mau estado estrutural nas redes destas Bacias.

10 SOLUÇÕES ALTERNATIVAS

10.1 Sistema de Alcântara

10.1.1 Enquadramento geral

O sistema de Alcântara (bacias domésticas e pluviais) inclui várias bacias que se desenvolvem praticamente entre Stª Apolónia e Algés. Os principais problemas deste sistema concentram-se essencialmente na Zona Baixa onde se regista frequentemente a ocorrência de inundações, nomeadamente na zona baixa de Alcântara e na Baixa Pombalina. As zonas críticas, onde se verificaram os maiores problemas são, sobretudo, no Largo do Calvário, Largo das Fontaínhas, Rua Fradesso da Silveira, acesso à Ponte 25 de Abril, Rua Stª Marta/Rua S. José/Portas de Stº Antão, Rossio, Praça da Figueira e Baixa Pombalina, mas também em Sete Rios e Campo Pequeno. Uma das principais causas para a ocorrência de inundações, na sequência de eventos de precipitação intensos, resulta da falta de capacidade hidráulica dos coletores existentes e na falta de capacidade de descarga no estuário que é, muitas vezes, condicionada pelo nível de maré. Na maioria das vezes, essas inundações não advêm da precipitação local mas da água transportada pelas bacias contributivas de montante, com origem em cotas mais elevadas.

No âmbito do Plano Geral de Drenagem de Lisboa 2016-2030 foi definida, como prioritária, a elaboração de propostas de intervenção que permitam melhorar as condições de escoamento, bem como reduzir e controlar o risco de ocorrência de inundações. Foram estudadas e analisadas diversas soluções, tendo-se efetuado várias simulações com recurso a modelo dinâmico, de forma a avaliar o desempenho das infraestruturas. Apresentam-se, de seguida, as soluções alternativas estruturantes que foram estudadas.

10.1.2 Solução A (ênfase em atenuação e desconexão)

A primeira solução estudada (solução A) corresponde, fundamentalmente, ao que já tinha sido proposto no PGDL de 2008. Na bacia de Alcântara, propõe-se uma solução que aposta na construção de dois reservatórios a montante, com o objetivo de atenuar o caudal de ponta de cheia afluente ao troço final do Caneiro. Também se propõe, nesta bacia, a desconexão dos coletores afluentes ao Caneiro na zona baixa de Alcântara, alargamento da descarga e reabilitação do troço final. Nas bacias das Avenidas da Liberdade e Almirante Reis, prevê-se a substituição dos coletores da R. Stª Marta/R. São José/Portas de Stº Antão, assim como a construção de um túnel de drenagem para desviar os caudais provenientes da Av. Almirante Reis, junto do Martim Moniz, descarregando-os diretamente para o rio Tejo, na zona de Stª Apolónia.

Bacia de Alcântara - Reservatórios

As intervenções propostas no âmbito desta solução consistem na construção de dois reservatórios enterrados localizados no trecho final dos dois ramais principais do Caneiro de

Alcântara: o reservatório de Campolide-Benfica, implantado nas imediações do Bairro da Liberdade, e o das Avenidas Novas, na Quinta José Pinto, na zona de Campolide. Os locais propostos apresentam-se na Figura 10.1, na Figura 10.2 e na Figura 10.3. Os reservatórios apresentam uma dupla função de amortecimento de caudais de ponta, no caso de fenómenos extremos de precipitação, e de maximização do volume de afluências à ETAR.

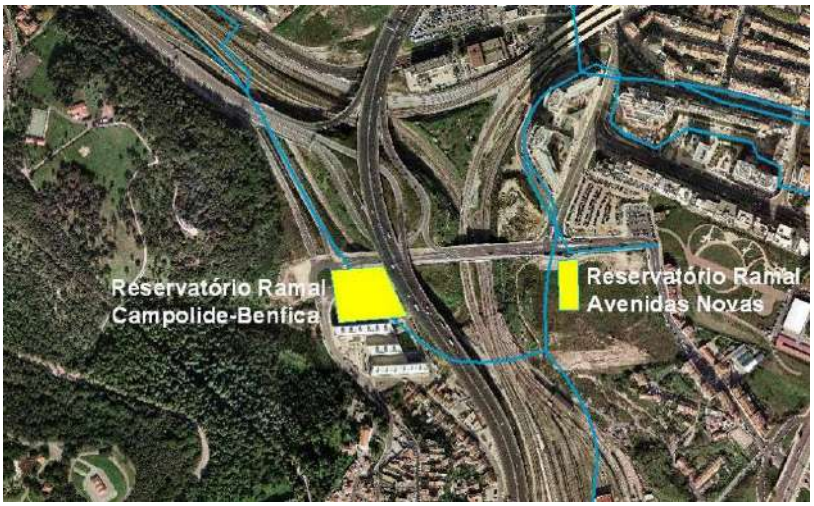


Figura 10.1 - Representação em planta dos locais propostos para a construção dos reservatórios de Campolide-Benfica e das Avenidas Novas

Figura 10.2 - Local sugerido para a construção do reservatório de Benfica-Campolide, próximo do Bairro da Liberdade

Figura 10.3 - Local sugerido para a construção do reservatório das Avenidas Novas em Campolide

O local de implantação do reservatório de Benfica-Campolide situa-se na proximidade da via de acesso (Av. General Correia Barreto). O volume total seria de 38 100 m^3, com uma geometria trapezoidal e uma área de implantação de 105 x 80m (8400 m^2). Estima-se que a profundidade média do reservatório seria de 9,8 m, com uma altura útil de 5,5m.

O reservatório das Avenidas Novas apresenta um volume total de 13 400 m^3. É previsto na Quinta José Pinto, junto do início da R. de Campolide (nas traseiras das *Twin Towers*). Prevê-se que este reservatório seja retangular com uma área de implantação de cerca 75 x 30m (2250 m^2) e com uma altura útil na ordem dos 6m.

De acordo com a avaliação efetuada no âmbito do PGDL de 2008, através da modelação dinâmica, os volumes estimados permitem uma atenuação do caudal de ponta na confluência do ramo principal do Caneiro com o troço proveniente das Avenidas Novas que pode chegar a 20%, para um período de retorno de 10 anos. Apresenta-se, na Figura 10.4, os resultados obtidos da simulação.

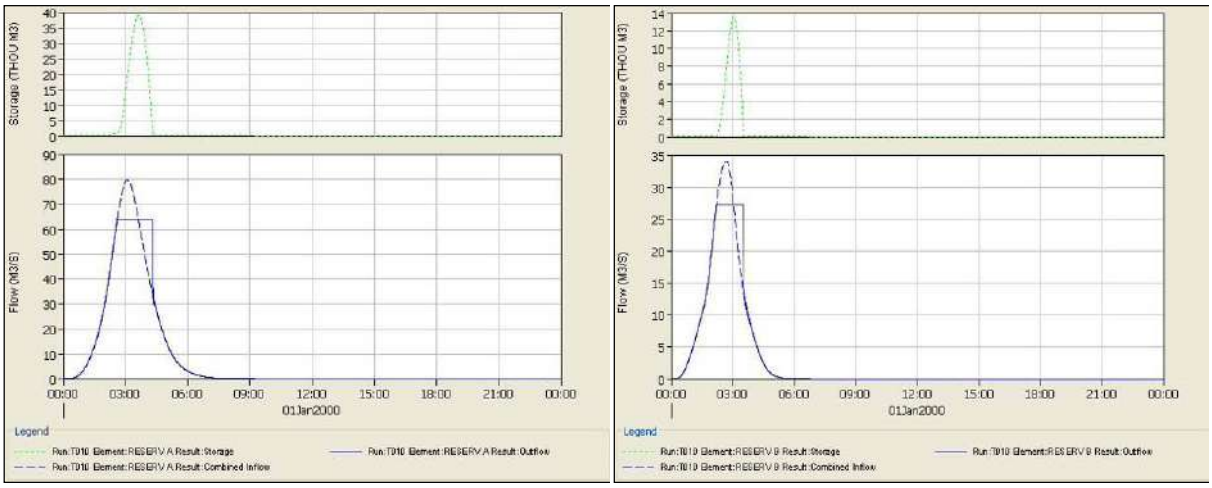


Figura 10.4 - Volume armazenado (verde) e hidrogramas afluente (azul tracejado) e efluente (azul cheio) no reservatório de Benfica-Campolide à esquerda e no reservatório das Avenidas Novas à direita (T=10 anos)

Bacia de Alcântara – Desconexão

Para além dos reservatórios é necessário, nesta solução, proceder-se à desconexão de ramais afluentes ao Caneiro na zona baixa, de forma a evitar o extravasamento de caudais nas zonas de cotas topográficas inferiores, em virtude do aumento da altura de escoamento no interior do Caneiro de Alcântara. A desconexão dos coletores permite, adicionalmente, minimizar os caudais afluentes ao troço final do Caneiro, que se "liberta" das afluências das redes das zonas baixas e pode ainda funcionar sob pressão, aumentando a respetiva capacidade hidráulica. Propõe-se a construção de um coletor na margem direita, com desenvolvimento aproximadamente paralelo ao Caneiro, que assegure a coleta dos caudais pluviais. Consequentemente, serão desativadas todas as atuais ligações das zonas baixas da bacia hidrográfica de Alcântara ao Caneiro, minorando a ocorrência de cheias na zona baixa de Alcântara (sobretudo na R. da Cozinha Económica e no Largo das Fontainhas), mesmo em situações de preia-mar de marés vivas.

A zona de intervenção do projeto referido corresponde à área compreendida entre a Praça General Domingues Oliveira e o rio Tejo, pelo que os coletores a montante (R. Cruz a Alcântara e R. do Alvito) continuarão a drenar para o Caneiro. Os coletores afluentes ao Caneiro, para os quais se prevê tamponamento, constam no Quadro 10.1 e na Figura 10.5.

Quadro 10.1 - Coletores a desconectar da margem esquerda do Caneiro de Alcântara

Coletores a desconetar do Caneiro de Alcântara
1- Coletor da Calçada da Tapada
2- Coletor da Rua das Fontainhas
3- Coletor da Rua Fradesso da Silveira
4 - Coletor da Rua Cascais
5 - Coletor da Rua da Cozinha Económica
6 - Coletor pluvial que se desenvolve entre a Rua da Cozinha Económica e a Rua Rodrigues Faria
7 - Coletor da Rua Rodrigues Faria

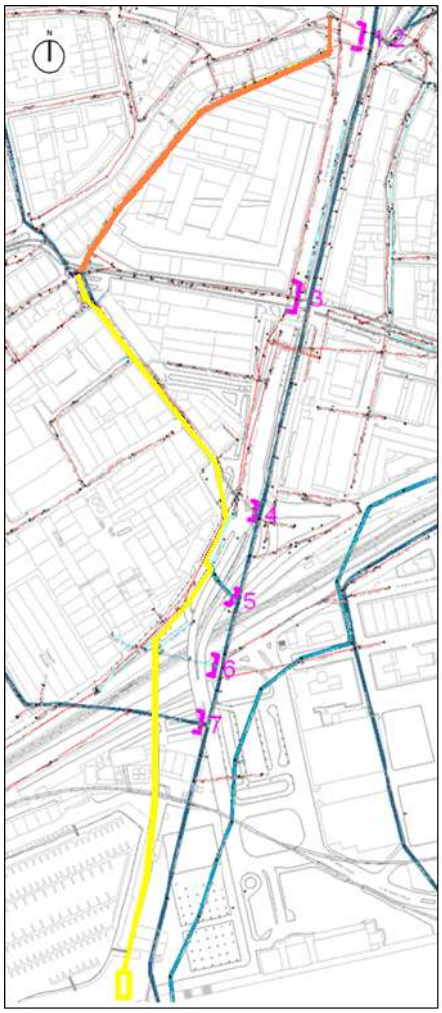


Figura 10.5 - Planta esquemática das intervenções propostas para a margem direita do Caneiro

Na margem esquerda do Caneiro de Alcântara, deverá ser equacionada a construção de uma solução similar, que não se detalha atendendo à incerteza associada à futura ocupação da

zona, que se encontra abrangida por um conjunto de empreendimentos onde também se inclui a construção de um hospital. No entanto, refere-se que qualquer intervenção local deverá promover a minimização de perdas de carga localizadas.

De acordo com resultados obtidos da modelação dinâmica, estima-se que, para um período de retorno de 10 anos, os caudais "desconectados" sejam de 18,5 m^3/s e 8,2 m^3/s, respetivamente da margem direita e da margem esquerda do troço final do Caneiro.

Bacia de Alcântara – Beneficiação do troço marítimo do Caneiro

O troço final do Caneiro apresenta uma secção com fundo móvel apoiada em estacas. A capacidade de descarga encontra-se muito condicionada pela variação dos níveis da maré e pela entrada de sedimentos que contribuem para o assoreamento. A limitação da descarga leva a que, por afluência de caudais elevados, o troço final entre em pressão podendo causar danos estruturais. Tem-se verificado que os coletores da zona baixa de Alcântara servem de "válvula de escape", permitindo o extravasamento dos caudais mediante a entrada em carga do Caneiro. Daí ser frequente a ocorrência de inundações na baixa de Alcântara, mais concretamente nos largos do Calvário, das Fontainhas e de Alcântara, que estão situados a cotas baixas relativamente ao Caneiro.

Na descarga do Caneiro de Alcântara, existe uma queda da soleira, por forma a afogar a descarga, diminuindo assim o impacto visual. A existência dessa singularidade limita o acesso à infraestrutura, para inspeção, pelo lado do mar, pelo que deverá ser removida.

Para além da beneficiação da descarga do Caneiro, deverá proceder-se à reabilitação estrutural do troço final do Caneiro. Uma vez que este troço é de difícil acesso e sujeito ao nível da maré, a sua inspeção é bastante difícil, o que resulta num importante grau de incerteza sobre o estado de conservação. Recentemente, o LNEC fez uma inspeção rigorosa a esse trecho, de forma a determinar as necessárias intervenções de reabilitação.

Com recurso ao *software* de simulação SWMM (*Stormwater Management Model*, desenvolvido pela U.S. EPA), efetuou-se a simulação do desempenho do troço final do Caneiro, considerando um tempo de retorno T=10 anos, no sentido de analisar o seu desempenho hidráulico com e sem a existência da parede na descarga, e em função do nível da maré. Na Figura 10.6 e Figura 10.7 apresentam-se os perfis resultantes da simulação, para um nível de maré de 1,95m, considerando a existência, ou não, da parede.

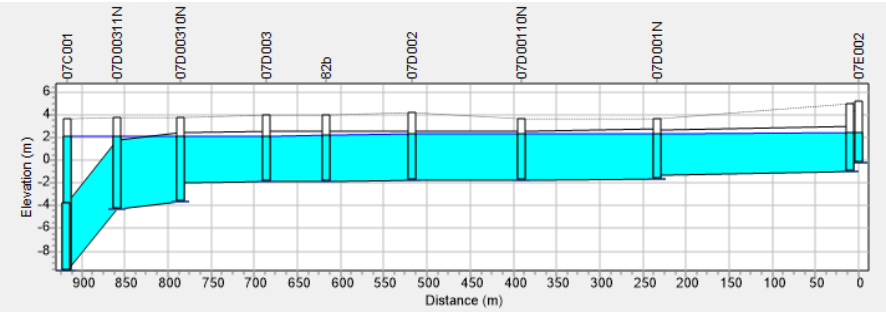


Figura 10.6 – Perfil Longitudinal do troço final do Caneiro com parede na descarga

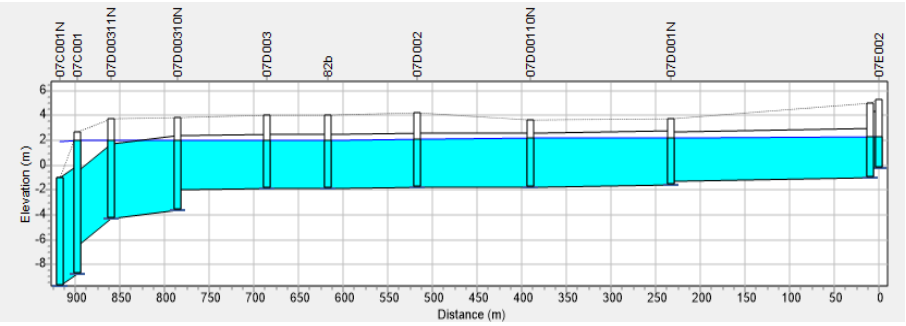


Figura 10.7 – Perfil Longitudinal do troço final do Caneiro sem parede na descarga

Pode constatar-se que a eliminação da parede na descarga melhora a capacidade hidráulica do trecho final do Caneiro.

Procurou-se determinar o caudal máximo do trecho final do Caneiro para os dois cenários propostos e considerando dois níveis de maré: um nível de maré de 1m (situação mais favorável para a descarga) e um nível de maré de 1,95m (caso mais desfavorável que corresponde a 6/7 do nível máximo da preia-mar). No Quadro 10.2 apresentam-se os resultados obtidos para as várias simulações.

Quadro 10.2 – Caudais máximos no trecho final do Caneiro

	$N_{maré}$ = 1,00 m	$N_{maré}$ = 1,95 m
Com parede	125 m^3/s	85 m^3/s
Sem Parede	132 m^3/s	92 m^3/s

Em condições de preia-mar, os caudais transportados pelo Caneiro não excedem 90 m^3/s.

Bacia das Av. Liberdade /Almirante Reis – Reforço de coletores e desvio de caudais

No sentido de mitigar o risco de ocorrência de inundações recorrentes na R. de St.ª Marta, R. das Pretas e Portas de St.º Antão, propõe-se a substituição dos troços J.T220, J.T230, J.T235 e J.T240, que se desenvolvem ao longo da R. de Santa Marta, R. de S. José e R. Portas de Santo Antão, respetivamente. Assim, no âmbito desta solução A, propõe-se que os troços J.T220 e J.T230 sejam substituídos por um coletor de betão de 2000 mm de diâmetro com 0,75% de declive e os troços J.T235 e J.T240 por um coletor de betão com 2400 mm de diâmetro e 0,18% de declive. Na Figura 10.8 é possível visualizar a planta de enquadramento da rede a substituir.

A substituição dos coletores existentes por coletores de maior dimensão tem como objetivo aumentar a capacidade de transporte dos mesmos, procurando assim evitar a ocorrência de extravasamentos.

Figura 10.8 – Planta de enquadramento da rede a substituir (a amarelo) na bacia J.

Verificou-se, através da modelação, que o aumento da capacidade de transporte não resolve a totalidade dos problemas, pois os caudais afluentes na zona da Baixa Pombalina provenientes das bacias das Avenidas da Liberdade e Almirante Reis são demasiado elevados face à capacidade de vazão dos coletores existentes na Rua do Ouro, da Prata e Augusta, sendo também as infraestruturas existentes condicionadas pelos níveis de maré.

Deste modo, com o objetivo de minimizar o risco de ocorrência de inundações que se registam frequentemente na Pç. da Figueira e de aliviar os caudais afluentes na rede da zona da Baixa Pombalina, equacionou-se a construção de um túnel de drenagem para desviar os caudais provenientes da Av. Almirante Reis para o cais de embarcações na zona de Stª Apolónia. Esta intervenção permite aliviar toda a rede a jusante do poço de interceção. Na Figura 10.9 apresenta-se o traçado do túnel previsto.

Figura 10.9 – Traçado do túnel de desvio de caudal Martim Moniz / Stª Apolónia

Foi definido um túnel com 2,5 m de diâmetro e com declives que variam de 0,4 a 0,5%, o que permite desviar um caudal de 15 m^3/s. De acordo com o traçado definido, o comprimento do túnel é, aproximadamente, de 1,3 km.

Recorreu-se ao modelo dinâmico para analisar o efeito do túnel na melhoria das condições de escoamento e na mitigação do risco de ocorrência de inundações na zona da Baixa Pombalina e a repercussão nas condições de escoamento dos coletores da R. Stª Marta/R. São José/Portas de Stº Antão. Na Figura 10.10 apresentam-se os resultados obtidos do modelo 2D para um período de retorno de 10 anos e com nível de maré de 1,95m.

Através dos resultados obtidos do modelo, foi possível constatar que o túnel permite controlar os problemas na Pç. da Figueira e alivia os coletores da Baixa Pombalina, mas não o suficiente para permitir a melhoria das condições de escoamento dos coletores provenientes da R. Stª Marta/R. São José/Portas de Stº Antão. Através da Figura 10.10, no canto superior direito onde é representada a capacidade dos coletores, é facilmente percetível que diversos troços desse arruamento, assinalados a vermelho, atingem a capacidade máxima de secção cheia, havendo risco de ocorrer extravasamentos durante o pico da precipitação.

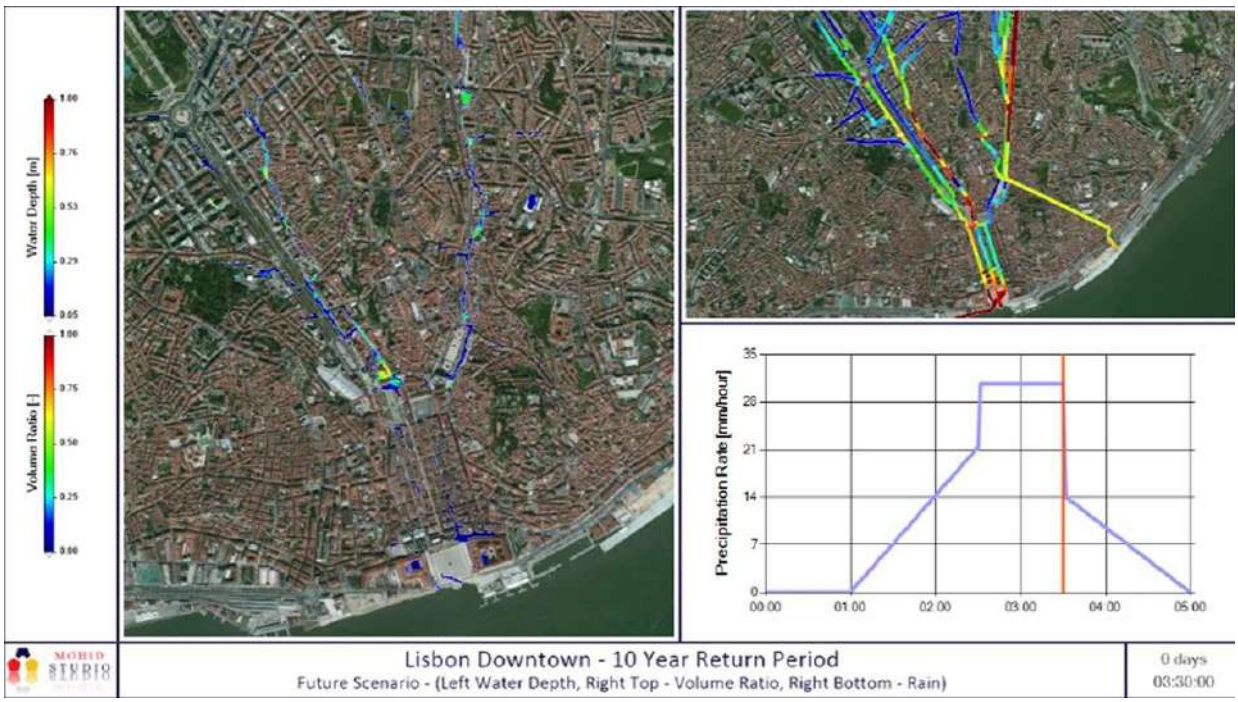


Figura 10.10 - Modelação dinâmica da solução com o túnel Martim Moniz – Stª Apolónia através do *software MOHID*

Os poços de interceção que desviam os caudais para o túnel funcionam como descarregadores permitindo que os caudais de tempo seco (e até 2Qp de tempo seco) sigam o seu curso para jusante, através da rede existente, de forma aos efluentes afluírem para a ETAR.

Às intervenções estruturantes previstas associam-se intervenções pontuais em coletores e estruturas de redes secundárias que as completem, tal como se irá descrever no subcapítulo 10.4.

10.1.3 Solução B (ênfase em atenuação)

Bacia de Alcântara – Reserva, desconexão e beneficiação troço marítimo do Caneiro

A solução B consiste, essencialmente, em alterações das intervenções apresentadas na solução A, com aumento significativo dos volumes de reserva e minimização de intervenção na zona baixa de Alcântara. Assim, propõe-se uma solução que aposta no reforço da capacidade de armazenamento a montante, com o objetivo de atenuar o caudal de ponta de cheia afluente ao troço final do Caneiro e que seja compatível com a sua capacidade hidráulica.

Na bacia das Avenidas da Liberdade e Almirante Reis, prevê-se o desvio dos caudais da Rua S. José e da Av. Almirante Reis através da construção de um túnel de drenagem com início na R. das Pretas e fim na zona de St.ª Apolónia, ou seja, de extensão e efeito superior ao considerado na solução A.

Relativamente à construção de reservatórios para armazenamento a montante dos caudais afluentes à zona baixa de Alcântara, foram identificados cinco locais onde podem ser construídas reservas que totalizarão até cerca de 171 000 m^3 (Quadro 10.3). Entre os cinco reservatórios propostos, mantêm-se da solução A os reservatórios de Benfica-Campolide e da Quinta José Pinto (Ramal das Avenidas Novas), embora com capacidades bastante superiores. Na Figura 10.11 encontra-se uma representação do conjunto de reservatórios estudados. As restantes três localizações resultam de oportunidades recentes, concretamente a receção pela CML dos terrenos da Quinta da Alfarrobeira junto à Avenida Conde de Almoster, a intenção de construir um parque de estacionamento em Sete Rios, e o projeto de alteração da configuração da Praça de Espanha.

O Quadro 10.3 indica também uma possível priorização da construção destes reservatórios (solução B). O reservatório de Benfica-Campolide deveria ser o primeiro a ser construído por possuir uma maior capacidade de armazenamento e por permitir controlar as afluências do ramal de Benfica, que são significativamente maiores do que as geradas nas Avenidas Novas. Para controlar as águas pluviais provenientes do ramal das Avenidas Novas sugere-se, numa primeira fase, a construção do reservatório da Quinta José Pinto. Os reservatórios de Sete Rios e Praça de Espanha deverão ser construídos à medida que as iniciativas de intervenção urbana a que estão associadas sejam concretizadas, caso se opte pela solução B.

Finalmente, o reservatório da Quinta da Alfarrobeira servirá de reforço ao de Benfica-Campolide. A hipótese da construção de um reservatório em Sete Rios surgiu devido à existência de um projeto para a construção de um parque subterrâneo, junto da entrada do jardim zoológico. O reservatório resultaria da execução de mais um piso abaixo do parque subterrâneo. No entanto, a sua reduzida área de implantação, condicionada pela área de implantação do parque, e as elevadas profundidades a que seria implantado o reservatório,

com o risco de ser necessário recorrer a bombagem para a restituição gravítica do escoamento, tornaram esta solução pouco viável. Encontram-se representados, da Figura 10.12 à Figura 10.15, os diversos reservatórios que foram considerados nesta solução B.

Figura 10.11 - Localização esquemática dos reservatórios do sistema de Alcântara (solução B)

Quadro 10.3 – Possíveis locais de implantação dos reservatórios

Ramal	Local	Volume aproximado (m^3)
Benfica	Benfica-Campolide	65 000
	Quinta da Alfarrobeira	25 000
Avenidas Novas	Quinta José Pinto	30 000
	Sete Rios*	16 000
	Praça de Espanha	35 000

*Não considerado nas simulações

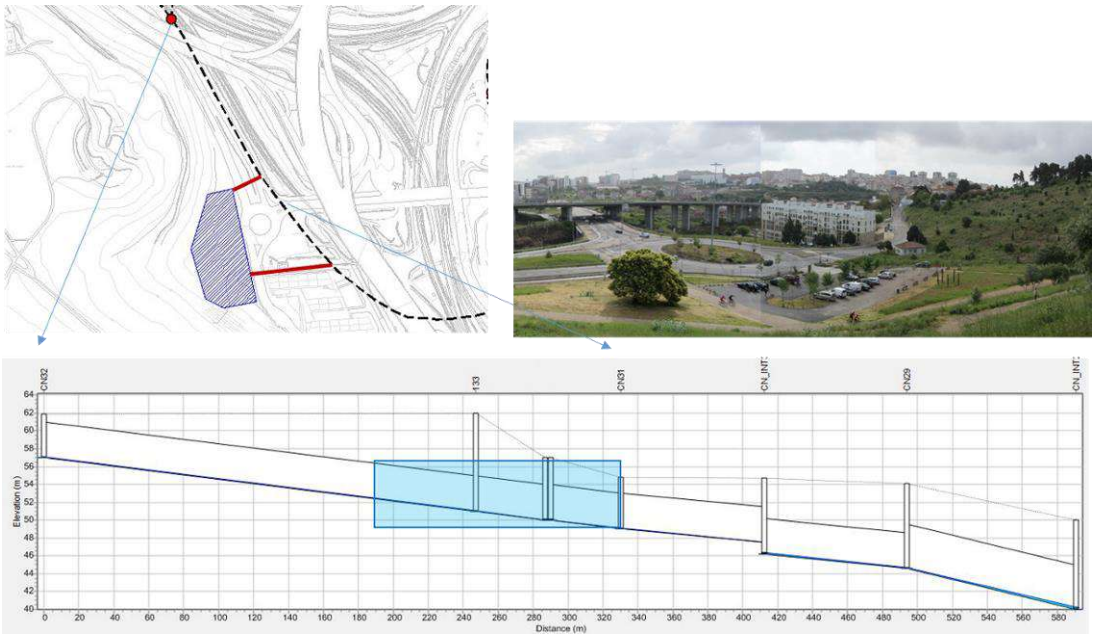


Figura 10.12 - Representação do reservatório de Benfica - Campolide

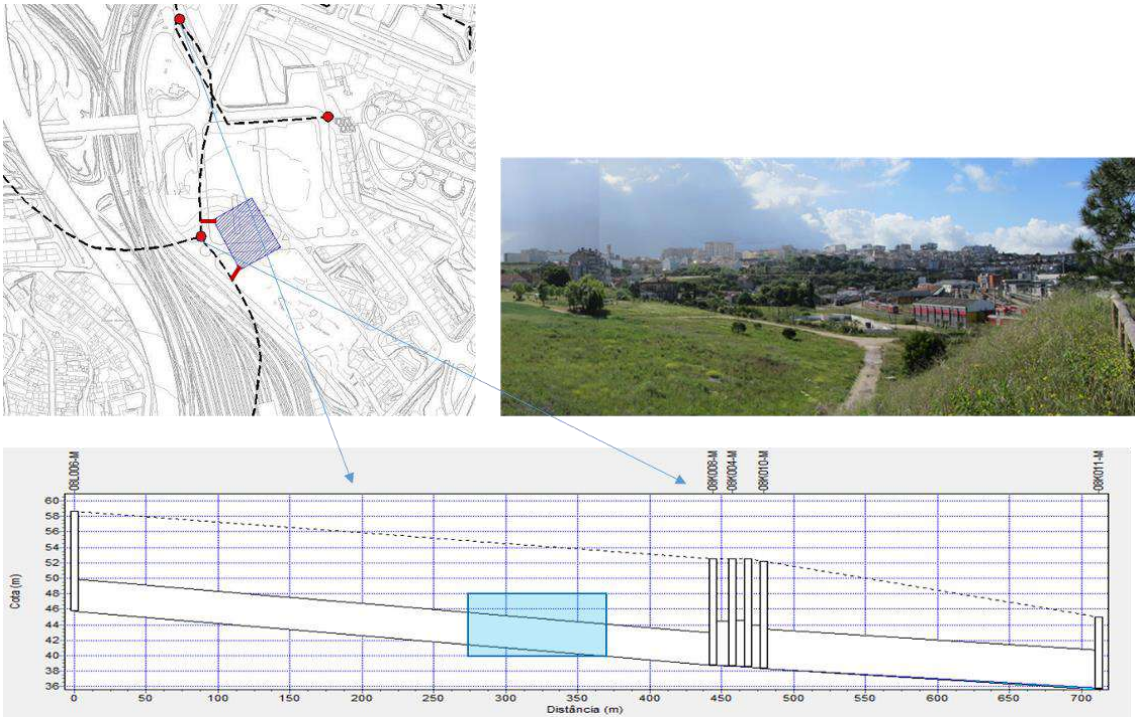


Figura 10.13 - Representação do reservatório da Quinta José Pinto

Figura 10.14 - Representação do reservatório da Quinta da Alfarrobeira

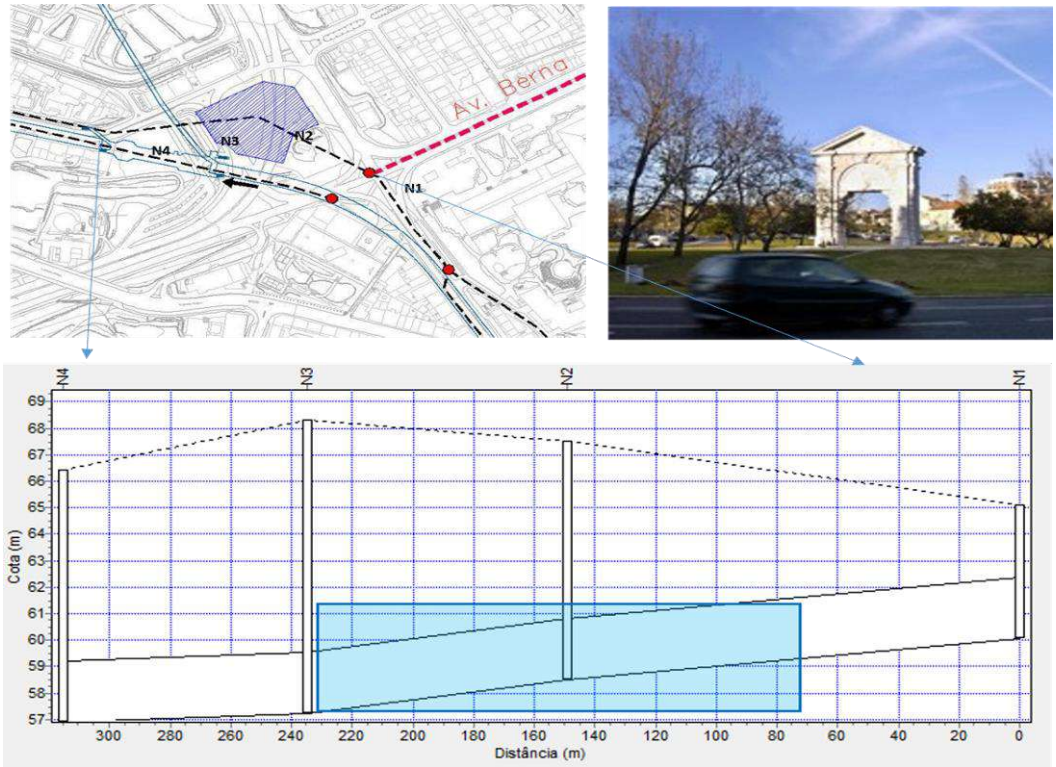


Figura 10.15 - Representação do reservatório da Praça de Espanha

De forma a maximizar a capacidade de descarga do Caneiro, a solução B deverá ser complementada com o alargamento na descarga para o rio Tejo. Recomenda-se, também, nesta solução B, para evitar a ocorrência de inundações na zona baixa de Alcântara, a desconexão dos coletores afluentes ao Caneiro, tal como apresentado na solução A, com a construção de coletores laterais, na margem esquerda e na margem direita do caneiro, mas sem o carácter urgente e prioritário que assumem na solução A.

Analisou-se, numa primeira fase, o comportamento do sistema apenas com três reservatórios, nomeadamente os inicialmente previstos no âmbito da solução A, acrescidos do reservatório localizado na Quinta da Alfarrobeira, estudando-se posteriormente a consideração do reservatório da Praça da Espanha. Apresentam-se, para ambas as situações, os resultados de simulação do evento pluviométrico de período de retorno de 10 anos e nível de maré de 1 m.

Paralelamente à análise da solução de consideração dos reservatórios nos ramais do Caneiro de Alcântara a montante da ETAR, estudou-se igualmente o efeito da desconexão da margem direita do Caneiro, na zona baixa de Alcântara a jusante de Campolide (com uma contribuição adicional estimada em 18,5 m^3/s, para o período de retorno de 10 anos).

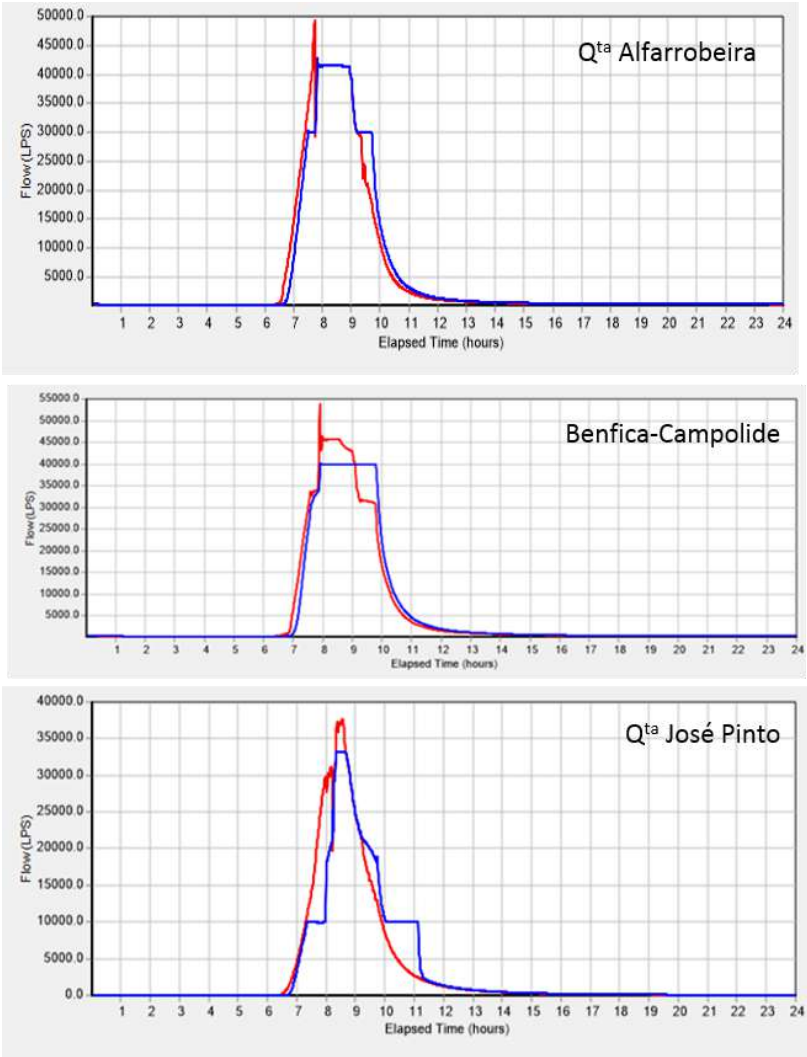


Figura 10.16 - Resultados de simulação de caudais a montante e jusante dos três reservatórios considerados na solução B (3 reservatórios) para um evento pluviométrico de período de retorno de 10 anos

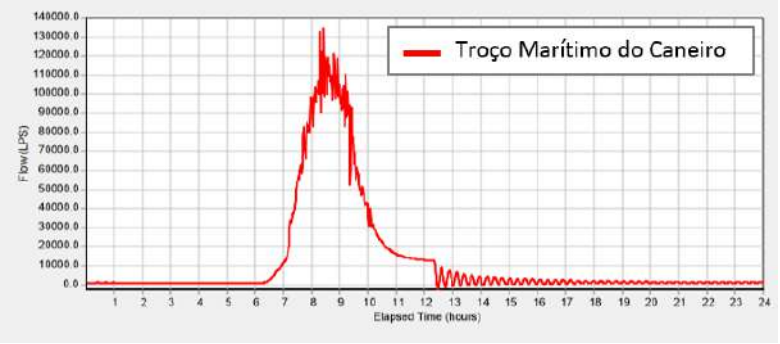


Figura 10.17 - Resultados de simulação de caudal no troço marítimo do caneiro (Solução B com 3 reservatórios) para um evento pluviométrico de período de retorno de 10 anos

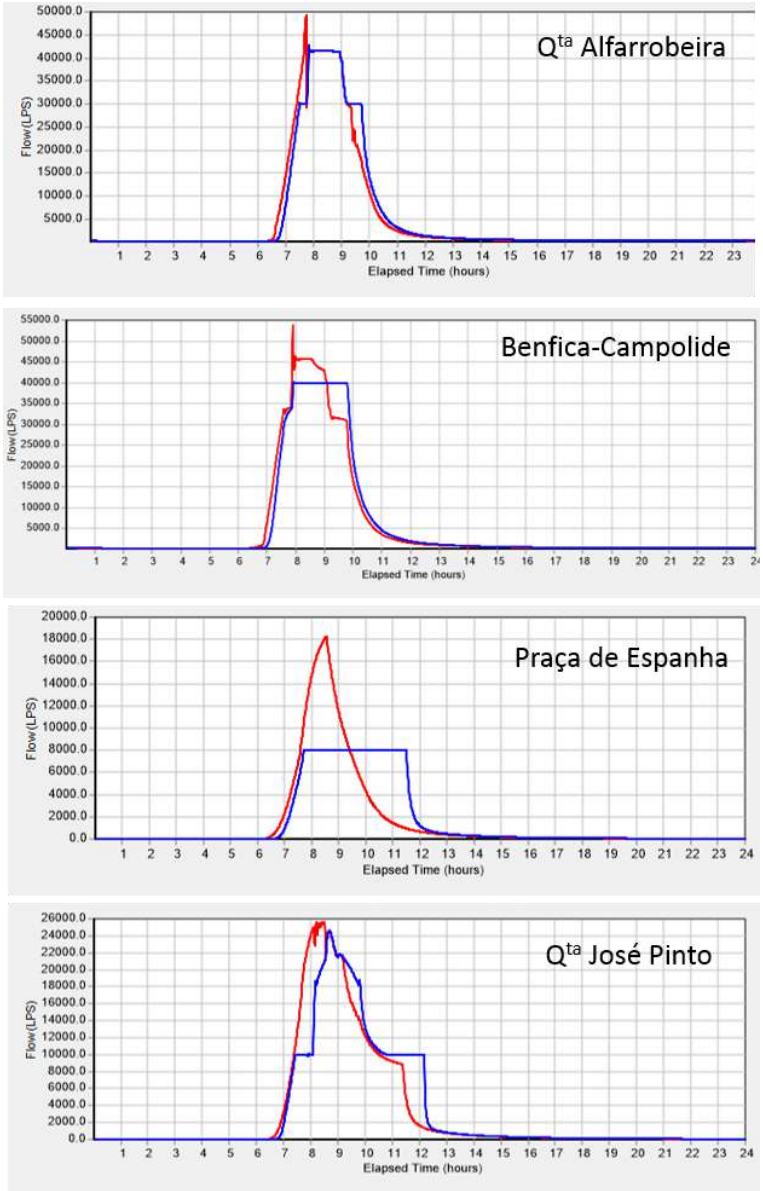


Figura 10.18 - Resultados de simulação de caudais a montante e jusante dos três reservatórios considerados na solução B (4 reservatórios) para um evento pluviométrico de período de retorno de 10 anos

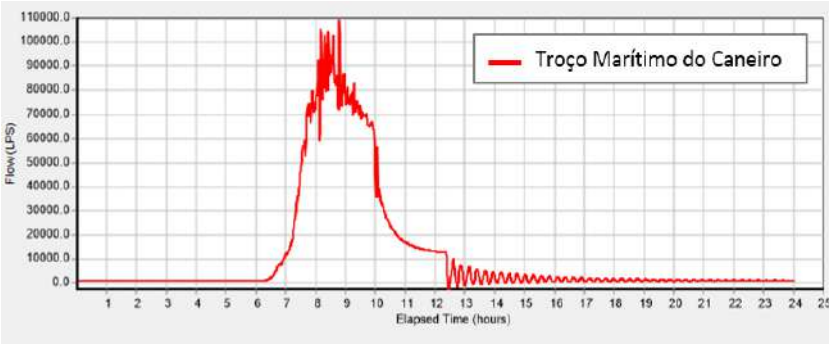


Figura 10.19 - Resultados de simulação de caudal no troço marítimo do caneiro (Solução B com 4 reservatórios) para um evento pluviométrico de período de retorno de 10 anos

Verifica-se que para as condições simuladas, embora seja mais notória a influência dos reservatórios (Solução B) na redução do pico do hidrograma (passando de um pico do hidrograma de 140 m^3/s na situação atual, para cerca de 105 m^3/s com os quatro reservatórios), qualquer uma das soluções não se revela totalmente satisfatória para a redução do caudal de ponta afluente ao troço marítimo do Caneiro, face ao caudal máximo que é suportado pelo sistema em condição crítica de maré (Q_{max}= 92 m^3/s para níveis de maré de 1,95m e com alargamento de secção na descarga).

Quando se considera o efeito futuro das alterações climáticas (aliado a um acréscimo da ocupação do solo), através do aumento da intensidade de precipitação e nível subida do nível da água do mar, os riscos tenderão a agravar-se.

Será de referir que uma correta gestão dos reservatórios permitiria flexibilidade no desfasamento das operações de armazenamento e libertação de caudais para jusante, devido à variabilidade espacial e temporal dos eventos pluviométricos e escoamentos gerados. Contudo, para além da necessidade de volumes de armazenamento elevados, essa operação será dotada de complexidade significativa no que se refere aos meios necessários de monitorização e previsão, automação e controlo em tempo real, exigindo elevado rigor e conhecimento técnico específico, para as referidas operações, o que obrigaria a um novo "paradigma" de exigência da gestão dos serviços, da parte da CML.

Bacia da Av. Liberdade / Almirante Reis – Desvio de caudais

Nas bacias da Av. da Liberdade e Av. Almirante Reis, avaliou-se a possibilidade de desviar os caudais do coletor da R. São José e da Av. Almirante Reis através do prolongamento do túnel de drenagem apresentado na solução A, até à R. das Pretas. Esta solução teria em vista aliviar os coletores situados a jusante dos poços de interceção, procurando assim reduzir os caudais que afluem à zona da Baixa Pombalina e resolver, assim, o risco de ocorrerem extravasamentos em zonas críticas. Na Figura 10.20 apresenta-se o traçado do túnel R. das Pretas / St.ª Apolónia.

Figura 10.20 – Traçado do túnel de desvio de caudal R. das Pretas / St.ª Apolónia (Solução B)

O túnel tem um comprimento de aproximadamente 2 km, com 3,5 de diâmetro e um declive médio entre 0,3 e 0,4%. A Figura 10.21 apresenta o seu perfil longitudinal.

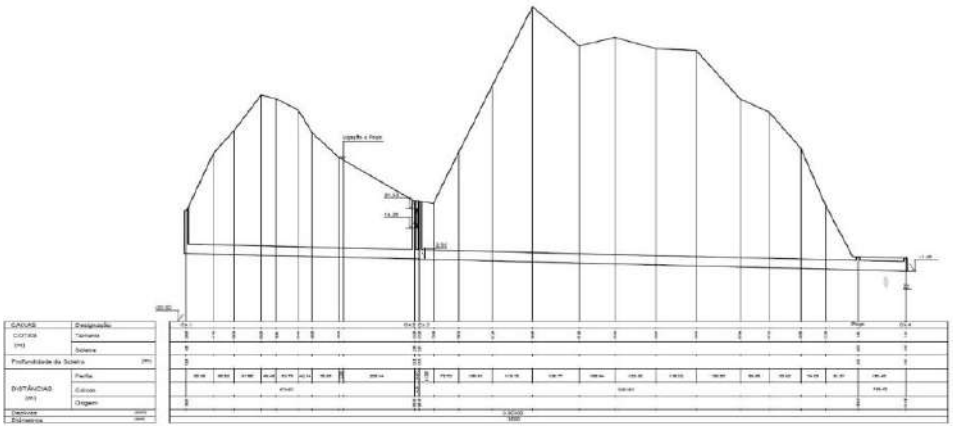


Figura 10.21 - Perfil longitudinal do túnel de desvio R. das Pretas / St.ª Apolónia

Estima-se que o túnel teria, nessas circunstâncias, uma capacidade de escoar caudais de cerca de 40 m^3/s, o que permitiria, para um período de retorno superior a 10 anos e considerando um nível de maré de 1,95m, desviar a totalidade dos caudais provenientes dos coletores da R. São José e da Av. Almirante Reis. A Figura 10.22, obtida através da modelação dinâmica em SWMM, permite evidenciar o alívio na rede a jusante resultante do desvio dos caudais através do túnel. Este alívio resulta em maior disponibilidade de transporte dos coletores existentes face à redução dos caudais afluentes, permitindo assim reduzir substancialmente o risco de ocorrência de inundações na R. das Pretas, Portas de St.º Antão, Rossio, Pç. da Figueira e Baixa Pombalina, sem necessidade de proceder a intervenções de reforço de capacidade destes coletores.

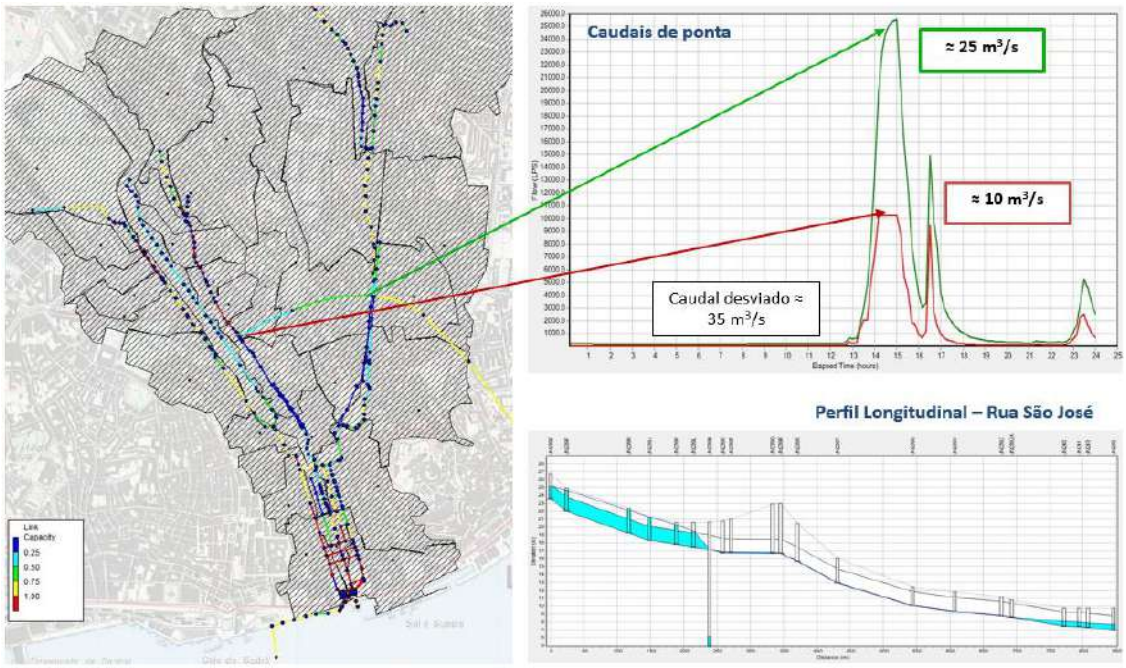


Figura 10.22 - Modelação dinâmica do túnel de desvio R. das Pretas / St.ª Apolónia para T=10 anos e Nmaré=1,95m

Os poços de interceção que desviam os caudais para o túnel irão funcionar como descarregadores permitindo que os caudais de tempo seco (e até 2Qp de tempo seco) sigam o seu curso para jusante, através da rede existente, de forma a afluírem à ETAR de Alcântara, através do sistema em "alta" da AdLVT.

Para além das soluções estruturantes propostas no âmbito da solução B, que incluíam um outro túnel (Chelas-Beato) e reservatórios, deverão considerar-se intervenções mais localizadas de minimização de perda de carga localizadas e de separação de caudais (descarregadores), bem como reforço de coletores da rede secundária, tal como se apresentam no subcapítulo 10.4. deste documento.

10.1.4 Solução C (ênfase em desvio de caudais)

Descrição do túnel

A solução C consiste num túnel de cerca de 5 km, que 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. Esta solução resulta do prolongamento do túnel da solução B até à zona de Campolide, de forma a intercetar o Caneiro de Alcântara a jusante da confluência dos dois ramais (ramal de Benfica-Campolide e das Avenidas Novas). Apresenta-se na, Figura 10.23, o traçado esquemático do túnel de drenagem Monsanto/St.ª Marta/St.ª Apolónia.

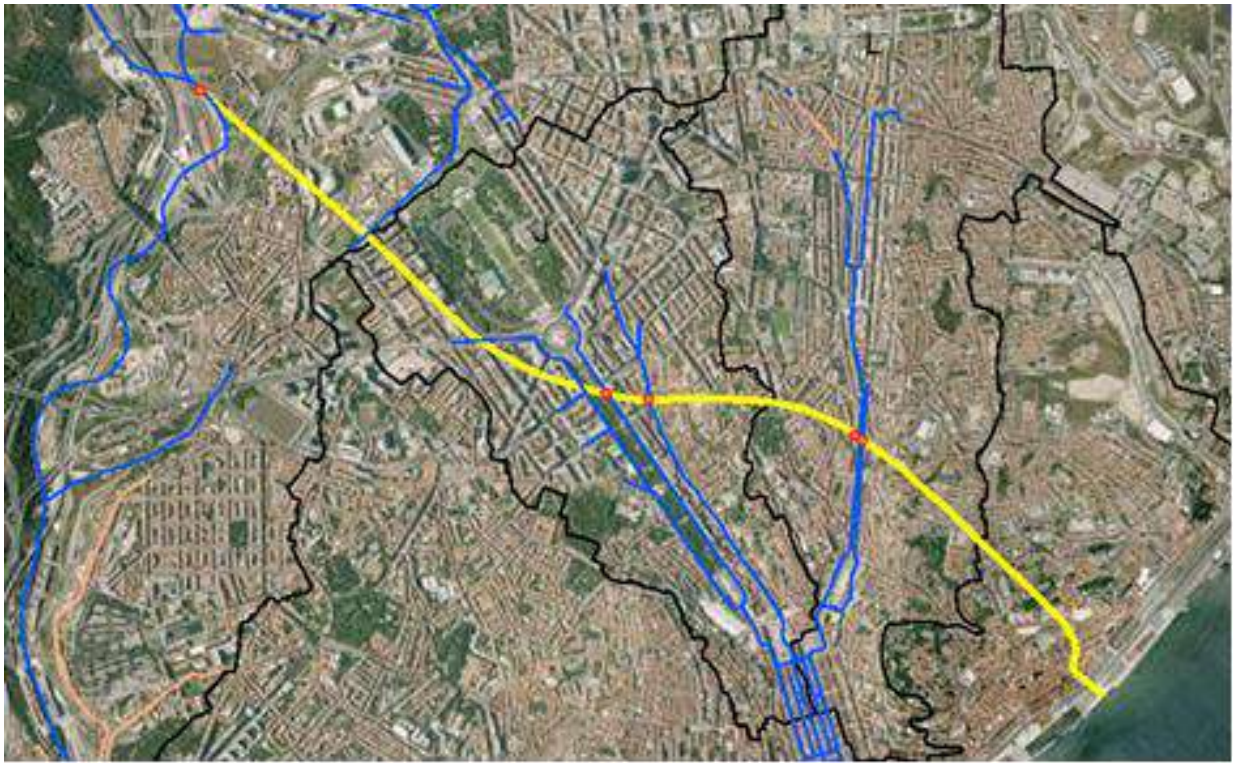


Figura 10.23 – Traçado do túnel de drenagem Monsanto/St.ª Marta/St.ª Apolónia (solução C)

O túnel apresenta uma extensão de cerca de 5 km, possui uma dimensão 5,5 m de diâmetro e declives que variam entre 0,5 e 0,7%. Na parte final, com construção em vala, a secção circular de 5,5 m deve passar para uma secção retangular, sobre o túnel do Metro, e alargar progressivamente após essa passagem, em largura e altura, para que as velocidades na descarga final sejam reduzidas.

O túnel tem como função intercetar os caudais pluviais descarregando-os diretamente para o rio Tejo. A obra de entrada no túnel, na interceção do Caneiro de Alcântara, deve ser concebida por forma a assegurar que os caudais domésticos e um volume inicial dos caudais pluviais, correspondendo ao início da chuvada (com cargas poluentes mais significativas dado o fenómeno de *first flush*), continuam para jusante, de forma a afluírem à ETAR de Alcântara. Admite-se assim que passe para jusante um caudal de 6,6 m^3/s, atendendo à capacidade de tratamento instalada na ETAR de Alcântara. 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.

Para além da obra de entrada, na Qtª José Pinto, onde serão intercetados os caudais pluviais provenientes do Caneiro de Alcântara, prevêem-se mais três poços para a interceção dos caudais do coletor da Rua de Stª Marta, no cruzamento com a R. Barata Salgueiro, e dos dois coletores da Av. Almirante Reis, entre a estação de metro do Intendente e o cruzamento com a R. Antero de Quental. Prevê-se, também, a possibilidade da construção de descarregadores nos dois coletores principais da Av. da Liberdade, com o intuito de desviar os caudais pluviais para o túnel, através de uma ligação ao poço de Stª Marta.

Estima-se que o túnel tenha a capacidade de escoar caudais superiores a 160 m^3/s. Prevê-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. A dimensão do túnel permite, mesmo tendo em consideração os efeitos de agravamento devido às alterações climáticas, assegurar bons níveis de desempenho para uma precipitação de período de retorno de 100 anos.

O traçado do túnel tem interferência com várias infraestruturas, tais como linhas do Metropolitano de Lisboa e condutas de abastecimento de água da EPAL. As principais condicionantes na definição do perfil longitudinal foram as intersecções com o túnel do metro na zona de St.ª Apolónia e na Av. Almirante Reis, onde a distância entre as duas infraestruturas é limitada. Na Figura 10.24 encontra-se representado o perfil longitudinal do túnel.

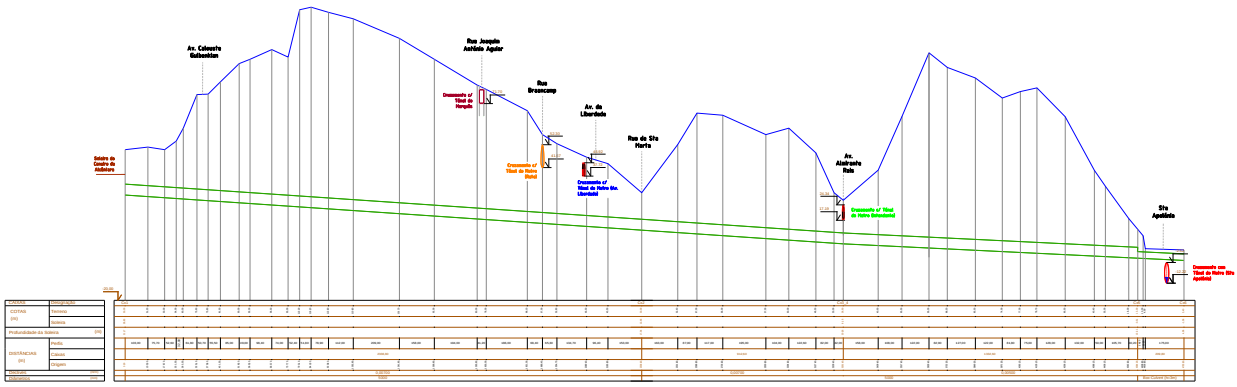


Figura 10.24 – Perfil longitudinal do túnel Monsanto/St.ª Marta/St.ª Apolónia

Efetuou-se um estudo geológico preliminar, de forma a analisar as diversas formações que o túnel iria atravessar. Na Figura 10.25 encontra-se um perfil geológico esquemático com a implantação do túnel, onde se consegue observar a variedade de litologias, bem como a posição relativa das falhas e a localização do túnel do metropolitano. A heterogeneidade de formações é evidente, verificando-se uma alternância entre argilas e margas, areias finas argilosas e níveis carbonatados e rocha compacta de natureza calcária e basáltica.

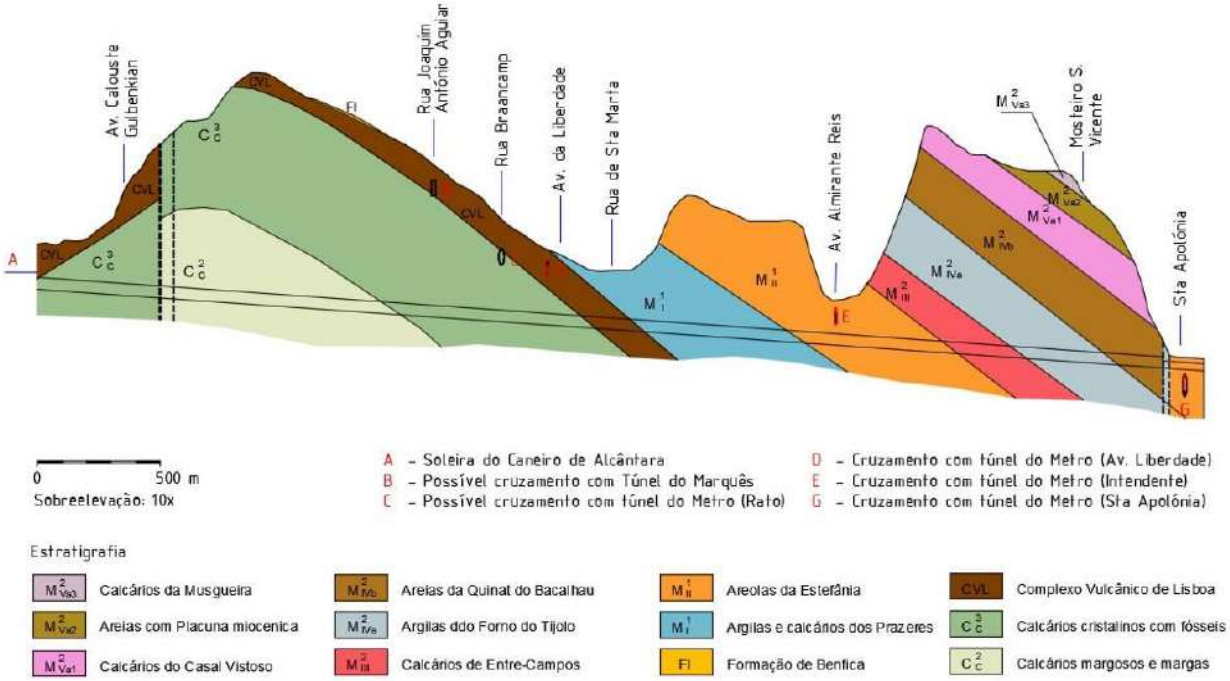


Figura 10.25 - Perfil geológico esquemático relativo ao túnel Monsanto/St.ª Marta/St.ª Apolónia (Solução C)

Pré-dimensionamento do túnel

O túnel foi dimensionado para o escoamento dos caudais resultantes de eventos de precipitação com um período de retorno não inferior a 100 anos. A verificação do comportamento hidráulico deste sistema foi realizada com base em simulações dinâmicas do escoamento, no sentido de avaliar não só o funcionamento do túnel, mas também o funcionamento global do sistema. Neste cenário extremo, admitiu-se a possibilidade da entrada em carga do túnel no troço final. No Quadro 10.4 apresentam-se os caudais afluentes às diferentes secções de ligação ao túnel, em função do período de retorno considerado.

Quadro 10.4 - Estimativa dos caudais de ponta no túnel Monsanto-StªMarta-StªApolónia [m³/s]

Poços / T [anos]	Caneiro Alcântara	Av. Liberdade	Rua de Stª Marta	Av. Alm. Reis (margem dir.)	Av. Alm. Reis (margem esq.)	Q_{total} [m³/s]
10	97,7	1,9	5,5	15,8	2,9	123,8
20	108,5	2,2	6,3	17,8	3,3	138,1
50	118,6	2,6	7,4	20,3	3,9	152,9
100	126.2	2.9	8.1	22.2	4.3	163.7

De acordo com o traçado que foi definido, procedeu-se à simulação em modelo matemático do desempenho hidráulico do sistema considerando a construção do túnel, para vários tipos de cenários. A modelação matemática foi feita com recurso ao *software* de modelação SWMM. Foram objeto de estudo, por um lado, o desempenho hidráulico do próprio túnel, por outro lado, o comportamento do sistema existente, designadamente nas zonas a jusante dos poços de interceção.

Com base nos caudais estimados, analisou-se o desempenho hidráulico do túnel. Admitindo um diâmetro de 5,5 m e a existência de uma banqueta simétrica no interior do túnel, com uma largura de 0,8 m e, uma altura relativamente à soleira, de 0,8 m, a capacidade de escoamento para o declive mais limitativo é de cerca de 165 m^3/s. Verificou-se assim que, para um período de retorno de 20 anos, o túnel permite escoar a totalidade dos caudais intercetados sem entrar em carga. Para um período de retorno de 50 anos, 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 pelos poços de interceção.

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. Para um nível de maré superior, agravado pelas alterações climáticas e que ascende no cenário simulado a 2,65m, o escoamento de caudais fica naturalmente muito mais condicionado, sendo praticamente inviável a descarga das águas pluviais que afluem aos locais de cota topográfica inferior a 3 m. Quando o troço final do Caneiro atinge a sua capacidade máxima, ocorrem extravasamentos através dos sumidouros, sendo a zona do Largo das Fontaínhas um ponto crítico por estar localizado a cotas muito reduzidas (inferiores a 3m). Estima-se que, para um nível de maré de 1,95m, a capacidade de descarga do Caneiro, sem que ocorram extravasamentos, não seja superior a 85 m^3/s.

As velocidades de escoamento no túnel, para um período de retorno de 100 anos, podem ascender a cerca de 7 m/s. Torna-se necessário o alargamento da secção do troço final de descarga do túnel no estuário do Tejo, no sentido de diminuir as velocidades na descarga para cerca de 2 m/s, por forma a evitar eventuais perturbações nas manobras de atracamento dos navios de cruzeiro e, sobretudo, reduzir as perdas de carga localizadas. Note-se que a perda de carga localizada numa descarga de 164 m^3/s, admitindo uma velocidade de 7 m/s, ascende a 2,5m, 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 descarga das águas pluviais no meio recetor será levada a cabo a uma distância de cerca de 40 a 60 m do limite do cais de acostagem, o que resulta num campo de velocidades mais favorável, em locais de acostagem.

Apresentam-se, na Figura 10.26 e Figura 10.28, os resultados da simulação realizada em SWMM para a zona baixa de Alcântara e para as bacias da Av. Liberdade/Almirante Reis respetivamente. Em ambos os casos, efetuou-se a simulação considerando um período de retorno de 10 anos e um nível de maré de 1,95 m.

Como se pode constatar através da Figura 10.26, o Caneiro de alcântara apresenta uma folga na sua capacidade de transporte. Os caudais afluentes ao troço final do Caneiro resultam das contribuições das bacias situadas a jusante da confluência dos dois ramos, na zona de

Campolide. Na Figura 10.27 apresenta-se o perfil longitudinal do troço marítimo do Caneiro resultante da simulação, sendo percetível a folga na capacidade de transporte.

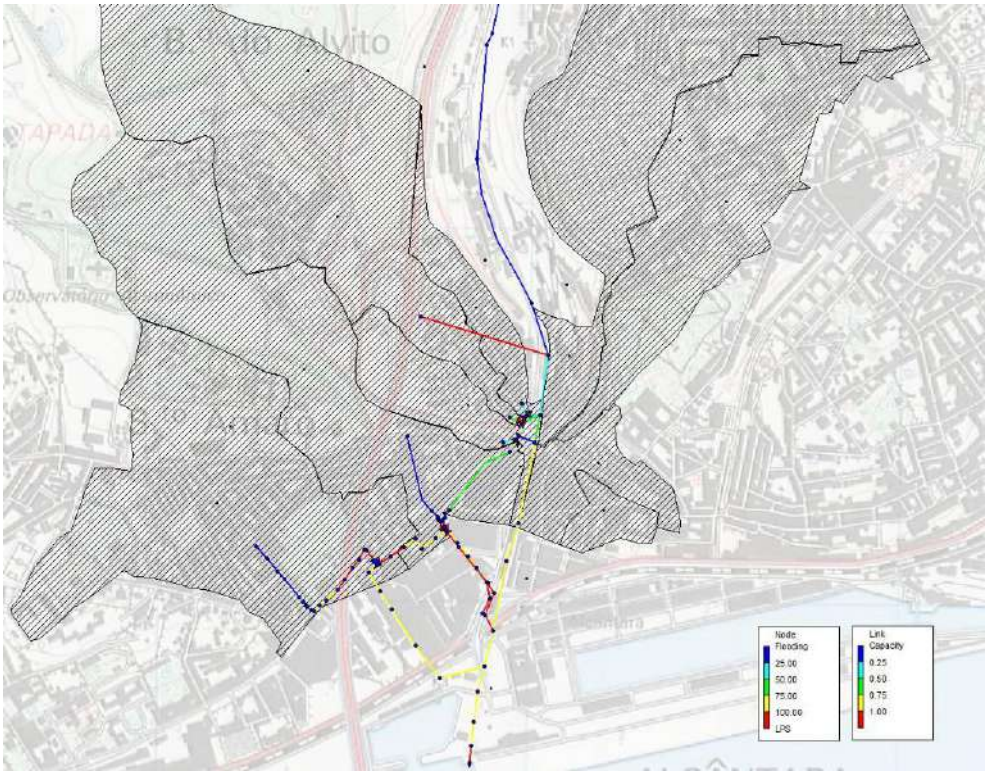


Figura 10.26 - Modelação dinâmica da zona baixa de Alcântara com o túnel Monsanto / St.ª Marta / St.ª Apolónia para T=10 anos e Nmaré=1,95m (Solução C)

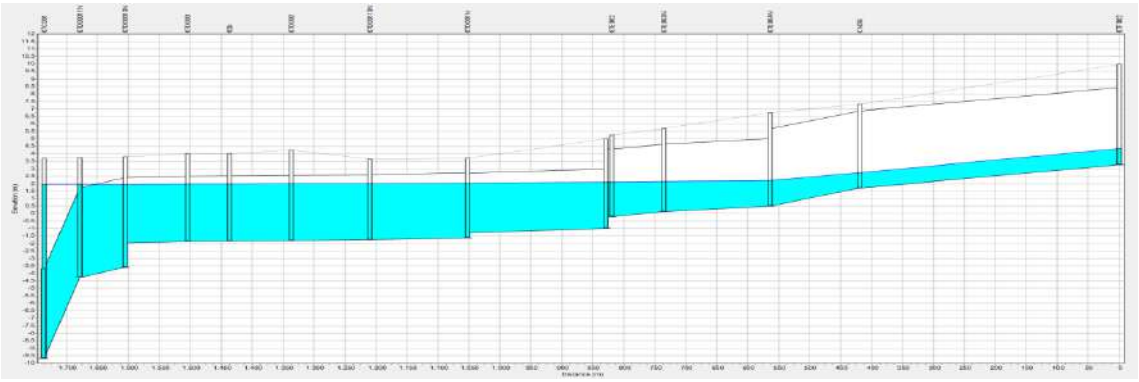


Figura 10.27 – Perfil do troço marítimo do Caneiro proveniente da modelação dinâmica com o túnel Monsanto / St.ª Marta / St.ª Apolónia para T=10 anos e Nmaré=1,95m (Solução C)

Na Figura 10.28 também é possível constatar que os coletores a jusante do túnel se encontram aliviados, não se verificando problemas de extravasamento ao longo da R. St.ª Marta/R. São José/Portas St.º Antão e outras zonas críticas, tais como a Pç. da Figueira, Rossio e na zona da Baixa Pombalina. Na Figura 10.29 apresenta-se o perfil longitudinal do coletor da R. St.ª Marta/R. São José/Portas de St.º Antão, onde é percetível a melhoria das condições de escoamento proporcionadas pelo desvio dos caudais.

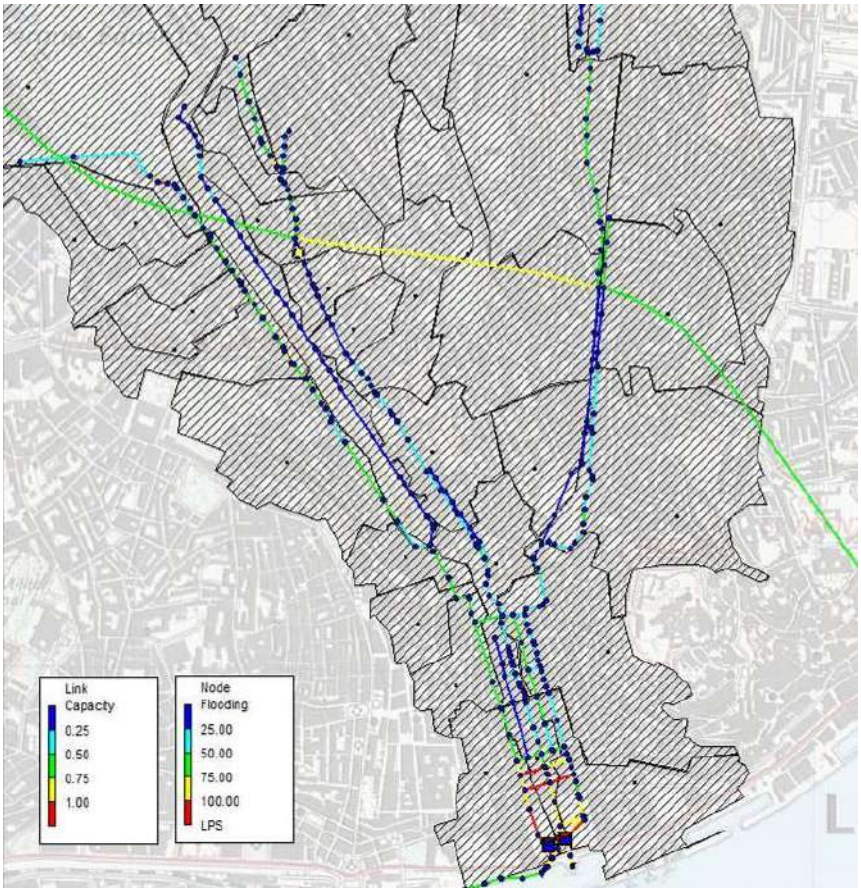


Figura 10.28 - Modelação dinâmica das bacias da Av. Liberdade e Almirante Reis com o túnel Monsanto / St.ª Marta / St.ª Apolónia para T=10 anos e Nmaré=1,95m (Solução C)

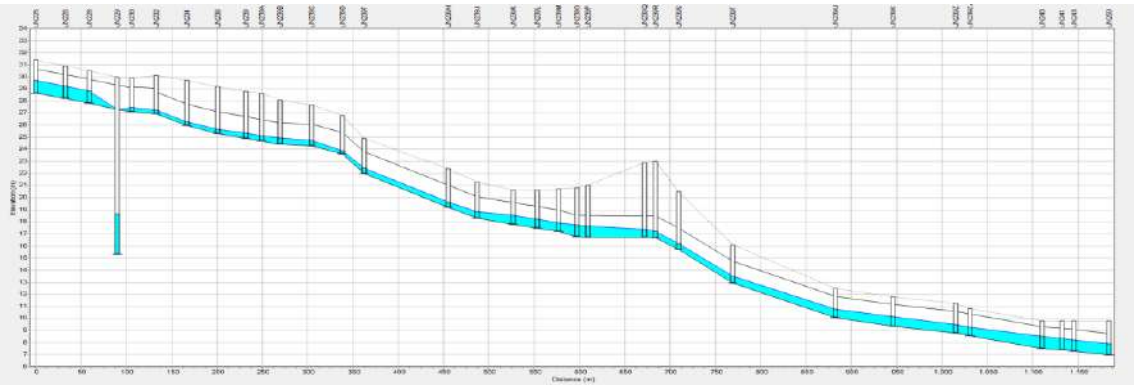


Figura 10.29 - Perfil do coletor R. St.ª Marta/R. S. José/Portas St.º Antão resultante da modelação dinâmica com o túnel Monsanto / St.ª Marta / St.ª Apolónia para T=10 anos e Nmaré=1,95m (Solução C)

Os resultados obtidos da simulação em modelo 2D, representados na Figura 10.30, permitem comprovar a eficácia da interceção dos caudais na Av. Liberdade, R. Stª Marta e Av. Almirante Reis, através do túnel Monsanto-Stª Marta-Stª Apolónia, para a melhoria das condições de escoamento da rede existente a jusante e, consequentemente, na redução do risco de ocorrência de inundações na Baixa de Lisboa. A Figura 10.30 apresenta os resultados obtidos, para um evento de precipitação com período de retorno de 10 anos, comparando a situação atual com a solução proposta.

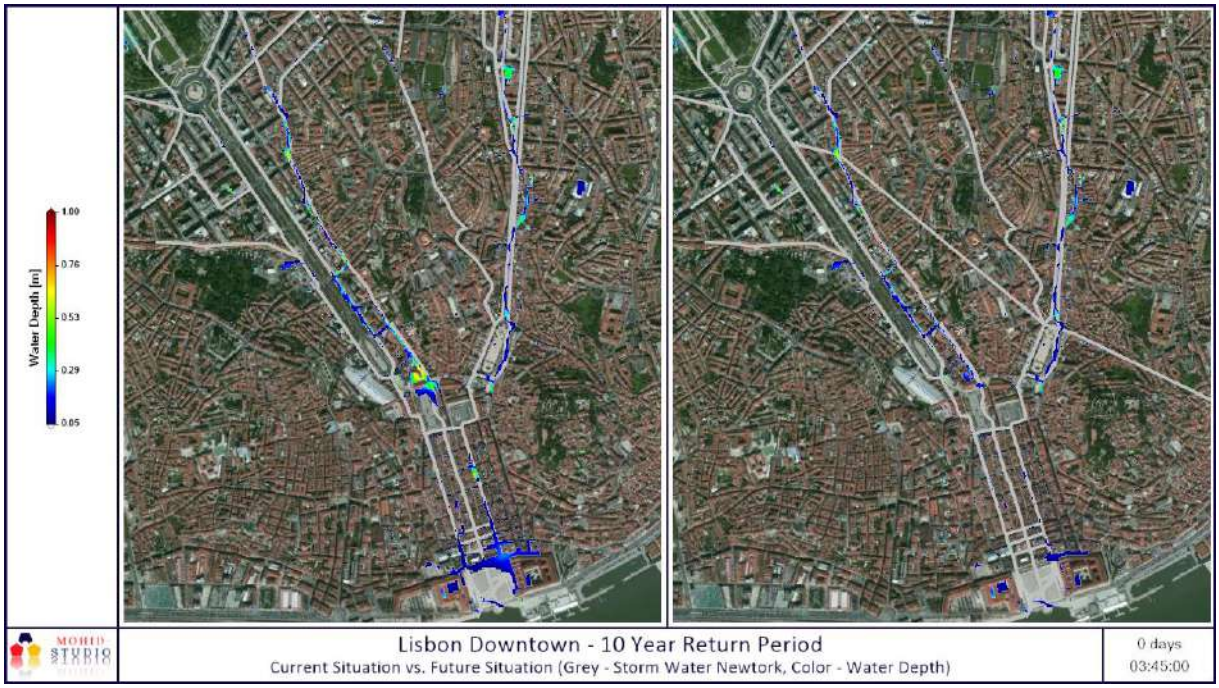


Figura 10.30 - Simulação em modelo 2D das bacias da Av. Liberdade e Almirante Reis para T=10 anos e Nmaré=1,95m para situação atual (à esquerda) e para a solução C (à direita)

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 10.36 o resultado dessa simulação.

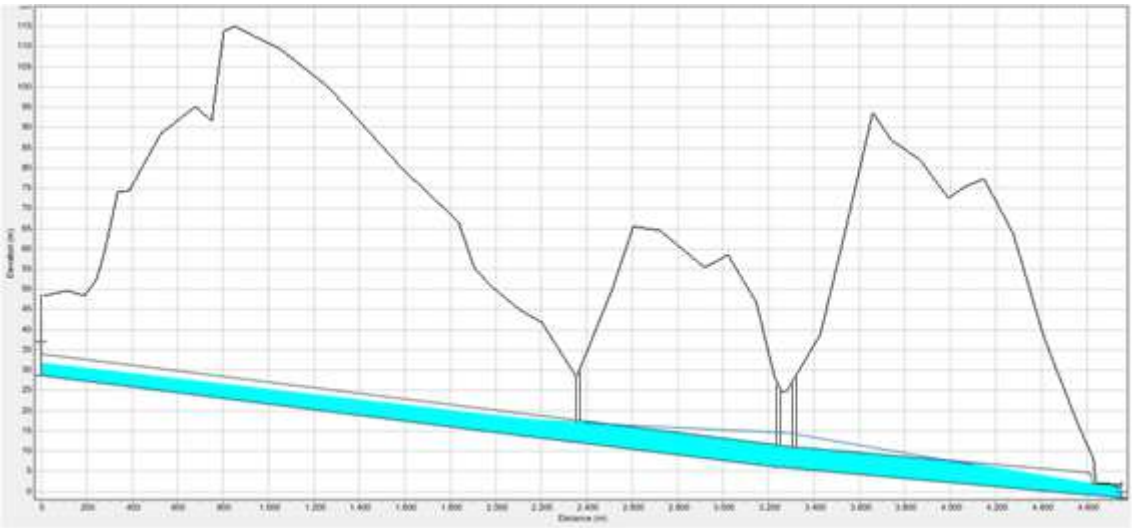


Figura 10.31 - Perfil do túnel Monsanto-Stª Apolónia para T=100 anos, NPMAV=1,95m

Tal como se pode constatar, o túnel entra em carga no troço situado a jusante do poço de Stª 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 do poço da Av. Almirante Reis.

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%. Apresenta-se, na Figura 10.32, os resultados obtidos da simulação.

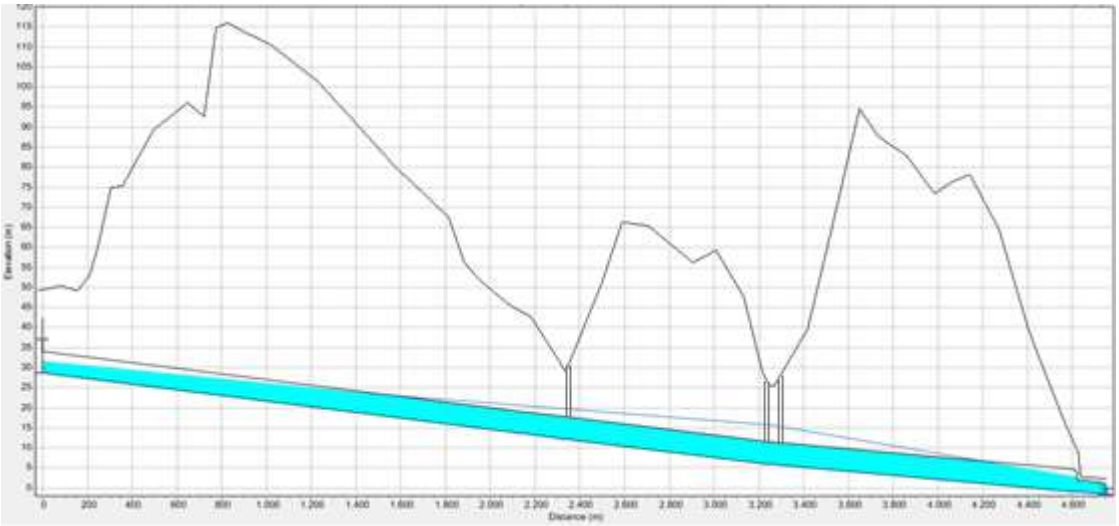


Figura 10.32 - Perfil do túnel Monsanto-Stª Apolónia para T=100 anos (Intensidade + 5%), NPMAV=2,65m e aumento áreas impermeáveis

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. Estas pressões internas, apesar de não serem muito relevantes, devem ser tidas em consideração aquando da análise estrutural e definição dos materiais e revestimentos do túnel.

Efeito do túnel na Baixa de Lisboa e Alcântara

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 10.33 o comportamento do sistema na Baixa Pombalina. É possível constatar que, apesar do túnel entrar em pressão, os coletores localizados a jusante dos poços de interceção permanecem folgados e não apresentam falta de capacidade de escoamento.

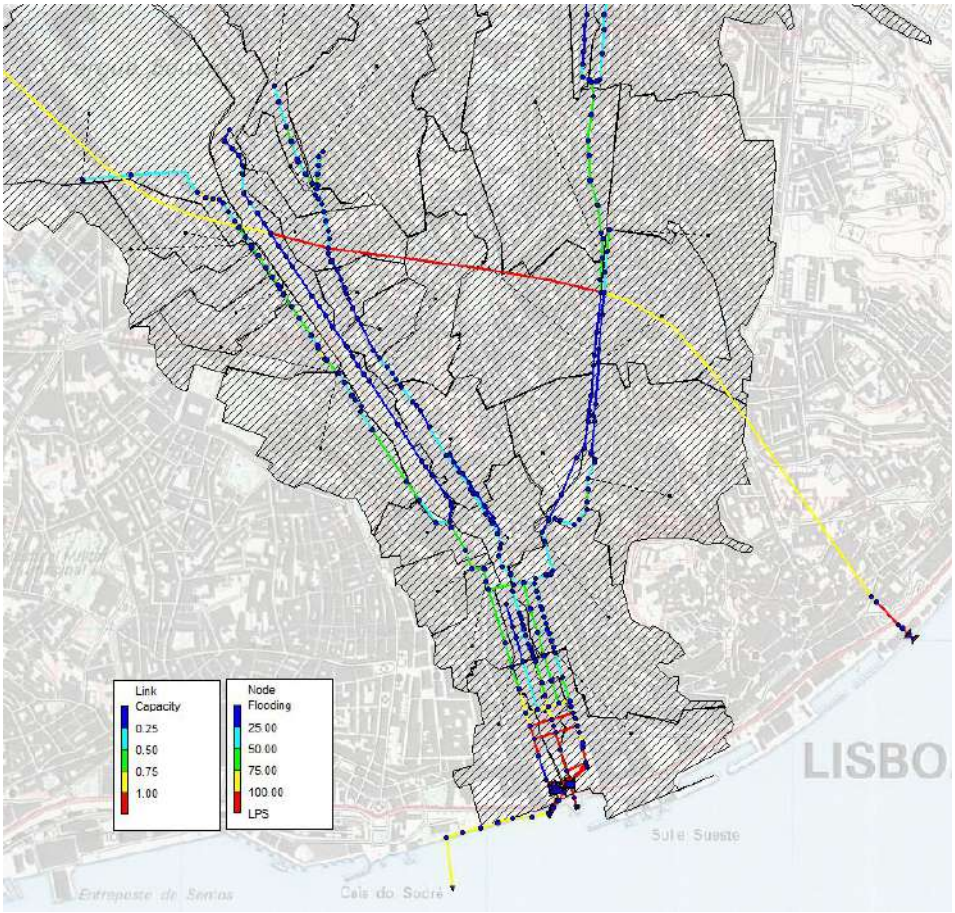


Figura 10.33 - Modelação dinâmica das bacias da Av. Liberdade e Almirante Reis com o Túnel Monsanto-Stª Marta-Stª Apolónia para T=100anos considerando agravamento devido às alterações climáticas (Nmaré=2,65m)

Para o mesmo cenário, na zona baixa de Alcântara, estima-se que o caudal máximo à saída do Caneiro de Alcântara possa ascender a 60 m^3/s. Salienta-se que, a montante, após a confluência dos dois ramos do Caneiro, são intercetados pelo túnel cerca de 130 m^3/s (que de outra forma seguiriam até à zona baixa onde a rede existente não teria qualquer capacidade de drenar caudais tão elevados, levando ao extravasamento e originando graves inundações nessa zona). Na Figura 10.34 apresenta-se o comportamento do sistema na zona baixa de Alcântara e, na Figura 10.35, apresenta-se as condições de escoamento no trecho final do Caneiro de Alcântara.

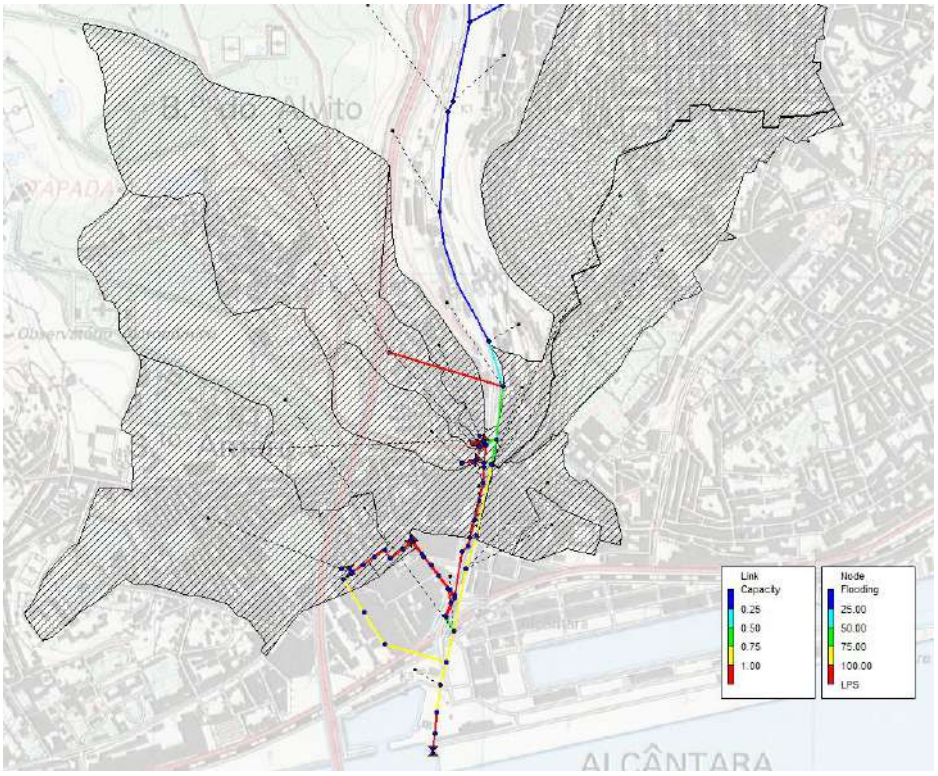


Figura 10.34 - Modelação dinâmica da zona baixa de Alcântara com o Túnel Monsanto-Stª Marta-Stª Apolónia para T=100anos considerando agravamento devido às alterações climáticas (Nmaré=2,65m)

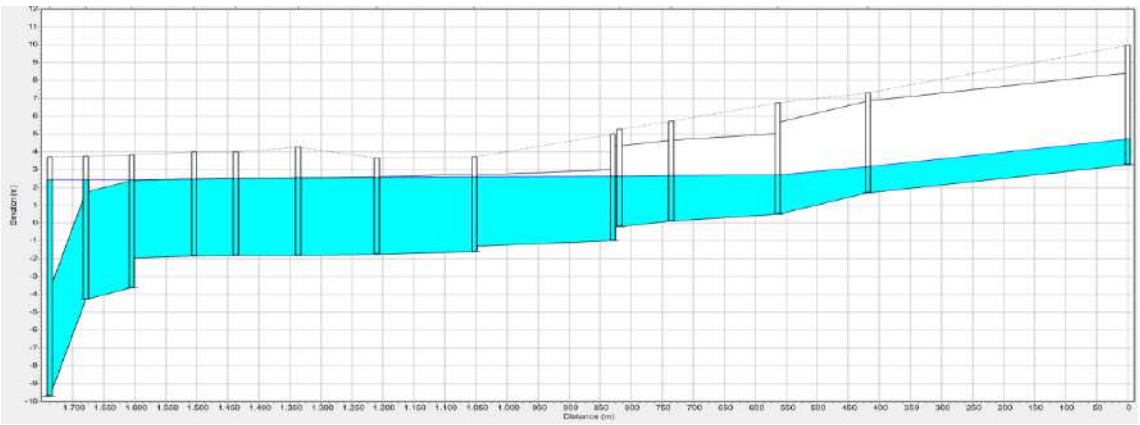


Figura 10.35 - Perfil do troço marítimo do Caneiro proveniente da modelação dinâmica com o túnel Monsanto-Stª Marta-Stª Apolónia para T=100 anos e com agravamento devido ao efeito das alterações climáticas (Nmaré=2,65m)

Através dos resultados obtidos da simulação, pode concluir-se que eventuais problemas nessa zona não serão causados pelos caudais afluentes mas, fundamentalmente, devido à subida do nível médio da água do mar. Algumas zonas críticas, como o Largo das Fontaínhas, apresentam cotas de terreno inferiores a 3 m, podendo o nível médio das águas do mar atingir valores próximos dessas cotas. Deste modo, é muito difícil garantir que não ocorram inundações nessas zonas, sobretudo se a respetiva drenagem continuar a fazer-se graviticamente.

Outras intervenções

É de referir que, dada a diminuição dos caudais afluentes ao troço marítimo do Caneiro de Alcântara devido ao desvio dos caudais a montante, a desconexão dos coletores ao Caneiro deixa de ser necessária, pelo menos a curto prazo. No entanto, a reabilitação estrutural do troço final do Caneiro, continua a ser assumida como intervenção prioritária.

Para além das intervenções estruturantes propostas, preveem-se também outras intervenções que se apresentam no capítulo 10.4, designadamente: reforço da capacidade de transporte de coletores das redes secundárias; construção de sumidouros, descarregadores e bacia de amortecimento a céu aberto; minimização das perdas de carga localizadas.

10.2 Sistema de Chelas

10.2.1 Enquadramento geral

O sistema de Chelas abrange as bacias O, N, M2 e uma parte da R. A bacia O, com uma área de 1851 ha, faz fronteira a norte com a bacia S (Telheiras/ Lumiar/ Ameixoeira), a oeste com as bacias E (Campo Grande/ Entrecampos), L (Av. Almirante Reis) e N (Av. Mouzinho de Albuquerque), a sul com a zona ribeirinha (bacia R), e a este com as bacias P (Beato) e Q (Aeroporto e Olivais). Tem uma percentagem significativa de zonas com redes de drenagem concebidas como separativas, nomeadamente: Telheiras, Alto do Lumiar (Alta de Lisboa), parte do Lumiar e parte de Chelas (as zonas com redes unitárias são: Cidade Universitária, Alvalade, entre a Av. do Brasil e a Av. Estados Unidos da América, Av. de Roma e zona envolvente, e restante parte de Chelas e do Lumiar).

De referir que uma parte muito significativa da área desta bacia pertencia antes à bacia de Alcântara. Com a construção de um túnel ao longo da Avenida Estados Unidos da América promoveu-se o desvio dos caudais oriundos desta zona para o sistema de Chelas.

Os principais problemas da bacia concentram-se essencialmente na zona baixa de Chelas e Xabregas, onde se regista com muita frequência a ocorrência de inundações. As zonas críticas onde se verificaram maiores problemas são Estrada de Chelas, Rua Gualdim Pais e Rua de Xabregas. Existem também registos de inundações, mas não com tanta frequência, na zona norte de cotas mais elevadas da bacia, na Alameda das Linhas de Torres, Campo Grande e Av. Gago Coutinho.

O diagnóstico do desempenho do sistema de Chelas permitiu identificar os seguintes objetivos a alcançar:

- reconstruir troços de coletores em que há relatos que apontam para o seu adiantado estado de degradação (O.T1340, O.T1580);
- desviar caudais de coletores sobrecarregados para outros com capacidade excedentária (desvio de O.T1440 para O.T860);

- controlar a afluência de caudais contaminados ao rio Tejo através da construção/reabilitação de descarregadores de tempestade;
- prevenir a ocorrência de inundações na zona de Xabregas, Alameda das Linhas de Torres, Campo Grande, Av. Gago Coutinho;
- implementar soluções de controlo na origem.

As soluções propostas resultam dos resultados obtidos com o modelo de simulação dinâmico, preparado com base no cadastro de redes existente atualizado com algum trabalho de campo, e de informações da Câmara Municipal de Lisboa e da Proteção Civil, nomeadamente, problemas de falta de capacidade dos coletores, mau estado de conservação das tubagens e áreas de expansão da cidade, em termos de urbanização.

Em relação ao controlo da afluência de caudais contaminados ao rio Tejo, preconiza-se a reabilitação de descarregadores de tempestade existentes nos pontos da rede pluvial/ unitária que permitam intercetar e desviar os caudais de águas residuais domésticas para a rede respetiva, e a construção de novos coletores, de forma a garantir condições para que os caudais de águas residuais sejam conduzidos a tratamento.

Na bacia O existem diversas lacunas de informação relativas a cotas de terreno, profundidades e dimensão dos coletores, pelo que é fundamental que as soluções só sejam implementadas após o desenvolvimento de trabalhos de levantamento de cadastro, incluindo levantamento topográfico de câmaras de visita e inspeção ao interior dos coletores com CCTV) e eventual medição de caudal (com eventos de precipitação extrema). Com estes trabalhos, pretende-se caracterizar com maior rigor os coletores em causa e determinar o escoamento que drenam, de modo a fundamentar as soluções que se propõem.

10.2.2 Solução A (solução estudada no PGDL de 2008)

As intervenções previstas nesta solução incluem:

- substituição de rede para resolução de patologias associadas ao mau estado de conservação de coletores;
- desvio de caudal entre redes quando uma rede está sobrecarregada para jusante e outra em paralelo possui capacidade excedentária; desconexão dos coletores afluentes ao emissário pluvial para prevenir a ocorrência de inundações nas zonas baixas;
- criação do eixo separativo principal com a construção de descarregadores de tempestade que intercetem todas as entradas de redes unitárias em coletores com carácter separativo e a reabilitação dos descarregadores de tempestade existentes por forma a otimizar a interceção de caudais contaminados drenados pelas redes afluentes ao rio Tejo e a controlar a entrada de caudais pluviais no sistema intercetor de águas residuais domésticas;
- dois reservatórios de amortecimento de caudais – reservatório das Olaias e reservatório da Cidade Universitária;
- soluções de controlo na origem.

Atendendo a que o coletor unitário da Cidade Universitária, bem como a galeria pluvial entre o Campo Grande e a Av. Alm. Gago Coutinho, apresentam um deficit de capacidade hidráulica, admitiu-se a construção de um reservatório, de 15 000m^3, na Alameda da Cidade Universitária, para amortecimento dos caudais para jusante.

Uma vez que a rede de drenagem da zona da Cidade Universitária e Campo Grande se encontra implantada a uma profundidade que ronda os 6,5 m e para jusante apresenta baixa inclinação, impedindo a recuperação de cotas com recurso à construção de coletores com inclinações mínimas, todo o volume de efluente que seja armazenado a uma profundidade superior, necessitará de ser bombeado para a sua restituição à rede existente a jusante.

Para minorar os custos associados à necessidade de bombagem o reservatório teria dois compartimentos: um menor, instalado a uma cota superior, permitindo a restituição gravítica para a rede a jusante e outro de maior capacidade e de uso menos frequente, para responder aos eventos pluviais mais desfavoráveis, cuja restituição para jusante implica a bombagem de caudais.

Esta obra justifica-se para atenuar o caudal de ponta que aflui ao coletor unitário a jusante na Cidade Universitária e à galeria pluvial, no Campo Grande e na Av. E.U.A., não dispensando, no entanto, o reservatório das Olaias nem a obra de desconexão da zona baixa em Chelas/Xabregas para evitar as inundações dessa zona.

O reservatório das Olaias apresenta a dupla função de amortecimento de caudais de ponta em fenómenos extremos de precipitação, e de maximização do volume de afluências às ETAR para precipitações mais moderadas. A capacidade sugerida para este reservatório foi de cerca de 45 000 m^3, que resulta do compromisso entre a sua viabilidade económica e a capacidade de resposta.

Existe ainda, nesta solução, uma forte aposta na criação de redes separativas sendo para isso considerados descarregadores de tempestade ao longo de todo o eixo principal, uma estação elevatória no Campo Grande e duas estações elevatórias, junto à galeria de desconexão dos coletores na zona de Xabregas.

10.2.3 Solução B (atenuação e desconexão)

Propõe-se nesta solução a construção do reservatório das Olaias, com o objetivo de atenuar o caudal de ponta de cheia afluente ao troço final na Estrada de Chelas até ao Porto de Lisboa e a desconexão da zona baixa dos grandes coletores pluviais na Estrada de Chelas, Rua Gualdim Pais, Largo Marquês de Nisa e na zona do Porto de Lisboa, tal como na solução A.

No entanto, na zona norte da bacia, no Campo Grande, Cidade Universitária e Alameda das Linhas de Torres, prevê-se a substituição de alguns coletores, com aumento de capacidade hidráulica, em detrimento da construção do reservatório da Cidade Universitária e das obras de separação de caudal (criação do eixo separativo principal).

Na Alameda das Linhas de Torres o reforço de capacidade hidráulica dos coletores compreende em simultâneo o desvio de caudais entre redes, interligando redes existentes, por forma a maximizar a capacidade de resposta do sistema existente.

Bacia de Chelas - Reservatório

No âmbito desta solução foi estudado o local de implantação do reservatório enterrado das Olaias, a construir entre o cruzamento da Av. Alm. Gago Coutinho com a Av. E.U.A. e o cruzamento da Estrada de Chelas com a Av. Santo Condestável, junto do coletor existente.

Foi estudada como primeira hipótese, a implantação deste reservatório em terrenos camarários no local previsto para o Plano do Parque da Quinta da Montanha. O local proposto apresenta-se na Figura 10.36 e Figura 10.37.

Tendo em conta que se trata de uma zona com declives muito acentuados, e dada a configuração topográfica do local, esta localização apresenta como desvantagem o volume de escavação necessário (cerca de 421 000 m³) e a inviabilização do plano do Parque da Quinta da Montanha. Por estes motivos, foi estudada uma segunda hipótese de localização do reservatório na mesma zona da bacia mas um pouco mais a sul, onde a topografia é mais favorável (Figura 10.38 e Figura 10.39). Esta hipótese tem como desvantagem localizar-se em terrenos privados, com custos associados a expropriações.

Figura 10.36 - Local sugerido para a construção do reservatório das Olaias no local do Plano do Parque da Quinta da Montanha

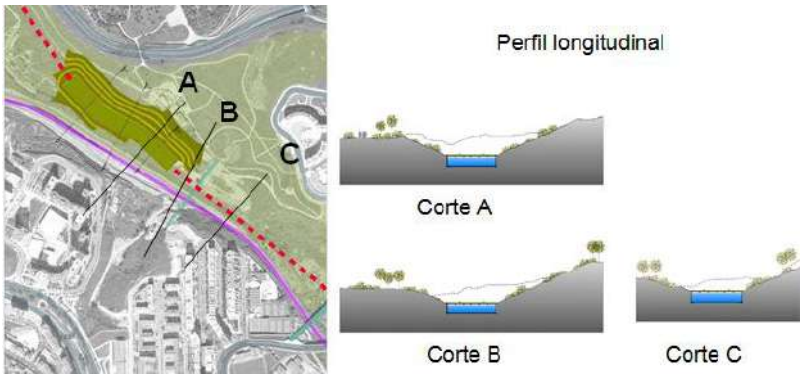


Figura 10.37 - Representação em planta e cortes do reservatório das Olaias no local do plano da Quinta da Montanha

Figura 10.38 - Local alternativo para a construção do reservatório das Olaias a sul do local do Plano do Parque da Quinta da Montanha

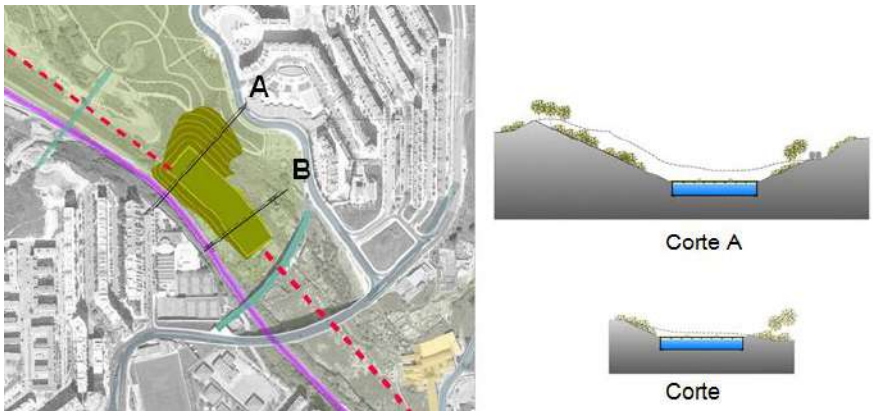


Figura 10.39 - Representação em planta e cortes do reservatório das Olaias no local a sul do plano do Parque da Quinta da Montanha

Nesta situação, o volume de escavação é cerca de metade (215 600 m³). A solução tem ainda a vantagem de não inviabilizar o Plano do Parque da Quinta da Montanha. Em ambas as hipóteses, o reservatório fica implantado numa zona de terreno natural e a superfície do terreno poderia vir a ser ocupada por uma zona ajardinada ou de hortas urbanas. Considerou-se um volume total de 65 000 m^3 ocupando uma área de implantação de cerca de 9000 m^2. A representação do reservatório no perfil do coletor é apresentada na Figura 10.40.

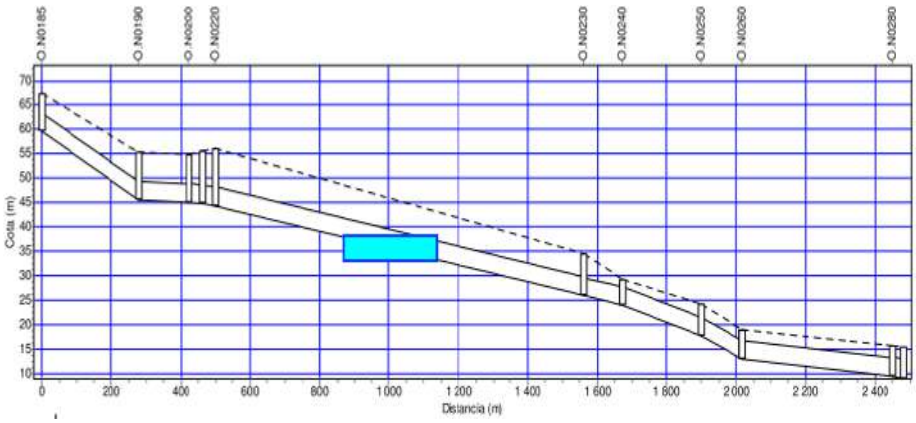


Figura 10.40 - Representação do reservatório das Olaias no perfil do coletor existente

Procedeu-se à introdução destes elementos no modelo matemático utilizado na fase de diagnóstico e simulou-se o comportamento do sistema para eventos de precipitação de período de retorno de 10 anos. Representam-se na Figura 10.41 os caudais obtidos a montante e jusante dos reservatórios para um cenário de caudal máximo efluente do reservatório de Olaias limitado a 60 m^3/s ou 64 m^3/s caso o nível de escoamento na secção crítica a jusante, na Estrada de Chelas, o permita. É possível observar o efeito de atenuação no pico do escoamento, embora os volumes de armazenamento não se revelem suficientes para retenção de uma fração significativa do caudal.

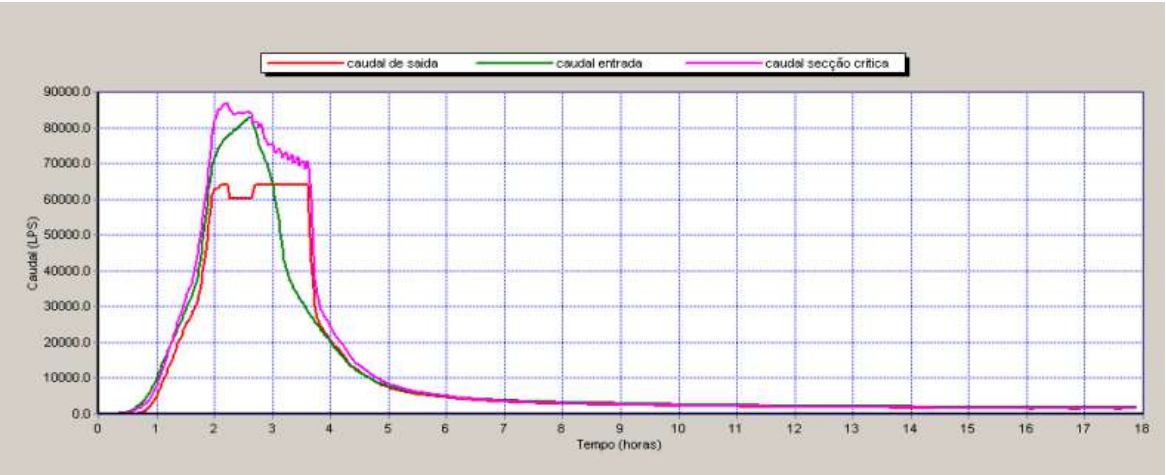


Figura 10.41 - Resultados de simulação de caudais a montante e jusante e na secção crítica na estrada de Chelas do reservatório das Olaias para um evento pluviométrico de período de retorno de 10 anos

Salienta-se ainda que a previsão da precipitação é essencial para a operação deste tipo de reservatórios (destinado ao controlo de inundações). As comportas deverão ser atuadas de forma a que deixem passar para jusante todo o caudal inferior aos limites estabelecidos, não permitindo armazenamento de água enquanto este não for estritamente necessário. É necessário antever que tipo de precipitação se espera, operando os órgãos do reservatório de acordo com essa informação, um processo frequentemente sujeito a erros ou graus de incerteza, mas que deve ser assistido em tempo real com ajuda de equipamentos de radar.

Bacia de Chelas - Desconexão

Para evitar a ocorrência de inundações na zona de Xabregas e Largo do Marquês de Nisa, para além do reservatório, preconiza-se a desconexão dos coletores pluviais da zona ribeirinha do grande emissário pluvial que a atravessa e que descarrega uma parte considerável dos caudais captados na bacia O. A desconexão destes coletores permite que estes entrem em carga sem que ocorram inundações nas zonas mais baixas.

Assim, prevê-se a construção de uma galeria pluvial estanque, com uma dimensão 8,60mx2,30m, entre a Rua Gualdim Pais e o Rio Tejo (a esta galeria com cerca de 300m não haverá ligações dos coletores pluviais da zona baixa). A drenagem pluvial da zona baixa será assegurada pela construção de um coletor pluvial paralelo à galeria estanque (Figura 10.42).

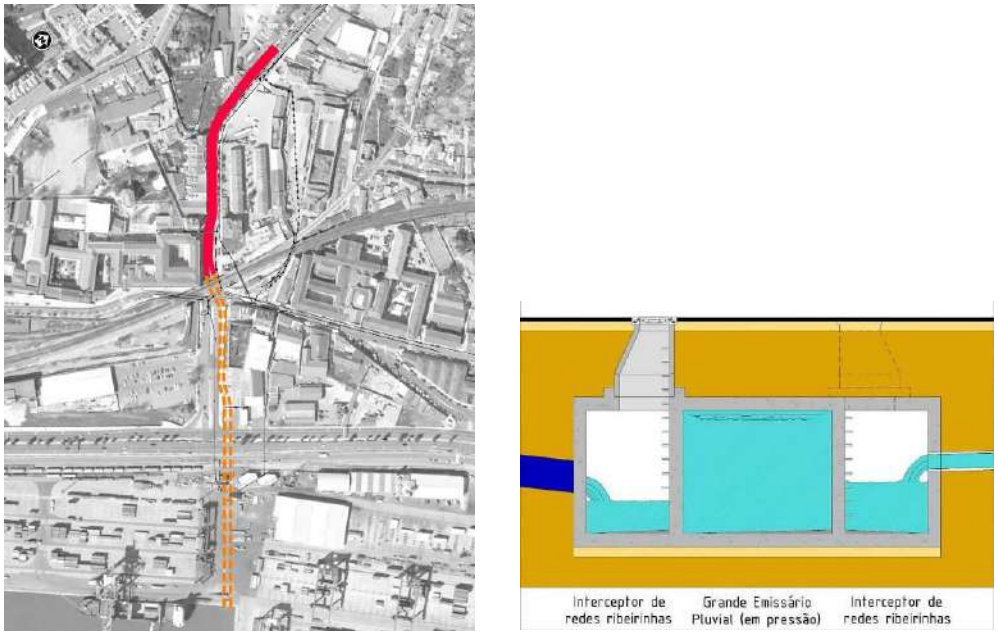


Figura 10.42 - Planta e corte esquemático das intervenções propostas

A obra que se destaca neste cenário prevê a reconstrução dos troços compreendidos entre o nó O.N0270 e o nó O.N0300, correspondendo à construção de uma galeria de grande dimensões localizada sob a Estrada de Chelas e a Rua Gualdim Pais (Figura 10.42 e Figura 10.43) e a transformação do restante troço até à descarga no rio em coletor em pressão.

A capacidade resistente dos coletores que passam a funcionar em pressão tem de ser avaliada tendo em conta esse funcionamento. A travessia do pontão do comboio é, por isso, um ponto crítico porque é difícil intervir nesse troço para reforço do coletor.

A Figura 10.44 e a Figura 10.45 ilustram os locais desta intervenção proposta.

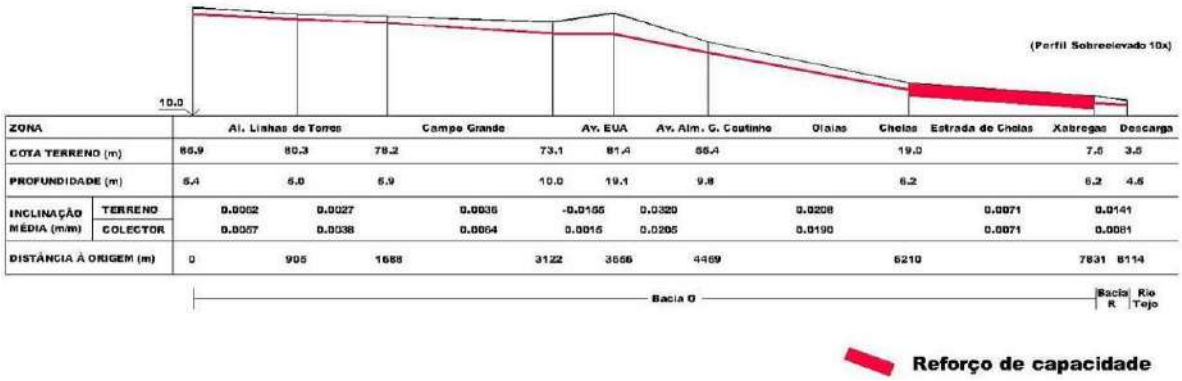


Figura 10.43 - Perfil simplificado do coletor principal com indicação de intervenções de reforço de capacidade

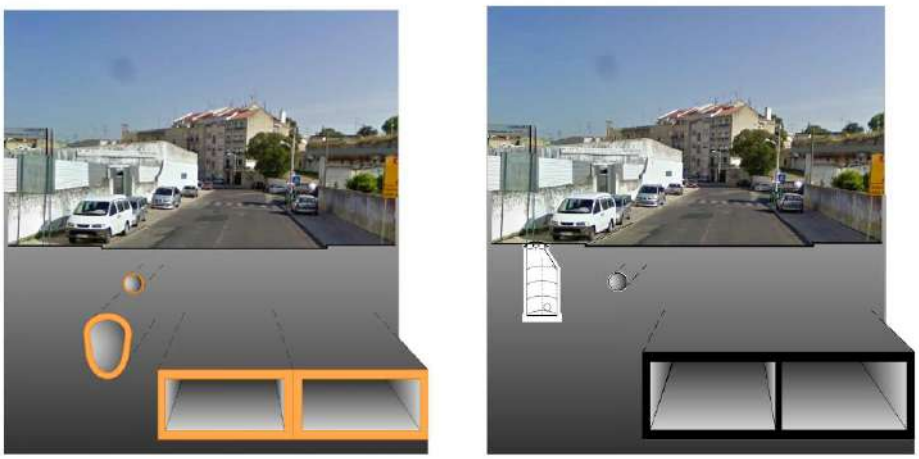


Figura 10.44 – Esquema de construção da nova secção da galeria de grandes dimensões (Estrada de Chelas)

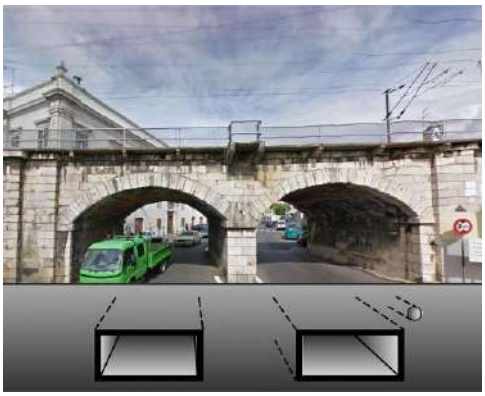


Figura 10.45 – Esquema da secção existente (Largo Marquês de Nisa)

Nesta alternativa, destacam-se os elevados custos de investimento e exploração associados à construção de um reservatório e ainda os elevados custos financeiros e sociais da construção da desconexão.

10.2.4 Solução C (desvio de caudal)

Com o objetivo de minimizar o risco de ocorrência de inundações que se registam com muita frequência na zona baixa de Chelas e Xabregas equacionou-se, como alternativa à construção de um reservatório de amortecimento de caudais e à desconexão das zonas baixas, 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.

Além da construção do túnel de desvio de caudal esta solução contempla (à semelhança da solução B) a substituição de rede de drenagem com falta de capacidade hidráulica nomeadamente na zona do Campo Grande, Cidade Universitária e Alameda das Linhas de Torres; a construção/reabilitação de nove câmaras de controlo de caudal para desvio dos efluentes domésticos das redes unitárias para o sistema intercetor de Chelas; a construção

de uma câmara de controlo de caudal junto à bacia de retenção do Vale Grande, na Alta de Lisboa e o reforço na adoção de soluções de controlo na origem.

Relativamente ao desvio de caudal previsto, o coletor/túnel tem início na Estrada de Chelas onde interceta a secção existente da galeria NOVA II (dimensões de 3,85mx3,65m), a jusante da confluência dos coletores provenientes da Av. Gago Coutinho/Av. Estados Unidos da América e da Av. Santo Condestável. Na Figura 10.46 apresenta-se o traçado do túnel.

Figura 10.46 – Traçado do túnel de desvio de caudal Chelas-Beato

O troço inicial do coletor é implantado com abertura de vala, numa extensão de cerca de 130m, e 5m de diâmetro ou superior (5,5 m de diâmetro) e declive 0,63%. Sendo depois executado em túnel, numa extensão de aproximadamente 1070 m, com iguais características hidráulicas, ou seja, 5 m de diâmetro ou superior (5,5 m de diâmetro) e declive 0,63%, até a zona do Beato na Rua dos Amigos de Lisboa. Segue-se um troço final, de cerca de 270 m de extensão, que será executado com abertura e fecho de vala, com uma secção retangular com 2.8m x 8m e inclinação de 0,3%, que próximo da zona de descarga no rio Tejo aumentará de forma suave em largura e altura, de forma a que as águas afluam ao rio dentro de uma gama de velocidades razoável.

O poço de interceção que desvia o caudal para o túnel irá funcionar como descarregador permitindo que os caudais de tempo seco (e até 2Qp de tempo seco) sigam o seu curso para jusante através da rede existente, de forma a afluírem à ETAR de Chelas.

Recorreu-se ao modelo dinâmico *SWMM*, 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. Apresenta-se no Quadro 10.5 os resultados obtidos da simulação.

Quadro 10.5 – Estimativa dos caudais de ponta no túnel Chelas Beato [m^3/s]

T [anos]	Q_{total} [m^3/s]
10	88,4
20	102,6
50	121,1
100	133.3

Através dos resultados obtidos do modelo, foi possível constatar que o túnel permite eliminar os problemas na Estrada de Chelas, Rua Gualdim Pais e Largo Marquês de Nisa, mas não o suficiente para permitir a melhoria das condições de escoamento dos coletores provenientes da Rua de Xabregas, pelo que se prevê nesta solução também o reforço da capacidade hidráulica destes coletores.

No modelo de simulação dinâmica desenvolvido no âmbito do presente plano, foram simuladas as condições de escoamento resultantes desta solução. Na Figura 10.47 apresentam-se os resultados da simulação para o período de retorno de 10 anos, considerando uma situação futura, com acréscimo de precipitação decorrente das alterações climáticas correspondente a 5% e ainda a um aumento na ocupação do solo, que se traduz num incremento do coeficiente C de 10%. Considera-se ainda uma subida de 0,30 m no nível da maré (logo, a altura da preia-mar considerada corresponde a 1,95 m + 0,30 m). Como é possível verificar, mesmo para estas condições, o túnel e troços adjacentes de montante não apresentam problemas de capacidade hidráulica, o mesmo sucedendo em toda a rede principal do Sistema de Chelas.

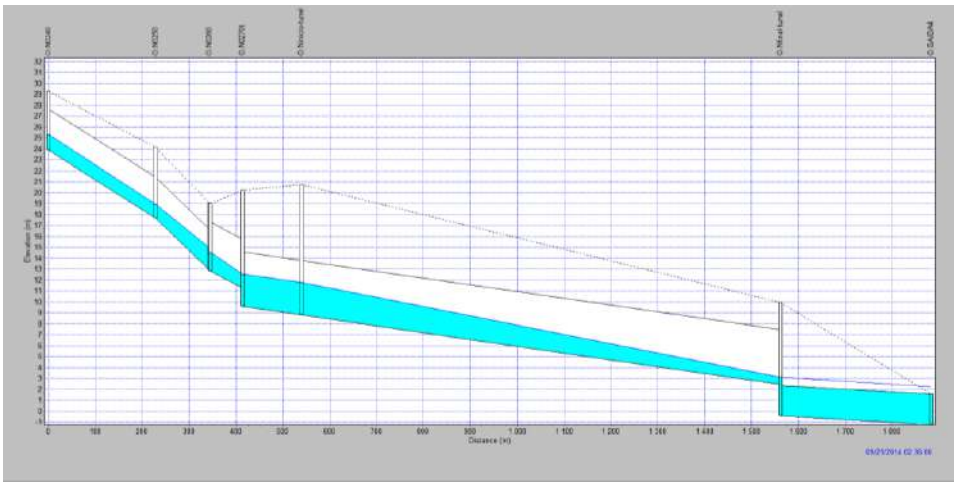


Figura 10.47 – Perfil do Túnel Chelas-Beato: resultados da simulação dinâmica para cenário agravado de T=10 anos

Por se considerar esta solução de desvio em que se integra o túnel como uma obra estruturante, testou-se o seu comportamento no modelo de simulação dinâmica face a uma solicitação mais gravosa. Considerou-se assim uma situação de dimensionamento em que se incorporaram os efeitos de ocupação e das alterações climáticas, mais concretamente uma

chuvada com período de retorno de 100 anos (majorada de um fator de 5%), associada a um incremento de impermeabilização de 10% e uma subida do nível médio das águas do mar de 0,70 m (logo, a altura da preia-mar considerada corresponde a 1,95 m + 0,70 m). Na Figura 10.48, apresentam-se os resultados da simulação verificando-se que, mesmo para esta situação de dimensionamento extremamente gravosa, o túnel garante o transporte dos caudais afluentes.

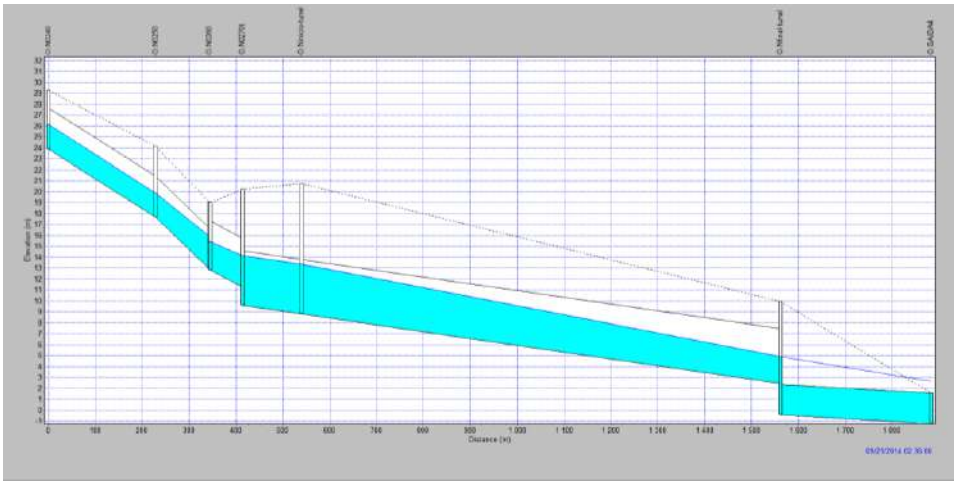


Figura 10.48 – Perfil do Túnel Chelas-Beato: resultados da simulação dinâmica para cenário agravado de T=100 anos

O caudal máximo transportado no túnel para esta situação de dimensionamento estima-se da ordem de 140 m^3/s.

Esta solução apresenta 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 dom Henrique, e o eventual desvio da conduta da EPAL. Na Figura 10.49 e na Figura 10.50, apresentam-se as fotografias dos locais de início e final do troço em túnel e ainda a zona de instalação em vala (troço final).

Figura 10.49 - Local de início da secção em túnel

Figura 10.50 - Local do fim do troço em túnel (à esquerda) e início da implantação da secção em vala (à direita)

Efetuou-se um estudo geológico preliminar, de forma a analisar as diversas formações que o túnel irá atravessar. Na Figura 10.51 encontra-se um perfil geológico esquemático com a implantação do túnel, onde se consegue observar a variedade de litologias.

A zona de implantação deste túnel também é caracterizada pela heterogeneidade das formações miocénicas atravessadas. Este túnel com cerca de 1070 m de comprimento e 5,5m de diâmetro, atravessa fundamentalmente, areias com seixos rolados (possível interferência aluvionar), por vezes grosseiras e compactas, argilas arenosas, biocalcarenitos grosseiros por vezes com intercalações argilosas e passando a arenitos finos a grosseiros, e por fim, alternância entre arenitos finos e bancadas pouco espessas de calcários margosos e gresosos. Toda esta série apresenta importante conteúdo fossilífero, que varia entre moluscos, ostreídeos e cetáceos.

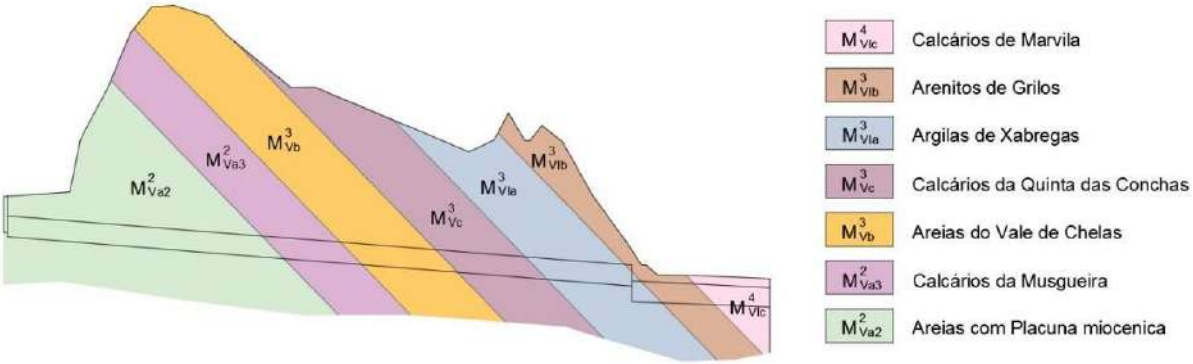


Figura 10.51 - Perfil geológico esquemático relativo ao túnel Chelas Beato

10.3 Sistema de Beirolas

10.3.1 Enquadramento geral

O sistema de Beirolas drena os caudais das freguesias da parte este do concelho de Lisboa e parte do concelho de Loures e abrange as bacias Q, P e uma parte da R. A rede de coletores que constitui o sistema de Beirolas apresenta, na sua maioria, trechos unitários, embora também existam trechos pseudo-separativos e separativos, nomeadamente na zona dos

Olivais Norte, Olivais Sul, Encarnação e no Parque Expo. Também as zonas mais antigas do concelho de Loures (Moscavide, Sacavém e Prior Velho) são maioritariamente constituídas por redes unitárias. O troço principal desta rede principal da bacia Q desenvolve-se pela Av. de Berlim, entre o aeroporto da Portela, e o Pavilhão Atlântico, no Parque das Nações. A este troço principal afluem dois troços importantes, que percorrem a Av. Infante D. Henrique no sentido da Av. de Berlim, e recebem as drenagens de uma grande percentagem da freguesia de Santa Maria dos Olivais.

À Av. Dr. Alfredo Bensaúde aflui uma pequena parte do caudal da Portela (concelho de Loures) e ao Parque das Nações aflui uma pequena parte do caudal de Moscavide (concelho de Loures).

Foram estudadas e analisadas diversas soluções, tendo-se efetuado várias simulações através de modelos dinâmicos de forma a avaliar o seu desempenho. Tendo em conta a dimensão e o tempo de concentração desta bacia de drenagem, adotando um hietograma com 4 horas de duração e com meia hora de chuva concentrada, que se revelou ser a situação mais desfavorável.

O diagnóstico do sistema de Beirolas permitiu identificar os seus objetivos a alcançar:

- controlar a afluência de caudais contaminados ao rio Tejo através da construção/reabilitação de descarregadores de tempestade;
- dar solução a problemas de coletores com falta de capacidade;
- prevenir a ocorrência de inundações;
- e implementar soluções de controlo na origem.

As soluções previstas resultam dos resultados obtidos com o modelo de simulação dinâmico, preparado com base no cadastro de redes existente atualizado com algum trabalho de campo e de informações da Câmara Municipal de Lisboa e da Proteção Civil, nomeadamente, problemas de falta de capacidade dos coletores, mau estado de conservação das tubagens e áreas de expansão da cidade, em termos de urbanização.

Existem, na bacia Q, falhas de informação relativas a cotas de terreno, profundidades e dimensão dos coletores, pelo que é fundamental que as soluções propostas só sejam implementadas após o desenvolvimento de trabalhos de levantamento de cadastro que devem incluir levantamento topográfico de câmaras de visita e inspeção ao interior dos coletores com CCTV. A monitorização do caudal para alguns eventos de precipitação extrema é também recomendada. Estes trabalhos auxiliares destinam-se a caracterizar, com maior rigor, o estado dos coletores em causa e a avaliar o seu desempenho, de modo a fundamentar as soluções que se propõem.

Apresentam-se de seguida as soluções que foram estudadas.

10.3.2 Solução A (atenuação)

A primeira solução estudada vem ao encontro do que já tinha sido proposto no PGDL de 2008. Na bacia de Beirolas e, em particular na bacia Q, propõe-se uma solução que aposta na construção de um reservatório de armazenamento a montante, com o objetivo de atenuar o caudal de ponta de cheia afluente ao troço final dos coletores existentes e que seja compatível com a sua capacidade hidráulica.

Bacia de Beirolas – Reservatório

Para atenuar os caudais de ponta que afluem ao troço Q.T0160 (junto à Gare do Oriente), prevê-se a construção de um reservatório no cruzamento da Av. Berlim com a Av. Infante D. Henrique com 20 100 m³ de volume.

A rede de drenagem nesta zona está a uma grande profundidade (que ronda os 8 m) e, dado que para jusante a rede apresenta uma inclinação reduzida, impedindo a recuperação de cotas com recurso à construção de coletores com inclinações mínimas, todo o volume de efluente que seja armazenado a uma profundidade superior necessitará de ser bombeado para a sua restituição à rede existente.

Como solução, poderá prever-se um reservatório com dois compartimentos: um menor, instalado a uma cota superior, permitindo a restituição gravítica para a rede a jusante e outro de maior capacidade e de uso menos frequente para responder aos eventos pluviais mais desfavoráveis, cuja restituição para jusante implica a bombagem de caudais.

Para controlar a afluência de caudais contaminados ao rio Tejo, preconiza-se a reabilitação/ reconstrução cinco descarregadores de tempestade existentes, de modo a desviar eficazmente os caudais domésticos das redes de drenagem unitárias e a construção de um descarregador de tempestade na Rua Centieira, para desviar o caudal doméstico do coletor unitário para o Sistema Intercetor de Beirolas (Simtejo). Pretende-se reduzir as descargas de águas residuais domésticas para o Rio Tejo e controlar a entrada de caudais pluviais no sistema intercetor;

10.3.3 Solução B e C (reforço de transporte)

Em alternativa à solução A que prevê a construção de um reservatório de amortecimento de caudais, estudou-se a possibilidade de reforço da capacidade hidráulica do coletor da Av. de Berlim através da construção de um novo coletor na Via Recíproca, Av. do Índico e Rua Bojador, com DN 2500, como se apresenta na Figura 10.52.

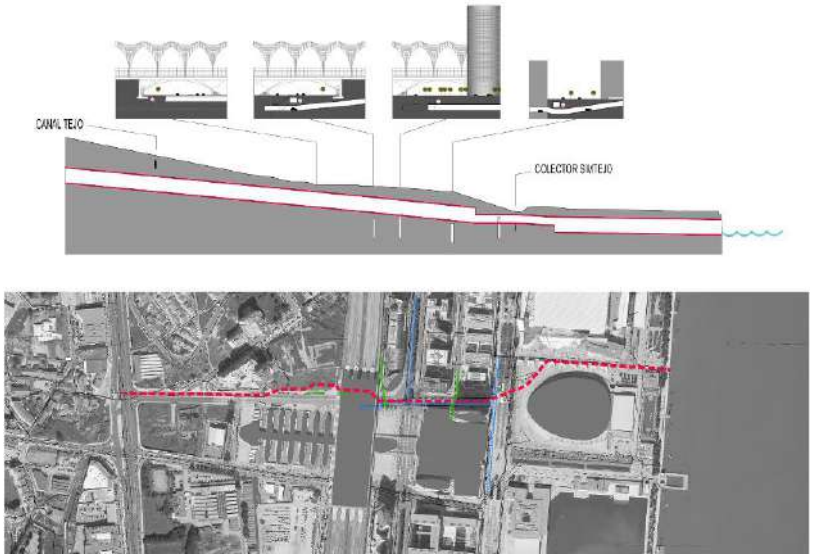


Figura 10.52 – Bacia Q - Reforço do coletor da Av. de Berlim com novo coletor na Via Recíproca

Foi estudado o traçado e perfil deste coletor tendo em conta a travessia de um conjunto de infraestruturas como: o Canal Tejo da EPAL, o túnel e estação do metropolitano de Lisboa, a Estação do Oriente (fundações e sub-estação elétrica), várias entradas e saídas dos parques de estacionamento da Gare do Oriente e Centro Comercial Vasco da Gama, o sistema de drenagem de esgotos da SIMTEJO e ainda a galeria técnica do Parque da Nações. Na última travessia desta infraestrutura, é necessário o desvio das infraestruturas (condutas de distribuição de água, cabos de eletricidade e comunicações, condutas de transporte de RSU em vácuo, condutas de água quente e fria, etc.), inseridas na galeria técnica, pois a travessia sob esta não é possível sem inviabilizar a cota de descarga no rio.

Com recurso ao *software* de simulação SWMM, efetuou-se a simulação do modelo, considerando um período de retorno T = 10 anos, no sentido de analisar o desempenho hidráulico do coletor existente na Av. de Berlim com e sem a existência do reforço do coletor na Via Recíproca. Na Figura 10.6 e na Figura 10.7 apresentam-se os perfis resultantes da simulação, para um nível de maré de 1,95m, considerando a existência, ou não, do coletor de reforço.

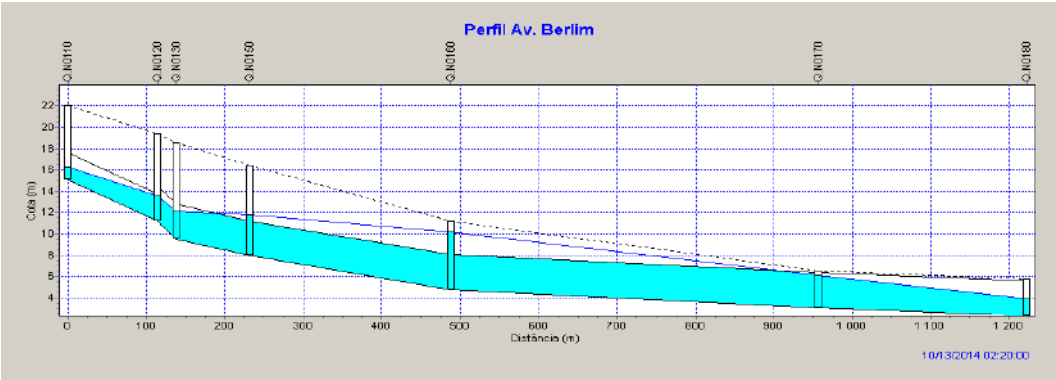


Figura 10.53 – Perfil do coletor na Avenida de Berlim (situação atual T=10 e Maré 1,95 m)

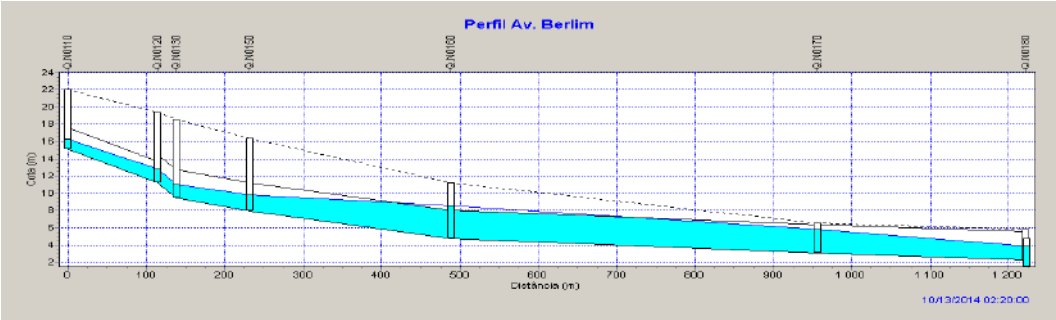


Figura 10.54 – Perfil Longitudinal do coletor da Av. Berlim após a construção do coletor na Via Recíproca

Na Figura 10.55 apresenta-se o perfil do coletor na Via Recíproca simulado para um período de retorno de 10 anos acrescido de 5% no valor de precipitação e de 30 cm no nível de maré, por forma a considerar as alterações climáticas, e considerando um aumento da taxa de impermeabilização da bacia de 10% (Cenário 2).

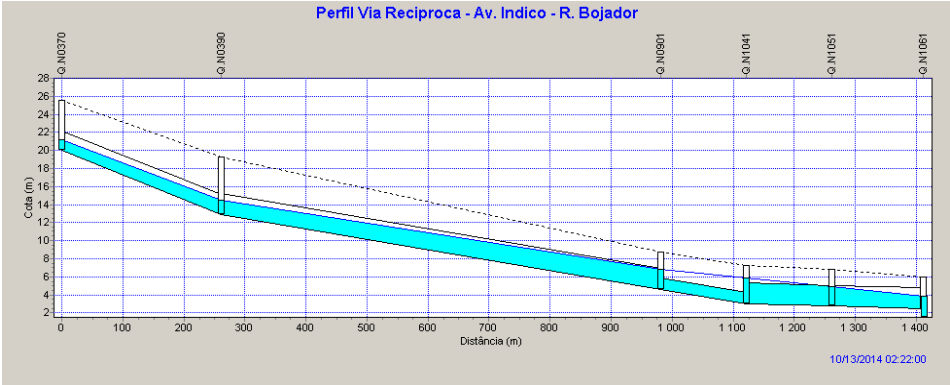


Figura 10.55 – Perfil do coletor a construir na Via Recíproca – Av. Indico – R. Bojador: resultados da simulação dinâmica para Cenário 2 e T=10 anos

Conforme se pode observar, não se verificam problemas de capacidade hidráulica nos coletores apresentados em qualquer das simulações realizadas, o mesmo sucedendo para todos os restantes troços que integram a rede principal do Sistema de Beirolas.

Para garantir a separação dos caudais domésticos das redes de drenagem unitárias do lado norte desta bacia e a sua ligação ao Sistema Intercetor de Beirolas (SIMTEJO), propõe-se, nesta solução, além dos descarregadores já definidos na solução A descrita anteriormente, um outro descarregador a localizar no final do troço Q.T0370, no cruzamento da Av. Infante D. Henrique com a Via Recíproca.

Relativamente à substituição dos coletores com falta de capacidade hidráulica houve uma reavaliação dos troços a substituir, tendo em conta as atualizações de cadastro e as referências de ocorrência de inundações reportadas pela Proteção Civil, que se confirmavam no modelo de simulação dinâmico.

Assim esta solução prevê: a substituição de rede de drenagem com falta de capacidade hidráulica nomeadamente na Av. de Berlim, Av. Infante Dom Henrique, Av. Alfredo Bensaúde; a construção/ reabilitação de sete câmaras de controlo de caudal para desvio dos efluentes domésticos das redes unitárias para o sistema intercetor de Beirolas; a construção de um novo coletor na Via Recíproca/Av. do Índico e Rua do Bojador, para reforço do coletor existente na Av. de Berlim; e a adoção de soluções de controlo na origem.

10.4 Intervenções e ações complementares

Para além das intervenções estruturantes propostas, que se reportam, essencialmente, à construção de túneis e bacias de amortecimento (mas que integram, também, a beneficiação do troço marítimo do Caneiro de Alcântara, a desconexão de zonas baixas aos grandes emissários pluviais e o reforço hidráulico dos coletores da Av. de Berlim/Via Recíproca), 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.

Recomenda-se o reforço e reabilitação de coletores e redes secundárias praticamente por toda a cidade (bacias C a S), 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 (bacias C, D, E, G, H, I, M2, N, O, P, Q, R, S e T). Prevêem-se ainda intervenções pontuais de minimização de perdas de carga localizadas em determinados locais críticos (como sejam causas de visita da Rua das Pretas e a Praça da Figueira, junto ao Hotel Mundial).

São igualmente importantes intervenções de beneficiação da captação de escoamento de superfície (reforço de dispositivos intercetores de escoamento superficial, nomeadamente a construção de sumidouros em zona rebaixada), e a beneficiação de algumas descargas no rio Tejo.

Em determinadas situações muito pontuais, a resolução dos problemas diagnosticados não pode ser 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.

As intervenções previstas devem ser articuladas com o programa "*Uma Praça em cada Bairro*" e o plano "*Pavimentar Lisboa 2015-2020*" de modo a que, sempre que se intervenha numa determinada zona da cidade, se resolvam integralmente os problemas urbanísticos e de drenagem diagnosticados.

Adicionalmente, são recomendadas ações de atualização de cadastro e inspeção CCTV de infraestruturas, a implementação de um sistema de monitorização e aviso bem com investimentos em capacitação e gestão de ativos.

A descrição detalhada de cada uma das intervenções e ações complementares mencionadas é apresentada no capítulo12.

11 ANÁLISE COMPARATIVA DE SOLUÇÕES

11.1 Custos associados

11.1.1 Custos de investimento

A estimativa de custos de investimento associados à implementação das soluções alternativas descritas no capítulo 10 foi efetuada considerando os critérios seguintes:

- Coletores e condutas em pressão – Estabelecidos com base em quadros de custo, em função do diâmetro, do material das tubagens e das condições de instalação (profundidade, tipo de terreno, entre outros). Incluem câmaras de visita e reposição do pavimento correspondente à largura da vala adicionada de 1,00 m.
- Câmaras de controlo de caudal - Estabelecidos valores base, em função da complexidade de implementação, dimensão da infraestrutura e do caudal afluente, incluindo construção civil e equipamento (válvulas de vórtice e de seccionamento, entre outros).
- Reservatórios de regularização de caudal - Determinados tendo por base custos unitários de construção por metro cúbico de volume útil da instalação. Estes custos foram diferenciados em função da capacidade total de cada infraestrutura e contemplam todos os trabalhos de construção civil, movimentos de terras, acessibilidades, estruturas de betão armado, revestimentos e equipamentos.
- Bacias de infiltração/retenção - Considerou-se um custo de investimento em função do respetivo volume, referentes à totalidade dos trabalhos.
- Beneficiação de descargas - Determinados caso a caso, em função da dimensão e local de descarga.
- Túneis – Considerando as características dos túneis e dos poços de ataque e de interceção, os solos atravessados e as dificuldades inerentes a este tipo de obra, foi fixado um valor global de construção com base na consulta a empresas especializadas na execução deste tipo de infraestruturas.
- Soluções de controlo na origem - Foi atribuído um custo de investimento determinado com base num preço de execução, por unidade de área.

Os custos anteriormente mencionados incluem instalação do estaleiro, custos de instalação e montagem e custos indiretos. Adicionalmente, foram considerados encargos relativos ao levantamento e atualização de cadastro e à inspeção CCTV da rede existente, à implementação de um sistema de monitorização e aviso, bem como a atividades de capacitação e gestão de ativos.

No Quadro 11.1 apresenta-se a estimativa de custos de investimento para as obras preconizadas nas soluções propostas.

Quadro 11.1 – Síntese de estimativa de custos de investimento para as soluções propostas

Intervenção	Investimento (10^3 €)		
	Sol. A	Sol. B	Sol. C
Túneis	19 000	32 000	70 000
Bacia de amortecimento	37 900	50 300	495
Reforço e reabilitação de coletores e redes secundárias	76 950	76 950	75 000
Separação e controlo de caudais	8 410	8 410	8 410
Minimização de perdas de carga localizadas	3 650	2 000	2 000
Controlo na origem	2 100	1 600	1 585
Cadastro e inspeção	7 000	7 000	7 000
Sistema de monitorização e aviso	2 400	2 400	2 400
Capacitação e gestão de ativos	1 500	1 500	1 000
Outras intervenções	21 100	20 350	10 350
Captação de escoamento de superfície	6 000	6 000	6 000
Relocalização de estruturas/soluções urbanísticas	1 000	1 000	1 000
Beneficiação da descarga no rio Tejo	1 350	1 350	1 350
Beneficiação do troço marítimo do Caneiro de Alcântara	2 000	2 000	2 000
Desconexão de zonas baixas aos grandes emissários pluviais	10 750	10 000	0
TOTAL	***180 010***	***202 510***	***178 240***

11.1.2 Custos de operação e manutenção

Para a estimativa dos encargos anuais médios de operação e manutenção, para cada solução considerada, tiveram-se em conta os diferentes tipos de infraestruturas e suas características, em termos de investimentos associados. Admitiram-se, para essa estimativa, as percentagens que se apresentam seguidamente:

- Túneis 0.1%
- Bacias de amortecimento..... 3.0%
- Reforço e reabilitação de coletores e redes secundárias 0.5%
- Separação e controlo de caudais 2.0%
- Minimização de perdas de carga localizadas..... 1.0%
- Controlo na origem 2.0%
- Sistema de monitorização e aviso 10.0%
- Outras intervenções 2.0%

No Quadro 11.2 apresenta-se a estimativa de encargos de operação e de manutenção médios anuais, para as soluções propostas.

Quadro 11.2 - Estimativa de custos de operação e manutenção para as soluções propostas

Intervenção	Operação e manutenção (10^3 €/ano)		
	Sol. A	Sol. B	Sol. C
Túneis	15	25	57
Bacia de amortecimento	912	1 209	15
Reforço e reabilitação de coletores e redes secundárias	385	385	350
Separação e controlo de caudais	168	168	168
Minimização de perdas de carga localizadas	37	20	20
Controlo na origem	42	32	32
Sistema de monitorização e aviso	240	240	240
Outras intervenções	422	407	207
TOTAL	***2 450***	***2 793***	***1 127***

11.2 Aspetos técnicos, sociais e ambientais

Sistema de Alcântara

Para a solução A, verifica-se que a construção de apenas dois reservatórios a montante é insuficiente para atenuar significativamente o caudal de ponta afluente ao troço final do Caneiro, não contribuindo de forma significativa para a mitigação dos problemas de inundações para um período de retorno de 10 anos. Esta situação de inundação é minimizada, recorrendo à condição de desconexão ao Caneiro, na zona baixa, e construção de coletores na margem esquerda e na margem direita do mesmo. Acresce que embora o desvio dos caudais provenientes da Av. Almirante Reis permita resolver os riscos de inundação nas zonas do Martim Moniz e Pç. da Figueira, a solução não alivia, de forma significativa, os riscos de falta de capacidade e problemas dos coletores da R. St.ª Marta/R. S. José/Portas St.º Antão e Rossio.

No âmbito da solução B, reforça-se a capacidade de armazenamento na bacia de Alcântara e aumentam-se os caudais desviados nas bacias da Av. Liberdade e Almirante Reis. O aumento da capacidade total de armazenamento de 51 500 m^3 (solução A) para cerca de 171 000 m^3 (solução B) permitiu uma maior atenuação dos caudais de ponta afluentes ao troço marítimo do Caneiro. No entanto, constata-se que esse amortecimento não é totalmente satisfatório se considerarmos eventos de elevado período de retorno e nível de maré. Por outro lado, o prolongamento do túnel para desviar os caudais dos coletores da R. S. José e Av. Almirante Reis permitiriam aliviar consideravelmente toda a zona a jusante da interceção, constituindo uma solução eficaz de resolução dos principais problemas identificados nas bacias da Av. Liberdade e Almirante Reis.

Considera-se que a solução C, embora sem reservas significativas, resolve vários problemas e riscos que se verificam na zona baixa de Alcântara e na "Baixa" da cidade. Para além de permitir a mitigação dos riscos de inundações nas zonas críticas das bacias da Av. Liberdade, R. São José e Av. Almirante Reis, apresenta, em regra, resultados adequados para caudais associados a períodos de retorno de 100 anos, considerando os efeitos das alterações climáticas.

De entre as várias soluções alternativas estudadas, e que divergem fundamentalmente no que respeita às intervenções estruturantes, considera-se que a solução C é tecnicamente a mais favorável no que respeita ao controlo do risco de inundações e a que permite que esse controlo se efetue com interferências mínimas à superfície, e por isso com impactos sociais também mínimos. Em particular, evitam-se intervenções significativas na zona baixa de Alcântara e na R. São José/Portas St.º Antão e também se evitam elevados movimentos de terra e escavações a céu aberto para construção dos reservatórios enterrados, necessários nas soluções A e B.

Do ponto de vista ambiental, e no que se refere às descargas de efluentes contaminados no rio Tejo, considera-se que as soluções A e C desenvolvidas apresentam um desempenho similar, eliminando as descargas de tempo seco e conferindo um nível análogo de proteção relativamente às descargas em tempo de chuva, embora a solução A, ao dispor de reservatórios, permita, sendo bem gerida, tratar um maior volume de efluentes na ETAR.

A solução A, que prevê grandes intervenções na zona baixa de Alcântara com desconexões de ligações ao Caneiro, não garante o desempenho adequado do sistema para eventos de elevado período de retorno que coincidam com o nível de preia-mar de águas vivas, oferecendo uma menor proteção face à ocorrência de inundações. Crê-se que as obras de desconexão têm elevado impacto social.

A solução B, e em menor proporção a solução A, apresentam a vantagem, comparativamente à solução C, de proporcionar reservas e poder acumular caudais pluviais poluídos que depois podem ser conduzidos para tratamento. No entanto, apresentam a desvantagem, em relação à solução C, de exigir competências específicas para a gestão técnica destas infraestruturas, com reflexos no que se refere a encargos de exploração elevados.

Face aos impactos sociais e ambientais associados e face aos investimentos e encargos estimados, considera-se, para a globalidade do sistema de Alcântara, a solução C como a recomendada.

Sistema de Chelas

Para a solução A, verifica-se que a construção de dois reservatórios na Cidade Universitária e nas Olaias, com os volumes que estavam anteriormente definidos (PGDL 2008), é insuficiente para atenuar significativamente o caudal de ponta afluente a jusante, se se considerar um evento de precipitação com período de retorno superior a 10 anos. Por outro lado, a lógica de criação de um eixo separativo de caudais, em toda a bacia, não melhora a capacidade hidráulica do sistema de coletores, relativamente à situação de manter os coletores como unitários.

Na solução B, tendo em conta estas duas questões, o reservatório da Cidade Universitária e a criação do eixo separativo principal foram suprimidos, sendo considerado em alternativa o reforço de capacidade hidráulica de coletores, na zona norte da bacia no Campo Grande e na Alameda das Linhas de Torres. Mantêm-se, nesta solução, o reservatório das Olaias e a desconexão da zona baixa de Chelas /Xabregas.

A solução de amortecimento de caudais teria sempre que ser complementada com a construção de uma galeria para desconexão dos coletores da zona baixa da Rua Gualdim Pais, Estrada de Chelas e Xabregas pelo que sob o ponto de vista social, o impacto na vida dos habitantes e utilizadores daquela zona da cidade seria muito significativo.

A solução C procura evitar os problemas sociais associados à obra de desconexão da zona baixa e ainda as dificuldades de exploração em tempo real de um reservatório de amortecimento de caudais. Considera, em substituição destas obras, o desvio de parte do caudal desta bacia através de um túnel desde a Estrada de Chelas até ao rio Tejo, com descarga próxima do Poço do Bispo.

Esta solução, de desvio de caudal através do túnel Chelas-Beato, tem custos de investimento e de exploração mais baixos que o das outras duas soluções estudadas, resultando portanto na solução financeiramente mais favorável.

Além da vantagem financeira a solução de desvio de caudais (solução C) apresenta ainda benefícios sob o ponto de vista de fiabilidade, já que o túnel comporta caudais de período de retorno da ordem de 100 anos enquanto os reservatórios de amortecimento (solução A e B) apenas permitem o amortecimento de caudais para um período de retorno de 10 anos. Considerar um período de retorno superior para o dimensionamento das infraestruturas de amortecimento de caudais conduziria a volumes de armazenamento, na prática, incomportáveis.

Sistema de Beirolas

Na solução A prevê-se a construção de um reservatório de amortecimento de caudais e reforço de capacidade hidráulica de alguns coletores, a montante desse reservatório.

Em alternativa à construção de um reservatório (solução A), que constitui uma solução com alguma complexidade do ponto de vista de projeto, construção e, principalmente, de operação, propõe-se a construção de um novo coletor para reforço da capacidade de transporte do coletor existente na Av. de Berlim (soluções B e C). Esta opção será, sem dúvida, também de execução difícil, devido à ocupação do subsolo na zona da Gare do Oriente.

A construção deste reforço de transporte, que corresponde de facto ao desvio de uma parte significativa do caudal afluente ao coletor existente na Av. de Berlim, tem custos de investimento e de exploração mais baixos originando a solução financeiramente mais favorável.

11.3 Síntese e solução recomendada

Atendendo aos custos de investimento e de operação e manutenção associados às soluções apresentadas, bem como às vantagens e inconvenientes do ponto de vista técnico, social e ambiental anteriormente mencionadas, elaborou-se a seguinte matriz, apresentada no Quadro 11.3, que pretende sintetizar muito sumariamente a análise efetuada a cada solução.

Quadro 11.3 – Matriz de vantagens e inconvenientes das soluções A, B e C

Aspetos avaliados	Sol. A	Sol. B	Sol. C
FASE DE CONSTRUÇÃO			
Complexidade, riscos e viabilidade de execução	+++	+++	++
Interferências, durante a execução, na rede de drenagem	+++	+++	++
Interferências no Caneiro de Alcântara	++	++	+
Constrangimentos e impactos sociais	+++	+++	++
Custo de primeiro investimento	++	+++	++
FASE DE EXPLORAÇÃO			
Aumento de volumes tratados (redução de descargas diretas)	+++	+++	++
Desempenho do sistema no controlo de inundações	+	++	+++
Necessidade/dificuldades de ocupação	++	+++	+++
Complexidade de operação	++	+++	+
Encargos de operação e manutenção	++	+++	+

Tal como referido no subcapítulo anterior, recomenda-se que se implemente a solução C, não só por ser a que apresenta menores custos de investimento e encargos de operação e manutenção, mas também dadas as mais-valias técnicas, sociais e ambientais.

11.4 Ponderação dos aspetos ambientais e da perspetiva de agentes envolvidos na elaboração do Plano de Drenagem de Lisboa 2016-2030

11.4.1 Enquadramento e objetivo da ponderação dos aspetos ambientais

A ponderação dos aspetos ambientais foi considerada e concretizada no âmbito do desenvolvimento do Plano. Esta ponderação foi efetuada, quer a nível estratégico (subcapítulo 11.4.2 a 11.4.3), quer a nível das propostas em sede de análise preliminar de impactes ambientais (11.4.4) e de procura de obtenção dos contributos dos principais agentes relevantes (11.4.5).

O objetivo deste subcapítulo é explicitar esses três pontos, terminando com as conclusões e recomendações para desenvolvimentos futuros (11.4.6). Para esse efeito começa-se, seguidamente, por enquadrar o desafio da drenagem pluvial em Lisboa considerado como a motivação para o desenvolvimento do Plano.

Os desafios da drenagem das águas pluviais em meio urbano passam por assegurar o serviço e evitar problemas de inundação (Figura 11.1). A forma de resolver estes problemas constitui um dos aspetos essenciais, motivador do desenvolvimento do Plano de Drenagem de Lisboa 2016-2030.

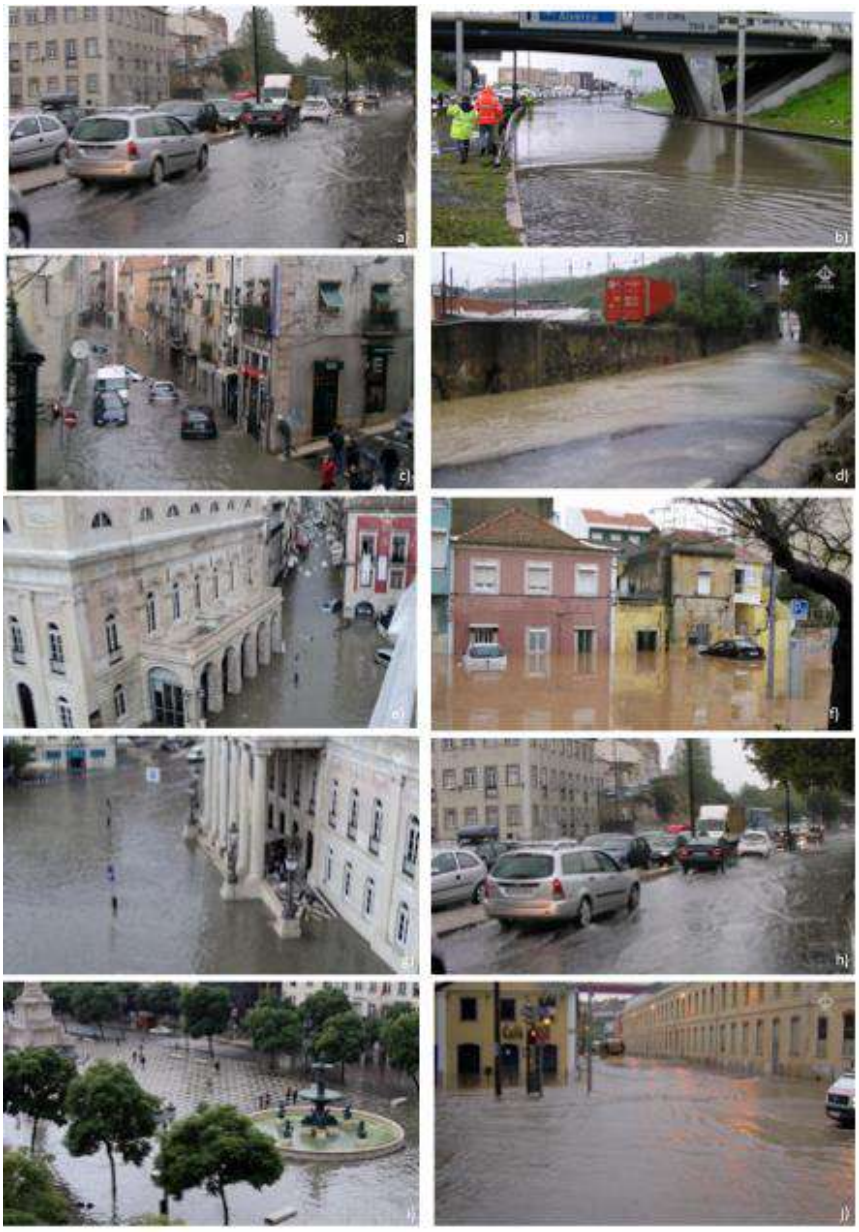


Figura 11.1 – Pormenores de inundações em Lisboa (Fonte: https://vimeo.com/132020170)

Em Lisboa, a maior bacia hidrográfica é a Bacia de Alcântara, que abrange parte da Amadora, e confina a oeste com as ribeiras de Oeiras e a este com Santa Apolónia. Embora com áreas menores, são de referir as Bacias de Chelas (abrange a zona de Madre Deus) e de Beirolas (abrange Marvila e Parque das Nações).

Foram vários os projetos e obras de drenagem efetuadas que foram resolvendo os vários problemas da cidade. No entanto, a progressiva evolução urbana levou à existência de zonas de vulnerabilidade às inundações que o Plano Diretor Municipal de Lisboa (CML, 2012) classifica como moderada, elevada e muito elevada (Figura 11.2).

Figura 11.2 – Tipificação dos riscos de cheia na Cidade de Lisboa (Fonte: CML, 2015)

A necessidade de resolver situações críticas e reduzir os riscos de inundação nas grandes bacias, desde logo nas zonas com riscos muito elevados, como Alcântara, centro da cidade, Chelas e Beirolas (Parque das Nações), entre outras, levou à atualização dos planos já efetuados e ao desenvolvimento deste Plano de Drenagem 2016-2030.

Ao longo do processo de desenvolvimento do Plano de Drenagem de Lisboa 2016-2030, foram sendo ponderados os vários aspetos ambientais, sociais e económicos que um plano como este deve ter em conta, quer a nível estratégico, quer a nível de impactes ambientais, que agora se sistematizam.

Abordagem da ponderação dos aspetos ambientais

A abordagem considerada assenta na perspetiva ambiental holística. Se bem que se centra sobre os aspetos ambientais, biofísicos e de qualidade do ambiente, abrange também os aspetos sociais e económicos, analisando qual é a contribuição estratégica para a procura de desenvolvimento sustentável deste plano.

Esta análise é efetuada em termos estratégicos, baseada na análise global dos fatores críticos ambientais para a decisão, na avaliação sumária dos efeitos ambientais estratégicos

das alternativas consideradas, mas também de que forma foram consideradas as partes interessadas. Na perspetiva da solução proposta, analisam-se também os potenciais impactes preliminares, identificando recomendações e desenvolvimentos futuros (Figura 11.3).

Figura 11.3 – Principais etapas metodológicas no desenvolvimento da análise

11.4.2 Objetivos e problemática ambiental

A impermeabilização das bacias urbanas e a pressão decorrente das potenciais alterações climáticas motiva a importância de dispor de soluções estruturais. Destaque-se desde logo que uma das motivações principais para o projeto, isto é, reduzir os riscos inundação, é desde logo ambiental.

Nesta ótica, os problemas que este Plano de Drenagem para Lisboa tem em vista ajudar a resolver incluem os (1) problemas de inundação que ocorrem com regularidade na cidade de Lisboa, bem como contribuir para (2) as ações de adaptação do sistema de drenagem aos desafios decorrentes das alterações climáticas.

Como áreas prioritárias, pela frequência, dimensão, perturbações e prejuízos que decorrem das inundações, foram identificadas, entre outras, as seguintes zonas:

- A baixa de Alcântara (incluindo o Largo das Fontainhas);
- O centro da cidade de Lisboa (Rossio, Rua das Pretas, Rua São José, Rua das Portas de Santo Antão, Martim Moniz e Praça da Figueira);
- Zona de Xabregas (Rua Gualdim Pais).

O plano aborda também a verificação das soluções propostas em outras zonas com risco de inundação, nomeadamente na Alameda das Linhas de Torres, Sete Rios, Campo Pequeno, Paço do Lumiar, Bairro de Santa Cruz e Sete Rios, entre outras.

Tendo em vista dar resposta a estas questões foram equacionadas três "macro alternativas" (ver capítulo 9), nomeadamente:

- Solução A (desconexão e reforço);
- Solução B (atenuação);
- Solução C (desvio de caudais).

O objetivo desta análise de ponderação estratégica dos aspetos ambientais é: analisar, de forma sumária, que aspetos ambientais são mais relevantes; que alternativa (A, B ou C) se afigura mais promissora; de que modo foram considerados os aspetos ambientais no plano e com essas propostas devem ser considerados em fase subsequente, nomeadamente na fase de projeto, construção e operação das infraestruturas.

11.4.3 Análise ambiental estratégica

Importa avaliar as questões estratégicas definidas no Plano e os objetivos pretendidos, face à estratégia nacional, internacional, regional e comunitária, mas também como estas questões e objetivos se enquadram com os fatores ambientais, nomeadamente os que se traduzem na decisão, isto é, os Fatores Críticos de Decisão (FCD) (Figura 11.4).

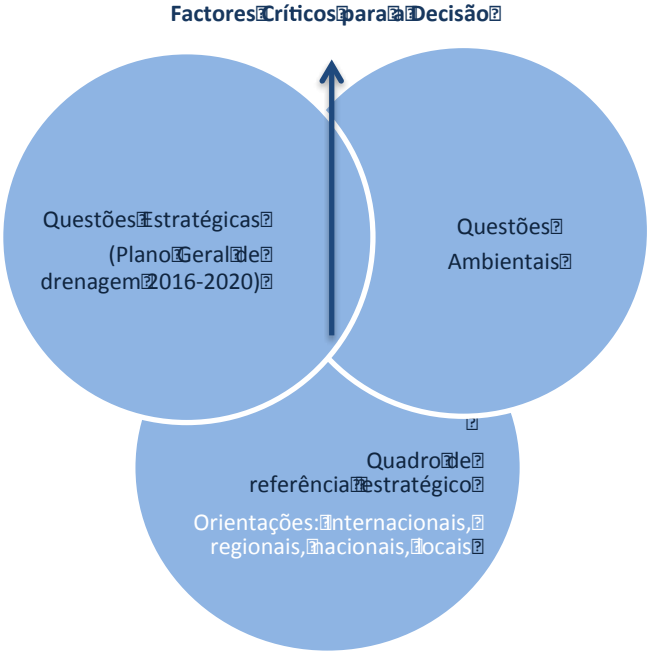


Figura 11.4 – Principais aspetos considerados para definição dos fatores críticos de decisão

Quadro de referência estratégico

O Quadro de Referência Estratégico (QRE) identifica as macro-orientações de política internacional/europeia, nacional e local, e os objetivos de longo prazo estabelecidos em matéria de ambiente e sustentabilidade. Constituiu um macro enquadramento estratégico criando um referencial para a avaliação.

O QRE sistematiza os objetivos de política ambiental e de sustentabilidade estabelecidos a nível internacional, europeu e nacional, bem como as ligações a outros planos e programas com os quais o objeto de avaliação estabelece relações, o que constitui também um referencial legal.

Neste contexto, foram considerados os seguintes documentos de referência internacionais, estando a negrito os que para o tipo de usos definidos são destacados: Orientações do Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas das Nações Unidas (2007 e 2014); Programa de Ambiente da União Europeia para 2020; Estratégia e diretiva de controlo de cheias na União Europeia.

A nível internacional é de destacar as seguintes orientações:

- **Potencial risco do aumento de inundações acrescido em zonas urbanas** - De acordo com o relatório de 2007 do Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas das Nações Unidas (IPPC, 2007), as alterações climáticas manifestam-se de forma diferente consoante as regiões. No sul da Europa são esperadas altas temperaturas e secas, com a redução da disponibilidade de água, com consequências para a capacidade hidroelétrica, o turismo de verão e a produtividade agrícola. São esperados também os seguintes efeitos: aumento de ocorrência de inundações nas áreas interiores e zonas costeiras e erosão, e o aumento de riscos para a saúde, a par de ondas de calor e de fogos de grandes proporções. O relatório de 2014 (IPPC, 2014) destaca a probabilidade de tal ocorrência em zonas urbanas e riscos acrescidos para pessoas, bens, economia e ecossistemas, sendo os riscos de inundação em zonas urbanas aumentados pela ausência de infraestruturas nas zonas expostas a esses riscos.

- **Controlo e gestão de riscos de inundação como instrumento de desenvolvimento sustentável** - O programa de Ambiente da União Europeia para 2020 (EC, 2014) destaca a importância do controlo e redução dos riscos para assegurar o desenvolvimento sustentável. Como objetivo de prioridade 1, isto é proteger, conservar e contribuir para capital natural da União Europeia, referencia (página 22) em termos legislativos a diretiva referente ao controlo de cheias (Diretiva 2007/60/EC). Na prioridade 2 (página 46), que visa salvaguardar os cidadãos da união de pressões relacionadas com o ambiente, com risco para a saúde e bem-estar, refere as consequências adversas das cheias para as atividades humanas e económicas, que são cada vez mais frequentes devido às mudanças no ciclo hidrológico e uso do solo. No objetivo de prioridade 8, destaca (página 74) que as cheias são um problema a ter em consideração e a controlar, de forma adequada, para promover a sustentabilidade nas cidades da União.

- **Avaliação e mitigação dos riscos das cheias** - O programa de gestão das cheias (COM, 2004) tem em vista reduzir as cheias e o seu potencial de impacte. A experiência do programa europeu de gestão dos riscos de cheias (EU, 2015) refere que a proteção civil

é um elemento crucial da gestão de riscos das cheias e mostra que uma aproximação eficaz assenta nos seguintes cinco elementos:

- Prevenção dos riscos de danos das inundações, evitando construções nessas zonas e adaptando desenvolvimentos futuros a estes riscos, promovendo o uso apropriado do solo;
- Proteção, tomando medidas estruturais e não estruturais para reduzir a probabilidade de cheias e o impacte das cheias em localizações especificas;
- Preparação, informando a população dos riscos de cheia e o que fazer em caso de ocorrência;
- Resposta a emergências, desenvolvendo planos de respostas a emergências no caso de cheias;
- Recuperação e lições decorrentes, voltando às condições normais tão cedo quanto possível, e mitigando os impactes sociais e económicos.

A nível nacional e regional é de salientar:

- Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas, adotada através da Resolução de Conselho de Ministros n.º 24/2010. 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".

- Plano Nacional da Água (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. 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 cheias e inundações, de secas, de acidentes graves de poluição e de rotura de infraestruturas hidráulicas.

- Plano Regional de Ordenamento do Território da Área Metropolitana de Lisboa (PROTAML) no plano (CCDR-LVT, 2002) e na 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.

- 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".

A nível municipal (Lisboa) é de destacar o Plano Diretor Municipal de Lisboa (PDM) - Cidade ambientalmente sustentável, amigável e segura (CML, 2012) – que integra a planta de riscos naturais e antrópicos, que identifica zonas com os diferentes tipos de riscos de cheia (Figura 11.2) sendo de salientar que as zonas de elevada vulnerabilidade às inundações são objeto de intervenção neste plano de drenagem.

O PDM de Lisboa considera fundamental atenuar as cheias e a perturbação decorrente no funcionamento da cidade, pelo que referencia nos Programas e Projetos Urbanos Transversais intervenções na rede de drenagem. É ainda de referenciar a inter-relação a programas como "Um Bairro um Jardim" e "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 direto de maré, refere que em determinadas situações deve ser apresentado um 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.

Em síntese, o plano apresentado insere-se na estratégia ambiental internacional, ao atender ao potencial risco do aumento de inundações em zonas urbanas, permitindo o controlo e gestão de riscos de inundação como instrumento de desenvolvimento sustentável.

A nível nacional enquadra-se nas estratégias ambientais, ao dar resposta as desafios das alterações climáticas em sede de ordenamento do território, assegurando uma abordagem de prevenção/proteção contra riscos de cheias e inundações, apostando numa melhor gestão dos riscos naturais em meio urbano ao reduzir.

A nível municipal, o PDM identifica zonas com os diferentes tipos de riscos de cheia. É de destacar que as zonas de elevada vulnerabilidade às inundações são objeto de intervenção no âmbito deste plano de drenagem. Prevê-se que em fase subsequente sejam apresentados projetos de drenagem com soluções que concretizem o plano e assegurem uma eficaz drenagem das águas pluviais da cidade.

Opções estratégicas do plano

O Plano de Drenagem de Lisboa 2016-2030 considera três opções ou tipos de solução estratégicas (A a C):

- Atenuação com a construção de cinco reservatórios enterrados (131 600 m^3) e desconexões (A);
- Atenuação mais reforçada com a construção de seis reservatórios (236 000 m^3) e um desvio de caudal (B);
- Desvio de caudais alargado a várias bacias, através de dois túneis (C).

As opções A e B baseiam-se em várias soluções, sendo de destacar a criação de uma capacidade de atenuação (reservatórios) que, em períodos de precipitação reduzida, poderiam assegurar uma capacidade de retenção adequada. Para as situações críticas de maiores períodos de precipitação, a sua capacidade acaba por ficar limitada e a pressão no sistema a jusante vai, naturalmente, ocorrer.

A opção C conjuga várias soluções, assentando na captação de caudais através de grandes túneis que transportam e encaminham diretamente os efluentes pluviais para o rio Tejo.

Questões ambientais

As questões ambientais estratégicas mais relevantes que se colocam resultantes das propostas do Plano de Drenagem 2016-2030 respeitam a afetação do solo e subsolo, com destaque para a geologia e hidrogeologia:

- Alteração do uso do solo superficial, de forma direta pelas intervenções que são efetuadas ou pela instalação de equipamentos, de forma indireta pela redução dos riscos de inundação nas zonas em que tal ocorra;
- Alteração no subsolo, de forma direta pela execução de obras no subsolo (túneis ou outras), com reflexos no ocupação e nas geotecnia e estabilidade.
- Afetação da hidrogeologia de forma indireta pela potencial alteração da drenagem;
- Intervenção na proximidade de zonas ribeirinhas;

- Gestão do ciclo urbano de água, nomeadamente assegurando a capacidade de drenagem e gestão dos riscos de inundação;
- Zona ribeirinha e estuário;
- Alteração da paisagem, pela instalação de estruturas provisórias (durante a obra) ou permanentes;
- Afetação e beneficiação das atividades humanas, sociais e económicas localizadas, decorrentes diretamente das obras ou estruturas construídas e indiretamente na redução das zonas inundadas, com os consequentes benefícios sociais, económicos e ambientais;
- Redução de riscos, sendo o objetivo central do projeto a redução dos riscos de inundação;
- Custos do desenvolvimento não só na perspetiva de investimento, mas de manutenção e operação, isto é, pelo menos nessas fases do ciclo de vida;

Outros aspetos ambientais potenciais como ruído e outros, são questões que se colocam a um nível diferenciado na comparação das alternativas, e devem ser objeto de análise na perspetiva de impactes ambientais da obra, sendo abordados sumariamente no subcapítulo 11.4.4 deste documento.

Fatores Críticos de Decisão

As diferentes soluções vão ter diferentes graus de afetação de fatores ambientais, por exemplo do sol, água, paisagem, sócio economia entre outras. Assim, os fatores críticos de decisão na perspetiva ambiental são os seguintes:

- Uso do solo superficial - Alteração do uso mais reduzida;
- Riscos geotécnicas – Atenuar a alteração do uso do subsolo com implicações geotécnicas;
- Riscos hidrogeológicos – Reduzir o risco hidrogeológico;
- Riscos na zona ribeirinha / litoral – Atenuar os riscos na zona ribeirinha;
- Drenagem no ciclo urbano de água – Assegurar a boa capacidade de drenagem;
- Paisagem – Atenuar a perturbação da paisagem;
- Atividades humanas, sociais e económicas localizadas – Assegurar boas condições para as vivências humanas e económica;
- Riscos de inundação - Permitir reduzir riscos de inundação;
- Custos ao longo do ciclo de vida – Assegurar custos mais reduzidos no ciclo de vida

A análise sumária estratégica efetuada de forma pericial das três alternativas (A, B e C) é apresentada na matriz seguinte (Quadro 11.4).

Quadro 11.4 - Síntese da análise estratégica dos principais fatores ambientais nas três alternativas

Fatores Críticos Ambientais para a Decisão	Solução A Atenuação e desconexão	Solução B Atenuação e desvio de caudais	Solução C Desvio de caudais
Uso do solo superficial	Alteração do uso do solo decorrente do reservatório (131 600 m^3)	Alteração do uso do solo decorrente dos reservatórios (236 000 m^3)	Menor ocupação do solo na generalidade já que assenta em túneis de 5 e 1 kms
Risco geotécnico	Existência de pontos localizados de conflito. Menor dimensão nos reservatórios	Existência de pontos localizados de conflito. Maior dimensão nos reservatórios	Existência de pontos localizados de conflito com outras estruturas. Maior extensão de túnel
Risco hidro-geológico	Algum risco embora em menor dimensão.	Algum risco embora em menor dimensão	Algum risco com maior dimensão comparativa decorrente da maior extensão de túnel
Drenagem no ciclo urbano de água	Aumenta a capacidade de drenagem embora de forma localizada	Aumenta a capacidade de drenagem de forma mais alargada	Aumenta a capacidade de drenagem de forma muito mais alargada
Zona ribeirinha e estuário	Riscos nas intervenções na zona litoral do estuário	Riscos nas intervenções na zona litoral do estuário	Riscos nas intervenções na zona litoral do estuário. Maiores descargas de caudais localizados na zona oriental da cidade
Paisagem	Alteração localizada da paisagem	Alteração localizada da paisagem em zona mais extensa	Alteração mais reduzida da paisagem
Atividade humanas, sociais e económicas localizadas	Maiores perturbações à superfície na fase de obra	Maiores perturbações à superfície na fase de obra	Menores perturbações à superfície
Riscos de inundação	Reduz em parte o risco de inundação (assegurando algum tempo de gestão). Não reduz substantivamente nas zonas da baixa	Reduz o risco de inundação (assegurando mais algum tempo de gestão). Não reduz substantivamente nas zonas da baixa	Reduz de forma mais significativa e alargada os riscos de inundação
Custos no Ciclo de Vida	Os dados existentes (180 M€ + 2,4 M€ ano) apontam para ser a segunda opção mais reduzida	Os dados existentes (202 M€ + 2,8 M€ ano) apontam para ser a alternativa mais onerosa	Os dados existentes (178 M€ + 1,1 M€ ano) apontam para menores custos no ciclo de vida

As alternativas analisadas contribuem de diferente forma para atingir os objetivos principais do plano, isto é, reduzir o risco de inundação e assegurar a boa drenagem. Em termos globais a alternativa C assegura não só o objetivo principal como também a decisão mais adequada no que respeita aos fatores ambientais.

A alternativa C apresenta de forma contrastante aspetos ambientais positivos como a menor ocupação do solo, menores perturbações à superfície, reduz de forma mais significativa o

risco de inundações e apresenta-se, com os dados existentes, como a que dispõe dos menores custos no ciclo de vida.

Como aspetos a ter em consideração, decorrentes das intervenções estruturantes no subsolo, salienta-se o risco localizado geológico, hidrogeológico e a potencial descarga de caudais superiores no estuário, na zona oriental da cidade. Neste último caso é de referenciar que os caudais do Tejo em Cheia são superiores a 7 000 m^3/s (ARH Tejo, 2012) pelo que o contributo é inferior a 4 a 5%[1], podendo ser por isso considerado um efeito estratégico não elevado.

11.4.4 Impactes ambientais preliminares da alternativa de desvio de caudais

Objetivo, abordagem e fatores ambientais

A implementação do plano assenta no desenvolvimento do projeto das soluções propostas, que irão traduzir-se na concretização de potenciais impactes específicos. Neste contexto, e com um objetivo de assegurar uma lógica preventiva, complementa-se a análise ambiental estratégica anteriormente efetuada com uma análise preliminar dos impactes ambientais para a solução a ser desenvolvida.

Esta análise preliminar de impactes aborda os seguintes pontos: os atuais efeitos da manutenção da situação existente, isto é cenário zero (11.4.4.2); sumarizar as atividades propostas (11.4.4.3); aferir quais serão os potenciais impactes principais (11.4.4.4) decorrentes da fase de construção, operação, e os aspetos e medidas a considerar nos desenvolvimentos futuros, bem como os riscos e potenciais lacunas de conhecimento e informação.

Na análise dos impactes os efeitos são analisados nos diferentes fatores ambientais e a sua interligação numa perspetiva integrada. Assim, serão sistematizados para análise os seguintes fatores ambientais:

- Clima;
- Geologia e geotecnia;
- Hidrologia e qualidade das águas superficiais;
- Hidrogeologia e recursos hídricos subterrâneos;
- Qualidade do ar;
- Ruído;
- Fatores biológicos e ecológicos;
- Paisagem;
- Património arqueológico e arquitetónico;

[1] A RH5 (Tejo) apresenta um longo historial de cheias, estimando-se, para a maior cheia no rio Tejo, em dezembro de 1876, um caudal de 16 000 m^3/s. As marcas de cheia de fevereiro de 1979 são as mais representativas das áreas críticas sujeitas a inundações ao longo da planície aluvionar do rio Tejo, entre Abrantes e Vila Franca de Xira; nesta cheia, o caudal de ponta registado na estação hidrométrica de Almourol foi de 13 853 m^3 /s e o caudal médio diário máximo, que ocorreu no dia 11 de fevereiro, foi de 13 102 m^3/s.

- Solos e ocupação do solo;
- Planeamento e ordenamento;
- Socioeconómica local e regional.

Efeitos da manutenção da situação sem adoção de uma solução estrutural

O não desenvolvimento e implementação do plano de drenagem de 2016-2030 leva à manutenção e mesmo potencial agravamento das situações de inundação (riscos de inundação), se ocorrerem eventos de precipitação de maior intensidade e tiver lugar, ao longo do Tejo, maior ocupação do solo, tendo como resultado:

- O agravamento de risco de cheia, o que pode originar danos humanos - ferimentos, perdas de vidas e riscos de saúde pública, em caso de se prolongar;
- Perturbações na vida diária dos munícipes e publico em geral, impossibilitando ou limitando os acessos a pé. Pode levar ao encerramento de serviços, como escolas, centros de saúde, entre outros;
- Engarrafamentos e limitações no trânsito e acessos que, pelos danos provocados, podem perdurar para além da inundação;
- 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;
- Destruição e afetação das infraestruturas públicas, desde logo do sistema de abastecimento de água e de saneamento, rede elétrica, telecomunicações e outros bens públicos;
- Limitação ao desenvolvimento da zona, já que sendo uma zona de risco os investimentos e atividades terão menor possibilidade de ocorrerem ou serão condicionados;
- Potencial agravamento nos custos de seguros e de financiamento das atividades locais;
- Impacte na imagem da Cidade decorrente das notícias de cheias. Tal reduz a atratividade para os visitantes podendo, se houver imagens ou vídeos de situações críticas, resultar num efeito negativo viral.

A manutenção da situação atual, sem uma solução de drenagem estrutural e com o aumento de efeitos extremos, nomeadamente aumento de precipitação em curtos períodos de tempo, pode levar a severas limitações e danos nas zonas de risco elevado e colocar outras áreas de Lisboa em similar situação de risco.

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. Merece especialmente referência a zona ribeirinha e o acréscimo de danos que podem ocorrer se se conjugar a intensidade de precipitação, com situações de preia-mar extremas, levando a danos ampliados e gravosos.

Naturalmente (nesta fase de conceção do plano, tal como na implementação do plano) importa efetuar, tal como definido nas prioridades de gestão das cheias da UE, um trabalho

de preparação, informando a população dos riscos de cheia e o que fazer em caso de ocorrência, bem como desenvolver o sistema de resposta, melhorando os planos de emergência no caso de cheias.

As propostas

Para cada zona das bacias, mantém-se a parte existente do sistema de drenagem que funciona em boas condições, incluindo-se ações de melhoria do sistema de drenagem, através da construção/substituição de coletores pluviais, unitários e domésticos; descarregadores de tempestade e intercetores domésticos.

As principais intervenções estruturantes e complementares propostas são as seguintes:

1. Túnel Campolide, Santa Marta até St. Apolónia;
2. Túnel Chelas Beato;
3. Reforço do coletor da Bacia da Avenida de Berlim;
4. Bacias de retenção (Alto da Ajuda e Ameixoeira);
5. Reabilitação e reforço de coletores de redes primárias e secundárias (e.g., coletores de ambas as margens do Caneiro de Alcântara, da Avenida de Berna, e do Museu do Traje);
6. Reabilitação do trecho final do Caneiro de Alcântara;
7. Redução das perdas de carga localizadas (e.g., câmara da Rua de S. José/ R. Telhal ou câmara junto do Hotel Mundial);
8. Reabilitação e controlo de caudais em descarregadores (ex. D16, D17, ...);
9. Captação de escoamento de superfície (sarjetas de passeios e sumidouros);
10. Soluções de controlo na origem.

A alternativa mais estruturante de desvio de caudais assenta na execução de um túnel numa extensão de cerca de 5 km, que desvie os caudais nas bacias que atravessam Lisboa de Monsanto a St.ª Apolónia, captando e drenando diretamente para o rio os caudais das zonas a montante (Figura 11.5), bem como o desenvolvimento de um túnel com início em Chelas e que drena para o Beato, conjugadas com várias outras soluções localizadas.

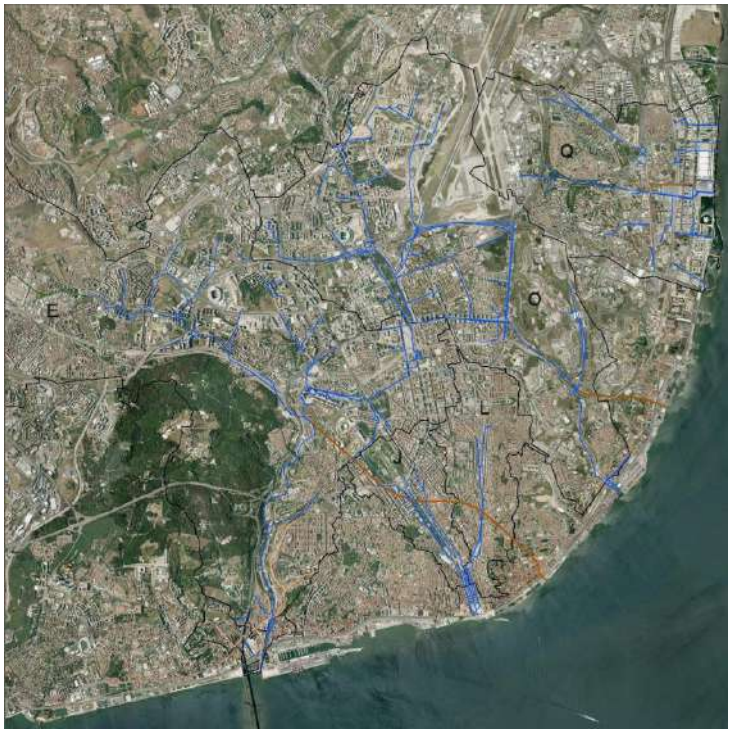


Figura 11.5 – Traçado geral do sistema na alternativa recomendada (Alternativa C)

Das propostas aos impactes

Sistema de Alcântara - Túnel Monsanto – Santa Marta – Santa Apolónia

Este túnel efetuado por tuneladora atravessa a cidade de Campolide a Santa Apolónia. Dado que o túnel é construído com uma tuneladora em profundidade (em muitas zonas a cerca de 70 m) a perturbação à superfície é quase inexistente em grande parte da área. Em áreas muito localizadas poderá haver pequenas frentes de obra e perturbações à superfície (que devem em fase de projeto ser analisadas quanto à sua localização e impactes ambientais associados (Recomendação de Análise Ambiente AA1).

A implementação na fase de construção, vai assentar no desenvolvimento localizado de estaleiros e frentes de obra. É de destacar o estaleiro onde se efetua a instalação e montagem da tuneladora que fará o túnel principal, que vai ocorrer nas proximidades de Monsanto, por onde irão entrar os matérias de obra e sair também em camião as rochas e terras utilizando para o efeito as vias rodoviárias próximas (eixo norte sul) com os impactes decorrentes.

Este estaleiro principal de apoio à obra deverá ser objeto, na fase de projeto e sobretudo de construção, de análise ambiental especifica e da adoção de medidas de gestão ambiental para atenuar os seus impactes (Recomendação AA2)

Na análise do perfil do túnel destacam-se três zonas em que se aproxima da superfície, nomeadamente o cruzamento do túnel na Rua de Santa Marta, cruzamento com o túnel do Metro no Intendente e na zona final, em Santa Apolónia. Nestas três zonas importa, em fase

de projeto, analisar e detalhar os modos de atenuar as perturbações das infraestruturas existente no subsolo, vibrações e afetação do edificado e atividades (Recomendação AA3).

Em todas as intervenções de túneis devem ser analisadas, em fase de projeto, os eventuais efeitos no sistema hidrogeológico, nomeadamente se provoca alterações significativas, por exemplo, efeito de barreira ou outro, e se é necessário adotar as medidas adequadas para o seu bom funcionamento (Recomendação AA4).

Os principais impactes na fase da operação decorrem do reduzir o risco de inundação em várias zonas da bacia. Desde logo na baixa de Alcântara e da Avenida da Liberdade à Baixa de Lisboa, bem como em outras importantes zonas da cidade.

Sistemas de Chelas e Túnel

As intervenções previstas decorrem em várias zonas ribeirinhas do sistema e a montante com os impactes usuais da construção e operação. A intervenção estruturante do sistema é o Túnel Chelas-Beato, que especialmente no troço final vai decorrer a superfície, com os impactes associados. É importante analisar modos de atenuar as perturbações das infraestruturas existentes no subsolo, em termos de alterações hidrogeológicas, vibrações e afetação do edificado e atividades económicas, que devem ser detalhadas (Recomendação AA5) em fase de projeto.

Sistema de Beirolas e coletor

As intervenções decorrem em várias zonas do sistema, incluindo nos Olivais norte e no Parque das Nações. Neste último caso vão decorrer numa zona que obriga a intervenções sistémicas, incluindo a construção de um coletor pluvial que atravessa em profundidade, a Gare do Oriente e se desenvolve na lateral das torres e pavilhão (anteriormente designado de Pavilhão Atlântico). Esta intervenção deverá ser objeto de uma análise pormenorizada ambiental e de integração das medidas ambientais necessárias minimizadoras (Recomendação AA6).

Outras intervenções

As restantes intervenções de reabilitação e reforço de coletores e trechos finais do caneiro tem os impactes usuais destas obras, nomeadamente as perturbações na mobilidade e atividades. Estes impactes dependem da forma de construção a adotar, facto que deve ser analisado em detalhe na fase de projeto de modo a assegurar o seu bom desempenho e minimização dos impactes (Recomendação AA1).

A intervenção prevista nas zonas de Belém, Ajuda, Alcântara São Domingos de Benfica e Ameixoeira leva, em zonas muito específicas, a impactes localizados resultantes dos efeitos temporários da construção de coletores e outras obras hidráulicas. São de destacar intervenções na proximidade do Caneiro de Alcântara e nas docas que, pelas suas características e impactes, justificam uma análise e gestão dos impactes (Recomendação AA1).

Na zona Belém e Ajuda, as situações são de menor risco pois decorrem de caudais menores quando comparados com outras áreas da bacia de Alcântara. Na zona existe reforço de coletores e o desenvolvimento de uma bacia de retenção no polo da Universidade Técnica de Lisboa em Monsanto. Pontualmente, no limite do município existe uma solução de trincheira de infiltração na proximidade aos Jerónimos. Em todas estas intervenções, em fase de projeto, deve ser analisada a forma de atenuar as perturbações, desde logo na fase de construção (AA1)

Redução dos riscos de inundação e melhoria das condições de drenagem

O Plano que irá ser desenvolvido ao longo do tempo e de forma progressiva, tem no cenário final um impacte muito positivo na drenagem da cidade (que como referido anteriormente deve adotar várias soluções de controlo na origem nas edificações a licenciar e a reabilitar bem como nas zonas públicas intervencionadas). Um impacte positivo estruturante será a redução de uma parte muito importante das zonas de risco de inundação (Figura 11.6).

Figura 11.6 - Sobreposição das zonas classificadas de elevado risco de inundação com a Proposta do Plano

Em termos complementares é de referir que vão existir (embora a uma escala diferenciada) outros riscos ambientais de várias tipologias. Na fase de construção os riscos vão desde o de acidentes (por exemplo pequenos derrames) com danos para ambiente, até aos riscos decorrentes das alterações climáticas.

No caso das alterações climáticas e tal como já considerado nesta fase de plano, deve ser assegurado o controlo das suas implicações e modos de intervenção e gestão (Recomendação AA7).

Na perspetiva de risco, uma das questões que se coloca é se em situações de preia-mar estará assegurada a drenagem? Ou seja, já que a solução assenta, estruturalmente, em assegurar a drenagem e a descarga direto no Rio Tejo em situações de preia-mar elevada, poderia ser equacionada a questão de poderem existir limitações ao efetivo funcionamento do sistema. A solução adotada no plano leva a que os túneis possam entrar em carga e continuem a assegurar o seu funcionamento, pelo que assegura o serviço nesta situação. Sendo um sistema dinâmico, e tal como previsto no plano, deve ser implementado um sistema de gestão de monitorização e aviso ao longo do tempo (AA8).

A síntese dos impactes e riscos (identificados nesta fase preliminar do desenvolvimento do Plano) é sistematizada e avaliada no Quadro 11.5 para os diferentes fatores ambientais, sociais e económicos. A avaliação considera como escala se o impacte é muito reduzido ou mesmo sem significado (O), positivo (+) ou negativo (-), podendo ir de reduzido (+ ou -) a elevado (+++ ou ---) à escala do município. Quanto à duração, se é permanente (P) ou temporária (t) e quanto à probabilidade, se é incerta (i) ou elevada, ou mesmo certa (c).

As intervenções construtivas vão resultar da proximidade de infraestruturas, edificações e equipamentos a serviços diversos, pelo que podem ocorrer interferências e perturbações localizadas, sendo essencial que sejam avaliadas, em fase de projeto, e asseguradas as soluções que garantam a sua funcionalidade (Recomendação AA9).

Com a concretização do plano e das soluções a implementar, é muito relevante destacar que as zonas de elevado risco de inundação terão, de forma positiva, os riscos reduzidos. Na realização de futuros planos (ou na atualização de planos de ordenamento municipal), devem ser consideradas, naturalmente, as zonas de risco no âmbito do zonamento e das intervenções propostas (Recomendação AA10).

Em síntese, na fase de construção, uma parte dos impactes negativos poderá fazer-se sentir durante um período temporal delimitado, como é usual em obra. O facto de haver uma forte componente de infraestruturas em túnel atenua esses impactes. No entanto, os impactes da fase de operação serão claramente positivos, e desenvolvem-se num horizonte temporal mais alargado.

A concretização do plano, desde logo na fase de projeto e fases seguintes, permite a escalas mais pormenorizadas desenvolver e implementar as soluções que terão oportunidades de melhoria ambiental, tendo em conta nomeadamente as recomendações anteriormente efetuadas.

Quadro 11.5 – Síntese Preliminar dos Impactes (a desenvolver)

Fatores ambientais	Construção	Avaliação	Operação	Avaliação	Outras recomendações ou aspectos a considerar
Clima	Sem efeitos significativos identificados	**0**	Projeto no dimensionamento considera as alterações climáticas (agravamento na precipitação e de maré)	**++, p, i**	Acompanhar estudos de alterações climáticas e incluir nos modos de gestão (Recomendação AA7)
Geologia, Geotecnia e Geotecnia	Impactes dependem das características geológicas (ver zonas sensíveis)	**--, p ou t, i**	Reduzido efeito ou mesmo sem significado, se solução e construção for adequada	**-, p, i**	Recomendações AA4, AA5 e AA6
Hidrologia e Qualidade das Águas Superficiais	Perturbações na drenagem durante as obras	**--, t, c**	Melhora estruturalmente a drenagem	**+++, p, c**	Atenuar as perturbações na drenagem durante a fase de construção. Validar o faseamento do plano (AA1)
Hidrogeologia e Recursos Hídricos Subterrâneos	Potenciais riscos localizados função das condições	**--, t, i**	Potenciais riscos localizados	**-, t, i**	Aferir intercepção com zonas hidrogeológicas relevantes (e fluxos direcionais). Recomendação AA6
Qualidade do Ar	Afetação limitada nas atividades à superfície	**-, t, c**	Sem efeitos significativos identificados	0	Recomendação AA1
Ruído e vibrações	Afetação limitada nas atividades à superfície. Potencial de vibrações	**--, t, c**	Reduzido efeito ou mesmo sem significado, se solução e construção for adequada	**-, p, i**	Analisar impactes e soluções nas zonas mais criticas de obras à superfície. Recomendações AA1, AA4, AA5 e AA6
Factores Biológicos e Ecológicos	Se não houver intercepção de águas subterrâneas a perturbação é reduzida	**- ou 0, t, i**	Não é evidente efeitos significativos diretos na zona terrestre. Alteração localizada nas proximidades das descargas	0	Recomendação AA1
Paisagem	Impacte reduzido na paisagem, especial atenção em zonas localizadas e estaleiros	**-, t, c**	Impacte reduzido na paisagem já que utilizam a morfologia do terreno. Evita-se efeitos disruptivos	0	Recomendações AA1 e AA2
Património Arqueológico e Arquitectónico	Aferir se zonas localizadas interceptam património	**--, t, i**	Reduzido efeito ou mesmo sem significado, se solução e construção for adequada	0	Recomendações AA1, AA4, AA5 e AA6
Solos e Ocupação do Solo	Ocupação localizada em zonas de acesso à obra, estaleiros e valas ...	**---, t, c**	Melhoria do uso do solo nas zonas beneficiadas	+++, p, c	Recomendações AA1, AA4, AA5 e AA6
Serviço das Infra estruturas no subsolo	Instabilidade em zonas localizadas em que as soluções se aproximam. Por exemplo Santa Marta, Intendente, Stª Apolónia, Zona Chelas, Parque das Nações e outras zonas	**0 a ---, t, i**	Melhora a sistema de drenagem	++, p, c	Recomendações AA1, AA4, AA5 e AA6. Assegurar como é usual que a sua operação continua de forma adequada (Recomendações AA8)
Edificação	Instabilidade em zonas localizadas em que as soluções se aproximam	**0 a ---, t, i**	Melhora nas zonas beneficiadas	++, p, c	Recomendações AA1, AA4, AA5, AA6 e AA8
Atividades económicas	Perturbações nas atividades	**0 a ---, t, i**	Melhora nas zonas beneficiadas	++, p, c	Recomendações AA1, AA4, AA5, AA6 e AA8
Trânsito	Perturbações nas atividades nas diferentes zonas em que as obras terão reflexo à superfície	**0 a ---, t, i**	Melhora nas zonas beneficiadas	++, p, c	Recomendação AA1
Aspetos sociais	Perturbações nas atividades nas diferentes zonas em que as obras terão reflexo à superfície	**0 a ---, t, i**	Melhora nas zonas beneficiadas	++, p, c	Recomendação AA1
Riscos Ambientais	Riscos de acidente e derrames durante a fase de obra	**0 a ---, t, i**	Reduz os riscos de inundação de forma significativa	+++, p, c	Recomendação AA1. Tal como previsto assegurar sistema de gestão da drenagem e risco (AA9)
Planeamento e Figuras de Ordenamento	Efeitos reduzidos	**0**	Assegura a redução de zonas de risco potenciando usos	+++, p, c	Assegurar na atualização dos planos as zonas de risco e intervenções propostas (Recomendação AA10)

Lacunas de conhecimento ou informação

O plano efetuou um trabalho significativo ao nível global, reduzindo as lacunas de informação. Como é usual quanto mais precisa e atual for a informação, mais rigorosa e adequada pode ser a decisão e o desenvolvimento do projeto. Apesar de existirem vários estudos sobre a situação da geologia e hidrogeologia de Lisboa (e algumas infraestruturas no subsolo), a intervenção no subsolo exige sempre um grau de especificação e informação que importa ser desenvolvido para a fase de projeto, de modo a assegurar as boas condições de implementação, como referenciado nas recomendações AA1 a AA6. A evolução potencial das alterações climáticas, foi já considerada ao nível de plano, sendo que a sua especificação ao nível de projeto e modos de gestão são essenciais, em termos de conhecimento e internalização (Recomendação AA1).

11.4.5 Participação dos agentes envolvidos

No desenvolvimento da proposta do plano de drenagem esteve, também, incluído um processo de auscultação individual às principais entidades relevantes, tendo em vista contribuir para definir a solução a adotar ou identificar aspetos específicos a considerar no âmbito do plano. Este envolvimento foi centrado nos responsáveis do município e entidades técnicas e científicas que permitam aferir e suportar as decisões do plano, e na divulgação ao público.

No sentido de obter contributos e aferir a estratégia de desenvolvimento da proposta do Plano de Drenagem, foi realizado, em 12 de maio de 2015, um *workshop*. Assim, para além dos serviços do município de Lisboa (CML – Departamento de Urbanismo e Departamento de Saneamento (DMPO); Vereação de Ambiente e Energia (Dr. Sá Fernandes), Urbanismo e Vice Presidência (Arq.º Manuel Salgado) e Presidência (Dr. Fernando Medina) participaram e foram envolvidas, entre outras, as seguintes entidades:

- APL;
- Carris;
- EDP;
- EPAL [08/06/2015];
- Gabinete Arquiteto Valsassina;
- HERRENKNECHT;
- Lisboagás;
- LNEC;
- Metro de Lisboa;
- ONI – Telecomunicações;
- REFER;
- ROBBINS;
- SIMTEJO/AdLVT.

Os principais pontos abordados com estas entidades para os quais se pretendeu obter os contributos são apresentados no Quadro 11.6.

Quadro 11.6 - Entidade contactada e assunto abordado no âmbito do desenvolvimento do plano de drenagem

Entidade	Assunto abordado
APL	Intervenções existentes e propor na área de intervenção e de jurisdição da APL
Carris	Traçado dos circuitos promovidos pela Carris na zona das soluções a propor
EDP	Infraestruturas elétricas no subsolo (e superfície em pontos localizados) na zona das intervenções
EPAL	Infraestruturas de água no subsolo (e superfície em pontos localizados) na zona das intervenções
Gabinete Arquiteto Valsassina	Informação relativa à construção do Hospital em Alcântara
HERRENKNECHT	Fabricantes de equipamentos para construção de túneis
Lisboagás	Redes de gás no subsolo da cidade (e à superfície em pontos localizados) na zona das intervenções
LNEC	Pedido de informação sobre caneiro Alcântara
Metro de Lisboa	Localização da rede de metro, estações, infraestruturas na zona das intervenções
ONI – Telecomunicações	Localização da rede de telecomunicações no subsolo (e superfície em pontos localizados) na zona das intervenções
REFER	Infraestruturas e serviços no subsolo (e superfície em pontos localizados) na zona das intervenções
ROBBINS	Fabricantes de equipamentos para construção de túneis
SIMTEJO/AdLVT	Infraestruturas de drenagem e tratamento das águas residuais na zona alta do plano

O *workshop*, para apresentação e discussão do Plano, contou, para além das entidades anteriores, com outros especialistas nacionais e internacionais (Prof. Francisco Nunes Correia, Eng.ª Dulce Pássaro, Doutor Jaime Melo Baptista, Prof.ª Conceição Cunha e Dr. Angel Villanueva, entre outros), bem como associações do setor (APRH e APESB), permitindo assim obter contributos e diferentes perspetivas. No decorrer das sessões foram clarificadas questões abordadas e, sempre que adequado e relevante, foram integradas as sugestões nas análises e propostas do plano.

A problemática da drenagem e riscos de inundação foi apresentado em 13 de julho aos meios de comunicação social, tendo em vista iniciar a divulgação das propostas junto do público no geral. Foi também disponibilizado um vídeo explicativo da abordagem do plano em linguagem acessível com a duração de oito minutos.

A proposta de plano foi apresentada em sessão de Câmara Municipal no dia 15 julho de 2015, tendo sido explicadas e discutidas as propostas do plano, bem como clarificadas as questões levantadas. A proposta de plano foi aprovada na sessão.

A 9 de novembro 2015, após o términus da consulta pública, foi realizado um segundo *workshop* com participação das entidades anteriormente referidas, nomeadamente a APRH,

APESB, APDA, e diversos especialistas nacionais e internacionais, incidindo na solução recomendada.

11.4.6 Conclusões e recomendações para desenvolvimentos futuros

Em síntese, o Plano Geral de Drenagem de Lisboa 2016-2030 desenvolve uma estratégia que se insere na estratégia ambiental internacional, ao atender ao potencial risco do aumento de inundações em zonas urbanas e ao controlo e gestão de riscos como instrumento de desenvolvimento sustentável.

A nível nacional, enquadra-se também nas estratégias ambientais, ao dar resposta aos problemas de drenagem/risco de inundação e das alterações climáticas, em sede de ordenamento do território. Assegura uma abordagem de prevenção, proteção contra riscos de cheias e inundações, apostando numa melhor gestão dos riscos naturais em meio urbano.

A nível municipal, o PDM já identificava zonas com os diferentes tipos de riscos. É de destacar que as zonas de elevada vulnerabilidade às inundações são objeto de intervenção na proposta deste plano.

A estratégia do plano assenta em reduzir os caudais afluentes (por desvio) às bacias a jusante, por exemplo à zona da baixa de Lisboa, Alcântara, Chelas / Xabregas e outras áreas, complementadas por intervenções específicas, reduzindo assim a pressão sobre as zonas baixas, o que se enquadra nas estratégias recomendadas.

O Plano apresentado teve em consideração vários aspetos ambientais, quer a nível estratégico, quer a nível dos impactes, tendo sido selecionada a solução mais interessante em vários fatores ambientais.

A solução proposta no Plano de Drenagem apresenta de forma contrastante aspetos ambientais positivos, tais como a menor ocupação do solo e menores perturbações à superfície. Apresenta-se também, com os dados disponíveis, como tendo menores custos no ciclo de vida.

Decorrente de análise ambiental de impactes preliminares, foram sugeridas um conjunto de recomendações a incluir no projeto, nomeadamente em termos de adoção de medidas ambientais, destacando as zonas específicas em que esta análise deve ser mais detalhada.

Em termos de desenvolvimentos futuros, importa referenciar que, em fase de projeto, deve ser assegurada a análise dos impactes e a sua avaliação, por parte do projetista, através da elaboração de um estudo específico (por exemplo estudo de incidências ambientais). Este estudo deve detalhar os impactes nas diferentes zonas, bem como as formas de atenuar as perturbações na fase de construção, e assegurar o bom funcionamento e gestão das infraestruturas na fase de operação.

No processo de elaboração da proposta do plano de drenagem incluiu-se a auscultação individual às principais entidades relevantes, tendo em vista contribuir para a abordagem e solução a adotar, bem como evoluir em termos de aspetos específicos a considerar no plano.

O desenvolvimento do plano contou com o envolvimento de responsáveis do município, entidades técnicas e peritos. Foi também efetuada uma ação de informação sumária ao público, através dos meios de comunicação social das propostas do plano, e implementada a consulta pública, iniciada em julho e que terminou em 30 de Setembro de 2015.

11.5 Estimativa de benefícios associados à implementação do Plano

11.5.1 Aspetos gerais

O Plano Geral de Drenagem de Lisboa pretende contribuir para dar resposta aos desafios atuais e futuros da drenagem da cidade, com prioridade para a proteção de pessoas e bens, num quadro de sustentabilidade económica, social e ambiental.

Nesse sentido a sua implementação irá contribuir para atenuar os riscos de inundações e prejuízos decorrentes de precipitação, bem como para assegurar o bom funcionamento do espaço urbano, reduzindo os riscos de efeitos negativos daqueles eventos.

As propostas do plano vão contribuir para atenuar esses prejuízos a diferentes níveis, contribuindo para criar valor pelos seguintes efeitos:

1. Redução da probabilidade de danos nas infraestruturas de drenagem;
2. Redução de danos nas infraestruturas do subsolo;
3. Redução da probabilidade de espaços públicos;
4. Redução da probabilidade de danos nos ecossistemas / zonas verdes;
5. Redução da probabilidade de afetar bens privados;
6. Redução da perturbação das atividades sociais;
7. Redução das alterações e restrições de mobilidade;
8. Redução da perturbação de atividades económicas (não turísticas);
9. Redução da perturbação de atividades do turismo;
10. Redução de custos acrescidos de seguros;
11. Redução de feridos e danos mortais decorrentes das inundações;
12. Redução de danos da imagem do município.

A determinação dos benefícios decorrentes pode ser efetuada por várias metodologias, sendo entre as mais correntes a avaliação através da "redução dos danos" ou a "disponibilidade para pagar" (designada na literatura anglo saxónica como "*willingness to pay*").

Nesse sentido, referenciam-se seguidamente estimativas dos benefícios decorrentes da aplicação dessas duas abordagens, para o caso do Plano, no pressuposto que os benefícios serão assegurados pelo menos durante o período de funcionamento das infraestruturas, que variarão entre 40 e 100 anos. Foi escolhido para a estimativa o valor mais reduzido ou conservador, isto é, a análise é desenvolvida para um período de 40 anos.

De referir que a análise tem um caráter muito simples destinando-se, apenas, a aferir de forma muito sumária a ordem de grandeza dos benefícios associados às intervenções previstas.

11.5.2 Potencial valor decorrente da redução de danos

Cheias

No estudo realizado por Oliveira (2005), é possível verificar o número de inundações principais ao longo de um período alargado de tempo (cerca de 80 anos em estudo), 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, para a situação atual.

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.

No período mais recente, ganham relevo as inundações registadas, nem sempre no mesmo local, em 17 de dezembro de 2007, 18 de fevereiro de 2008, 03 de janeiro e 29 de outubro de 2010, 24 de abril de 2011, 17 de janeiro, 22 de setembro, 13 de Outubro e 27 de novembro de 2014 e 26 de outubro de 2015.

Dividindo o período de 1918/19-1997/87 em três subperíodos: I) de 918/19 a 1934/35, II) de 1935/6 a 1969/70 e III) de 1970/71 a 1997/98, verificou-se que nos períodos I e III ocorreram, em média, 3 registos de inundações por ano, quando no período II a frequência foi mais elevada (média de 8 inundações por ano). Deste modo, neste período de 80 anos tiveram lugar 415 eventos de inundações, ou seja em média cerca de 5 por ano.

No período de análise de 40 anos considera-se, a título exemplificativo, que o sistema, face ao período de retorno considerado, vai contribuir para reduzir os efeitos das cheias e que o número de eventos de cheias se reduz significativamente, conservativamente para metade daqueles, ou seja, se evitam cerca de 100 eventos nesse período. Como os eventos não se dão simultaneamente em todos os locais, admite-se que cada um destes 100 eventos tem impactos em 10% da área referida no Quadro 11.7. Assume-se que 20% dos eventos provocam impactos de elevada magnitude, 30% de dimensão intermédia e 50% de menor magnitude.

Zonas com riscos de inundação

Na Figura 11.7 apresentam-se as zonas da cidade de Lisboa, com ocorrência de maior número de eventos de inundação.

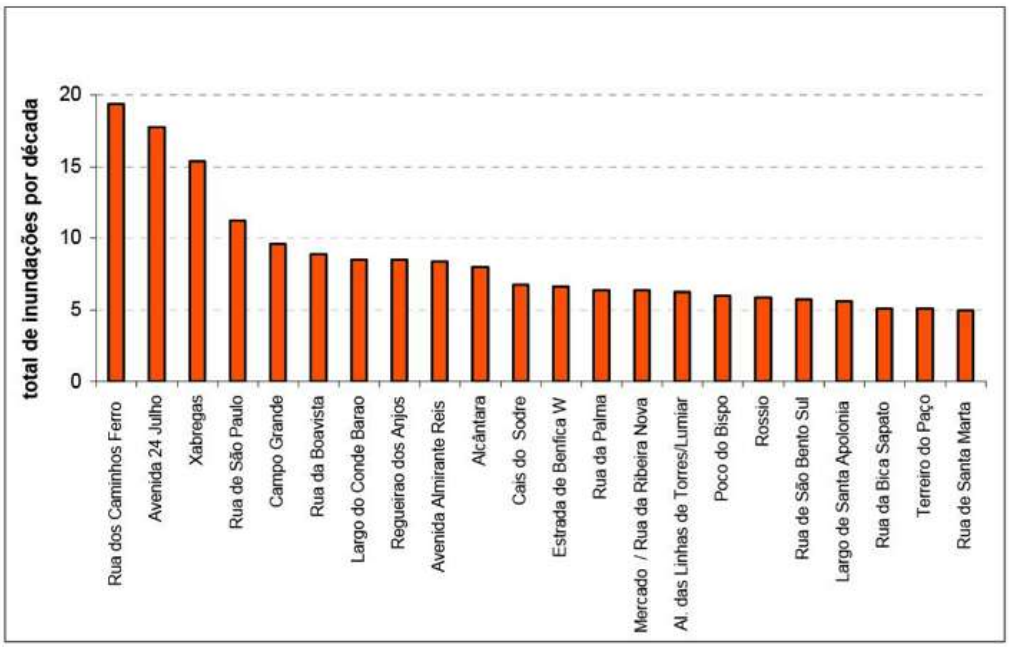


Figura 11.7 - Distribuição das zonas onde se verificam registos de inundações na cidade de Lisboa. (Oliveira, 2005)

Considerando a lista de zonas com tendência a inundações mais frequentes e o levantamento de notícias mais recentes, foi possível identificar as zonas que atualmente apresentam maiores riscos de inundação, conforme Figura 11.8 e Figura 11.9.

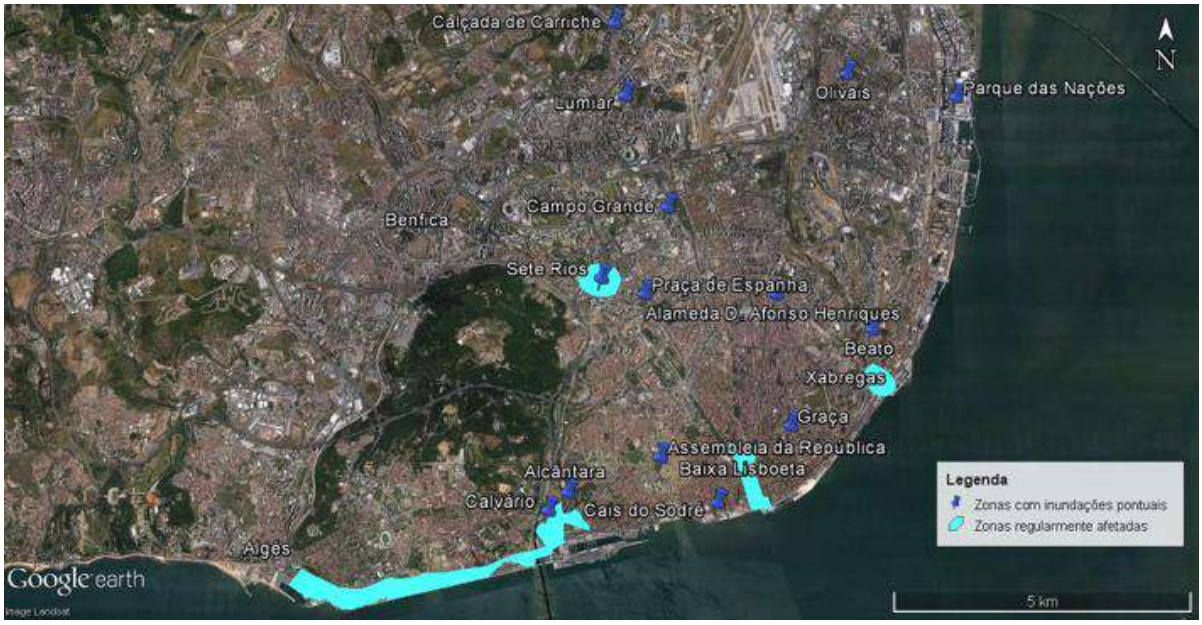


Figura 11.8 - Distribuição de zonas onde se verificam registos significativos de inundações, na cidade de Lisboa

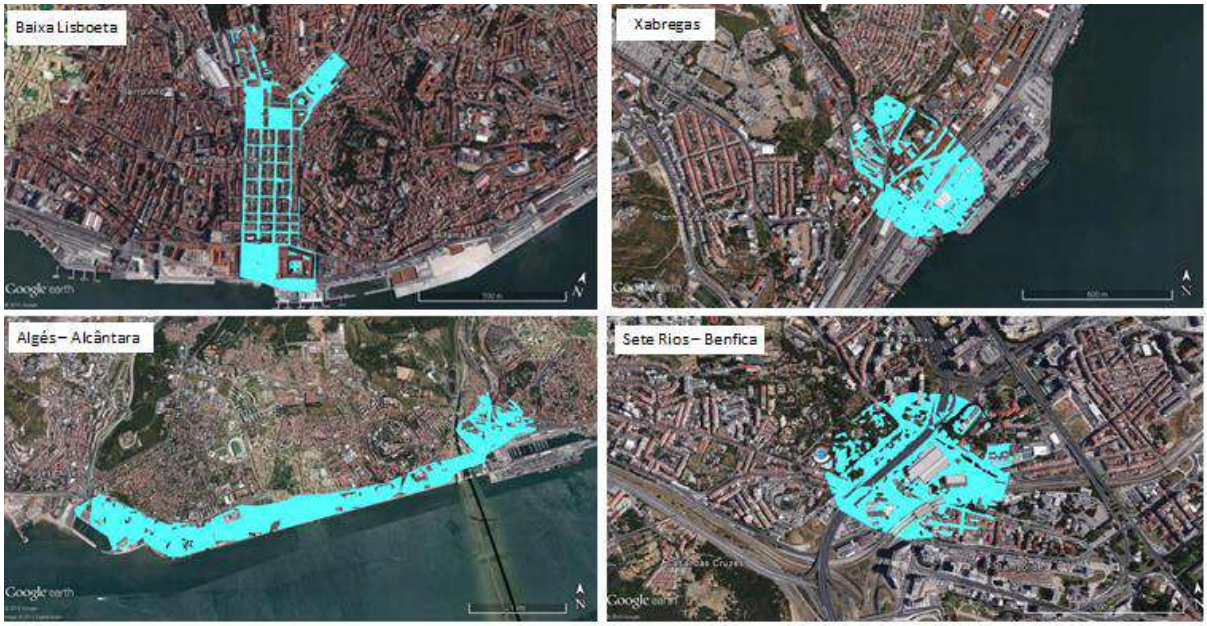


Figura 11.9 - Áreas com especial risco de inundação

Estas zonas, bem como outras zonas pontuais, cobrem uma área de cerca de 280 ha, repartidas por diferentes zonas (Quadro 11.7).

Quadro 11.7 - Áreas estimadas, sujeitas a maiores riscos de inundação

Zona	Área (ha)
Baixa	35,0
Xabregas	21,8
Algés - Alcântara	175,6
Benfica	33,6
Outras zonas	14,0

Estimativa de potencial redução de danos

Uma análise de potenciais danos revela que variam nas zonas mais atingidas entre 2,20 e 50 €/m^2, (Begum et al. 2007 e Alphen et al. 2009), sendo esses os valores considerados para o caso em que as cheias são de menor dimensão (2 €/m^2), média dimensão (20 €/m^2) e grande dimensão (50 €/m^2), respetivamente.

Neste caso e conforme hipóteses anteriores, para um período de análise de 40 anos, a custos constantes e sem atualização, o potencial de redução de danos é da ordem de 476 milhões de euros. Um exercício mais conservativo, em que se considera que se reduzem 200 eventos de inundação nesse período de análise resultará na duplicação dos benefícios calculados.

Considera-se que os valores anteriormente referidos são conservativos, dadas as hipóteses estabelecidas.

11.5.3 Análise simplificada dos valores da disponibilidade para pagar

A disponibilidade para pagar varia em função do tipo de agentes envolvidos e 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 (identificados como "trabalhadores") e os turistas.

Para determinar o potencial valor de disponibilidade para pagar, efetuaram-se inquéritos exploratórios. Estes valores são mais reduzidos para os munícipes (o que se justifica pelo hábito e adaptação a essa situação), são superiores aos que vêm trabalhar na cidade, já que afetam o seu rendimento, e ainda superiores, para os turistas que veem o seu dia perturbado e tornam difícil a realização de atividades previstas. No Quadro 11.8 apresenta-se, então, o número de cidadãos potencialmente afetados pelos eventos de inundação.

Quadro 11.8 - Cidadãos potencialmente afetados pelo evento de inundação

Agentes envolvidos	Nº	Fonte
Cidadãos munícipes de Lisboa	**547 733**	Censos 2011
Trabalhadores que entram na cidade	425 747	Censos 2011
Trabalhadores que saem da cidade	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 nesses inquéritos exploratórios, obtiveram-se valores de 4 cêntimos, por dia, para os munícipes (14,6 € por ano), de 6 cêntimos para os trabalhadores residentes no exterior e de 20 cêntimos por dia, para o caso dos turistas. O valor acumulado no período de análise de 40 anos atinge, com este tipo de abordagem, 575 Milhões de Euros.

Acresce que, face aos cenários das alterações climáticas e de natural aumento de ocupação do território, os riscos de inundação terão tendência a agravar-se, no futuro.

Conforme os exercícios desenvolvidos, os benefícios serão superiores em mais de três vezes ao custo previsto com a solução proposta no plano, pelo que se pode afirmar, com base neste racional, que os benefícios são claramente superiores aos custos de investimento e exploração do sistema, assumindo que os encargos de exploração serão até eventualmente maiores na situação de manutenção do sistema existente, com infraestruturas não reabilitadas, do que na solução proposta, com novas infraestruturas.

11.5.4 Aspetos conclusivos

Em síntese, de acordo com o exercício efetuado, bastante simplista, os valores estimados em benefícios ultrapassam os custos decorrentes da implementação da solução do plano de drenagem, revelando a importância e necessidade de levar a cabo um projeto desta dimensão. Acresce que os benefícios foram calculados para um período de análise de 40 anos, o que constitui uma hipótese conservativa, face à maior duração de vida útil de muitas infraestruturas que agora se vão construir no âmbito do Plano.

12 AÇÕES E INTERVENÇÕES DA SOLUÇÃO RECOMENDADA

12.1 Túneis

12.1.1 Sistema de Alcântara

No sistema de Alcântara, recomenda-se a construção do túnel Monsanto-Santa Marta-Santa Apolónia, cujo traçado em planta se apresenta na Figura 12.1.

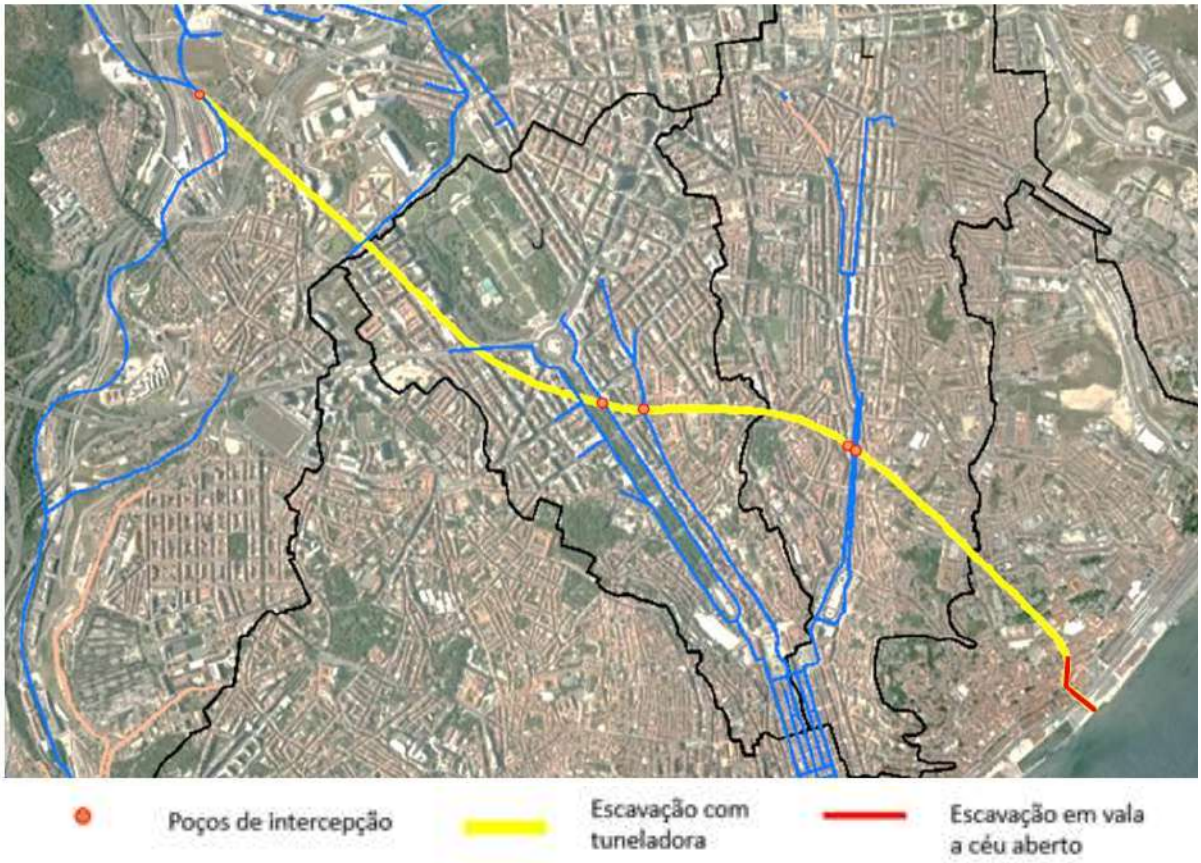


Figura 12.1 – Traçado do túnel de drenagem Monsanto/Stª Marta/Stª Apolónia

Este túnel, de diâmetro mínimo de DN 5500 (com construção de banqueta interior), tem início na Quinta José Pinto, de forma a intercetar o Caneiro de Alcântara num troço imediatamente a jusante da confluência dos dois ramos, na zona de Campolide, desenvolvendo-se numa extensão de aproximadamente 5000 m até a zona de St.ª Apolónia, onde descarrega os caudais intercetados para o rio Tejo. O troço final, de cerca de 200 m de extensão, será executado a céu aberto.

Prevê-se a construção de diversos poços de interceção dos principais coletores atravessados pelo túnel. Estes poços são obras de alguma complexidade que devem, por um lado, permitir um queda controlada dos caudais intercetados para o interior do túnel, minimizando a entrada de ar no escoamento e, por outro, permitir o acesso de homens e máquinas ao túnel,

de modo a possibilitar manobras periódicas de manutenção. Para além da complexidade associada, tratam-se também de obras com grande impacte social e de difícil execução, por estarem localizadas em meio urbano onde o espaço disponível é escasso e devido à presença de infraestruturas (tais como os túneis do metro, nomeadamente na zona da Av. Almirante Reis e em Stª Apolónia).

Relativamente ao poço na zona de Stª Marta, prevê-se a possibilidade da construção de descarregadores nos dois coletores principais da Av. da Liberdade, para desviar os caudais pluviais até ao túnel. Os caudais intercetados na margem direita da Av. da Liberdade serão desviados aproveitando um coletor existente e que atravessa o túnel do metro, estando implantado por baixo deste. Deverá ser feita a ligação desse coletor, que receberá também os caudais pluviais da margem esquerda da Av. da Liberdade, até ao poço de Stª Marta. Apresenta-se na Figura 12.2 um esquema dessa ligação.

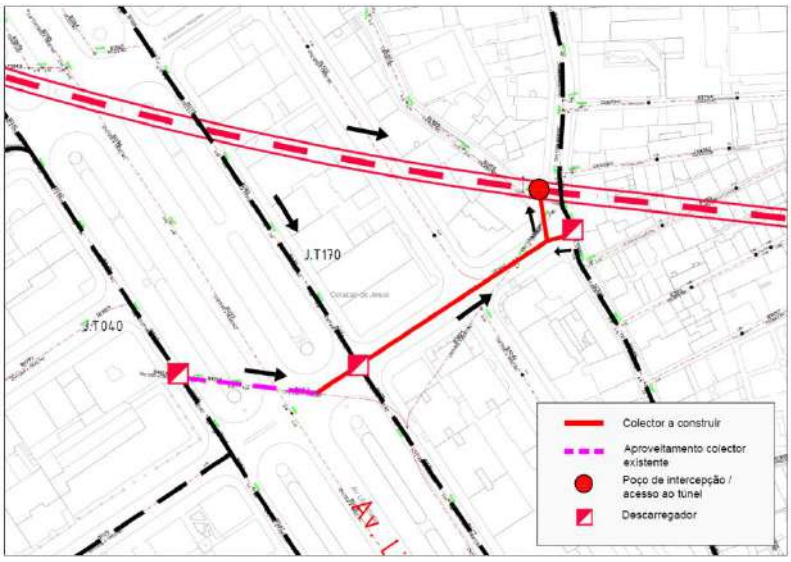


Figura 12.2 – Representação esquemática da interceção dos caudais dos coletores da Av. Liberdade e R. Stª Marta

Na zona da Av. Almirante Reis, serão intercetados os dois coletores localizados em ambos os lados do túnel do metro. No coletor da margem direita, prevê-se a construção de um poço apenas para a interceção dos caudais e, na margem esquerda, a construção de um poço de maiores dimensões para possibilitar o acesso de homens e a entrada de máquinas para manutenção. Na Figura 12.3 apresenta-se um esquema das ligações ao túnel nessa zona.

Dado que os coletores intercetados são unitários, é importante que sejam construídas câmaras de interceção que viabilizem a drenagem para jusante dos caudais de tempo seco, por forma a afluírem aos descarregadores existentes e a serem conduzidos ao sistema intercetor que os transporta para a ETAR de Alcântara.

Na zona de descarga do túnel, em Stª Apolónia, deverá prever-se um alargamento da secção de modo a reduzir as velocidades de escoamento e a limitar as perdas de carga localizadas na transição do túnel para o rio Tejo. Esta redução de velocidades é também importante

dada a proximidade da secção de descarga no rio com o Terminal de Cruzeiros, minimizando inconvenientes para as embarcações. Na Figura 12.4 apresenta-se, em planta, a zona de intervenção para a implantação da descarga do túnel relativamente ao projeto do novo Terminal de Cruzeiros.

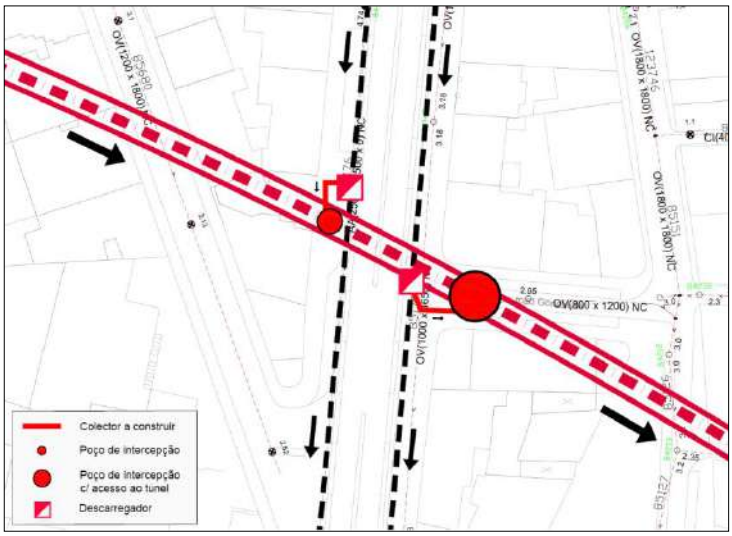


Figura 12.3 - Representação esquemática da interceção dos caudais dos coletores da Av. Almirante Reis

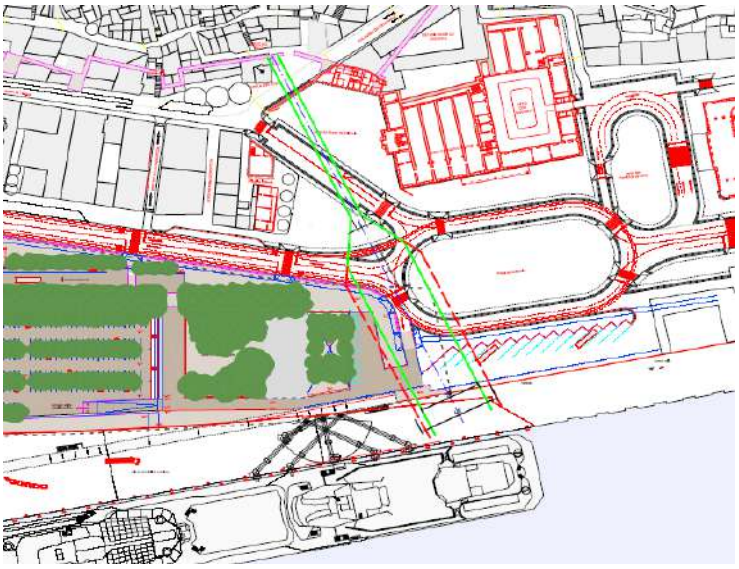


Figura 12.4 - Área de intervenção para implantação da descarga do túnel Monsanto-Stª Marta-Stª Apolónia

Dada a significativa redução altimétrica entre a Rua do Museu da Artilharia e a zona ribeirinha (desde o Museu Militar até ao rio Tejo), e atendendo ainda à presença do metro recomenda-se que, para além do alargamento horizontal da secção, esta sofra também um estreitamento vertical, tendo na saída uma secção com dimensão da ordem de 35m de largura e 2.5m de altura (área útil de 32m x 2.5m). Apresenta-se na Figura 12.5 um esquema da implantação da obra de transição de secção no trecho final do túnel. Na Figura 12.6 encontra-se representada uma pormenorização, em planta e em perfil, dessa transição.

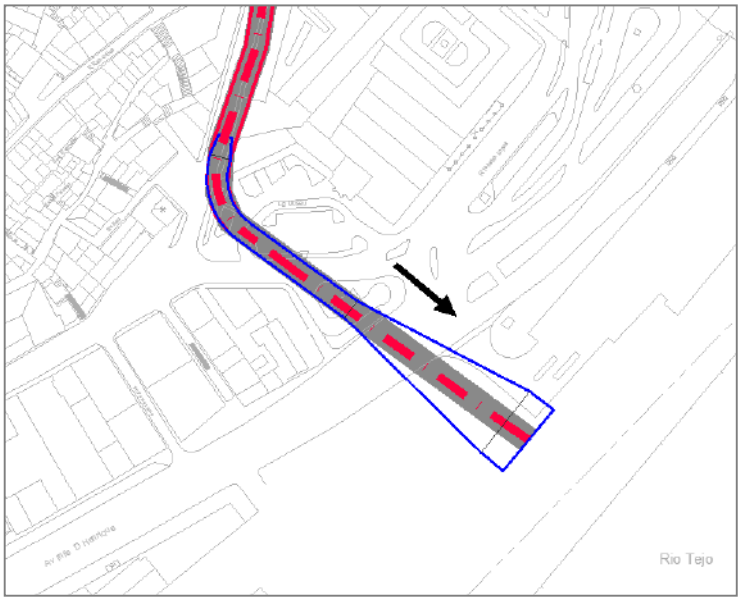


Figura 12.5 - Representação esquemática do alargamento da secção final do túnel Monsanto-Stª Marta-Stª **Apolónia**

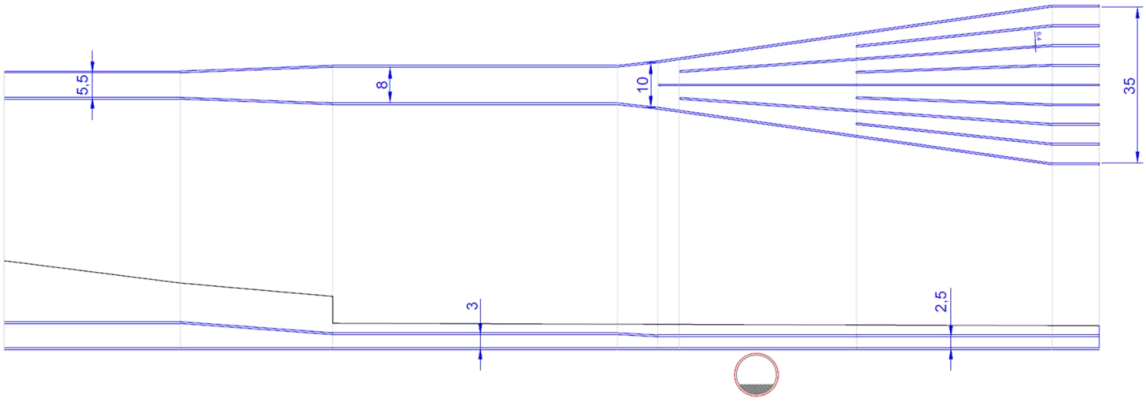


Figura 12.6 - Representação esquemática, em planta e perfil, do alargamento da secção final do túnel Monsanto-Stª Marta-Stª Apolónia

No Quadro 12.1 apresenta-se, para diferentes períodos de retorno, as velocidades do escoamento nas diversas secções de transição do trecho final do túnel, juntamente com as perdas de cargas localizadas na secção de saída.

Quadro 12.1 - Velocidades de escoamento no trecho final do túnel e perda de carga localizada na descarga, em função do tempo de retorno

ID	Secção	Dimensões	velocidade de escoamento [m/s]				Perda de carga na descarga [m]			
			T = 10 anos	T = 20 anos	T = 50 anos	T = 100 anos	T = 10 anos	T = 20 anos	T = 50 anos	T = 100 anos
01	Circular	DN 5500 mm	5,21	5,81	6,44	6,89	-	-	-	-
02	Retangular	8000 mm x 3000 mm	5,16	5,75	6,37	6,82	-	-	-	-
03	Retangular	35000 mm x 2500 mm	1,55	1,73	1,91	2,05	0,12	0,15	0,19	0,21

Tal como se encontra representado na Figura 12.7 , a zona do cais do Terminal de Cruzeiros em Stª 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 rápida diminuição das velocidades à saída estimando-se, desta forma, que uma eventual perturbação com a atividade no Terminal de Cruzeiros seja muito limitada. Relativamente aos arranjos na superfície, a abertura da vala necessária à execução da obra de alargamento no troço final do túnel encontra-se sobreposta a uma pequena porção da zona de intervenção prevista no projeto de requalificação do Terminal de Cruzeiros, como se pode constatar na Figura 12.7. Devido ao facto da área de sobreposição entre os dois projetos ser pouco significativa, não se prevê que a execução do túnel possa causar alguma perturbação na execução da obra do novo Terminal de Cruzeiros. Aquando da abertura da vala para a construção da obra de descarga do túnel, todo o pavimento e equipamentos retirados serão posteriormente repostos, de acordo com as suas características originais.

Figura 12.7 - **Evolução da configuração da zona do Terminal de Cruzeiros em Stª Apolónia**

12.1.2 Sistema de Chelas

O túnel previsto para este sistema, para desvio de parte do caudal do sistema de Chelas na bacia O, descrito no subcapítulo 10.2.4 e representado na Figura 12.8 (solução C), tem uma extensão de cerca de 1070 m e diâmetro interno de 5,5m.

Na Figura 12.9, apresenta-se o perfil simplificado do túnel Chelas–Beato, incluindo também o troço de montante e o de jusante (troços em vala), com 130 m e 320 m, respetivamente.

Figura 12.8 – Planta do túnel Chelas-Beato proposto, incluindo os troços a montante e jusante

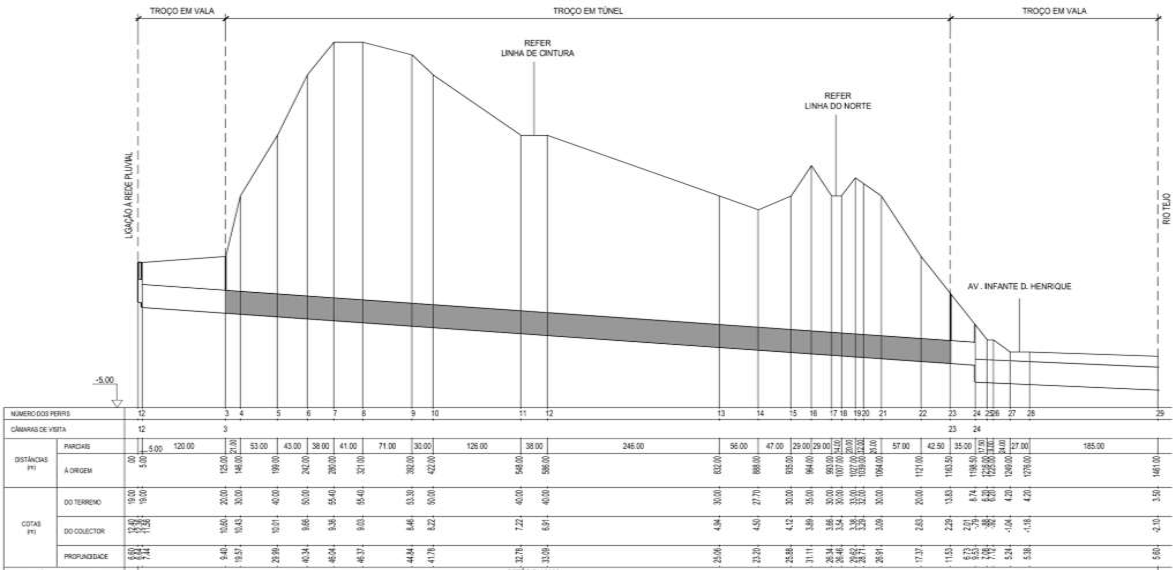


Figura 12.9 – Perfil do túnel Chelas-Beato proposto, incluindo os troços a montante e jusante

Esta solução apresenta duas questões críticas principais: a travessia do Porto de Lisboa com abertura de vala, a travessia da Av. Infante dom Henrique onde eventualmente será necessário o desvio de duas condutas de maior diâmetro da EPAL (DN1000 e DN 600 da Zona Baixa).

A eventual interferência com as condutas da EPAL poderá ser resolvida em última instância pelo desvio das condutas, utilizando-se procedimentos de conceção e processos construtivos

usualmente utilizados neste tipo de situação, em que se minimizam de forma muito expressiva os tempos de paragem do sistema.

A interferência com a área portuária gerida pela APL é a que se revela como mais problemática, já que interfere com o Terminal Multiusos do Porto de Lisboa (que por uma questão de simplicidade de escrita se passa a designar pela sigla TMPB).

Na zona do TMPB que temporariamente vai ser afetada pela construção do troço final de ligação ao rio Tejo, operam em regime de concessão duas empresas, a saber, SILOPOR-Empresa de Silos Portuários S.A. e o Grupo E.T.E.. Qualquer uma destas empresas representa um interesse económico importante para a economia regional e mesmo nacional, já que a sua operação garante trocas comerciais relevantes com o exterior, sendo um veículo de exportação de diversos produtos nacionais. Torna-se assim imprescindível compatibilizar em fase de construção a implementação da solução de desvio de caudais, que nesta extensão se prevê ser construída em vala, com uma secção retangular de 2,8m x 8m. Através da consulta da Figura 12.10 pode-se ter a perceção das interferências que a solução de desvio de caudais implica na zona do TMPB.

Figura 12.10 - Interferência da solução de desvio com o TMPB

Relativamente à área operada pela SILOPOR as interferências prendem-se com as acessibilidades, já que o troço a executar em vala irá implicar restrições de tráfego na Rua de Cintura do Porto, assim como no ramal rodoviário de acesso às instalações.

No caso da área operada pelo Grupo E.P.E., para além das restrições de acesso rodoviário apontadas para a SILOPOR, as interferências também se centram na zona de operação, já que a vala atravessa as instalações, sendo a situação mais relevante a manutenção da operacionalidade das gruas móveis de 250ton que operam junto à linha do cais.

Em reunião havida com técnicos da APL pôde-se constatar que existem condições de implementação da solução prevista no presente plano, com restrições sem dúvida, mas compatibilizável com a operação das duas empresas. Assim, a construção da secção hidráulica já referenciada, deverá ser feita adotando, de entre outros a aferir em fases subsequentes dos estudos, alguns dos procedimentos abaixo indicados:

- Utilização sempre que viável de procedimentos construtivos que evitem constrangimentos à superfície.
- Sempre que tal se torne inviável, construção através de troços de pequena extensão, com abertura e fecho de vala, que minimizem os tempos de restrição à superfície.
- Tomada de medidas alternativas que garantam a operacionalidade, como seja a eventual deslocação da portaria e báscula de acesso à SILOPOR para local alternativo.
- Instalação de estrutura de suporte pré-fabricada, que garanta a operacionalidade das Gruas operadas pelo Grupo E.T.E. na fase de construção da estrutura de descarga no rio.

12.2 Bacias de amortecimento

12.2.1 Bacia D

Prevê-se a construção de uma bacia de infiltração/retenção a céu aberto junto ao Instituto Superior de Ciências Sociais e Políticas (Figura 12.11), no limite do parque de Monsanto, destinada a amortecer os caudais de ponta pluviais. Sugere-se que a bacia de infiltração/retenção a céu aberto apresente um volume não inferior a 1200 a 1500 m^3, o que permitirá reduzir o caudal pluvial que precipita em Monsanto e que é atualmente drenado para o sistema existente.

Figura 12.11 - Representação em planta da localização da bacia de infiltração/retenção (a amarelo)

12.2.2 Bacia O

Existe uma bacia de retenção na Alta de Lisboa. No entanto, esta apresenta algumas deficiências para funcionar como bacia a céu aberto por não dispor de dispositivo de controlo

de caudal efluente e haver incidentes de afluências de efluentes domésticos provenientes de sistemas pseudo-separativos. Assim, pretende-se mobilizar todo o volume possível desta bacia já construída para amortecimento de caudal para jusante, nomeadamente da Alameda das Linhas de Torres e do Campo Grande e resolver a causa das afluências indevidas de efluentes domésticos.

Analisando o modelo dinâmico e considerando o acréscimo de precipitação admitido para as alterações climáticas de 5% e um aumento no coeficiente de escoamento de 10% da rede principal, conclui-se que todo o eixo principal da bacia de drenagem entrará em carga. Recomenda-se a reserva de áreas para uma eventual construção de um reservatório/bacia de amortecimento de caudal numa zona sem árvores no Parque da Quinta das Conchas ou na Alameda das Linhas de Torres, caso se venha a verificar os agravamentos atrás referidos e se venha a confirmar a falta de capacidade de transporte a jusante, após o levantamento de cadastro, uma vez que se considera ser uma solução mais adequada do que propor o aumento de capacidade de escoamento de todos os troços a jusante.

12.2.3 Bacia Q

No âmbito do presente Plano não se preveem bacias de amortecimento nesta bacia de drenagem. Contudo, como salvaguarda para caso se venha a verificar uma maior ocupação da bacia e taxas de impermeabilização da bacia superiores às que foram consideradas, ou que os efeitos das alterações climáticas sejam mais severos do que o admitido, levando à ocorrência de inundações na zona da Gare do Oriente, recomenda-se a reserva do espaço livre existente na rotunda Baden-Powell, localizada na Av. de Berlim um pouco a montante da Av. Infante Dom Henrique para a possibilidade futura de construção de um reservatório de amortecimento.

12.2.4 Bacia S

A bacia de retenção proposta interceta o curso da linha de água, na Ameixoeira, numa zona de terreno livre. Apesar de acumular a função de regularização de caudal, a sua principal função é fazer a retenção de pedras, areias e outros detritos, evitando a entrada e deposição no troço canalizado a jusante. Atualmente, este troço canalizado apresenta um défice de capacidade hidráulica, que, aquando de chuvadas mais violentas, leva à formação de um intenso escoamento superficial, arrastando consigo numerosas pedras e areias para a faixa de rodagem da Calçada de Carriche.

Esta bacia de retenção, cuja implementação se encontra em curso, deve ser construída utilizando gabiões e colchões Reno, resultando numa intervenção relativamente simples, pouco onerosa e com uma boa integração paisagística.

Figura 12.12 - Representação em planta da localização da bacia de infiltração/retenção da Ameixoeira (a amarelo)

12.3 Reforço e reabilitação de coletores e sistemas elevatórios

12.3.1 Bacia D

A existência de problemas estruturais associados ao mau estado de conservação do sistema pode motivar a substituição ou a reabilitação de troços de coletores que poderão estar em risco de abatimento. A substituição ou a reabilitação da rede de drenagem, deverá ser antecipada por uma inspeção cuidada, nomeadamente por CCTV, para aferir a necessidade de reabilitação e qual a tecnologia mais adequada para o efeito.

Na bacia D prevê-se a substituição do troço D.T120 e a reabilitação dos troços D.T080, K.T090, K.T310, K.T320, K.T350 e K.T400 (faz-se a distinção entre troços a substituir e troços a reabilitar já que alguns destes se encontram sob edifícios, pelo que a sua substituição será bastante difícil, propondo-se como alternativa a reabilitação). Existem ainda alguns troços que também se encontram assoreados (e.g., os troços K.T310, K.T320, K.T330 e K.T350). Nestes casos, na eventualidade da sua substituição não suceder a curto prazo, deve-se proceder ao seu desassoreamento. Na Figura 12.13, apresenta-se uma planta de enquadramento das redes a substituir e a reabilitar na bacia D.

Figura 12.13 - Planta de enquadramento da rede a substituir (a amarelo) e da rede a reabilitar (a vermelho) na bacia D

No Quadro 12.2 apresentam-se, sumariamente, as principais características dos coletores propostos para a Bacia D.

Quadro 12.2 - Características dos coletores a intervir ou propor na Bacia D.

Localização	Custo (€)	Troço	Tipo de escoamento	Dimensão (mm)	L (m)
Calçada da Boa-Hora	197 964	D.T120	Unitário	1 000	188
Calçada da Boa-Hora/Rua Artur Lamas	857 220	D.T080	Pluvial	2 500	314
Calçada da Boa-Hora	141 960	D.T090	Pluvial	2 000	56
Travessa da Guarda	136 890	D.T150	Pluvial	600	156
Sob o Instituto Naval e de Guerra	390 390	K.T310, K.T320	Pluvial	2 500	143
Sob a Cordoaria Nacional	202 020	K.T330	Pluvial	2 500	74
Sob o Instituto Naval e de Guerra	449 280	K.T350	Pluvial	2 700	144
Sob o centro de congressos	532 350	K.T400	Pluvial	2 000	210

12.3.2 Bacia E

Tendo como base os resultados da modelação da rede concetual, bem como informação recolhida junto de técnicos associados ao funcionamento do sistema, propõe-se a substituição dos troços E.T740, E.T770, E.T820, E.T830, E.T1050, E.T1060, E.T1060, E.T1070, E.T1190, E.T1490, E.T1530, E.T1540, E.T1550, E.T1560, E.T1570, E.T1580, E.T1600, E.T1610, K.T460, K.T470 e K.T480, que apresentam problemas de índole estrutural e de falta de capacidade hidráulica. Existem ainda alguns troços que se encontram assoreados, como é o caso dos troços K.T470 e K.T480. Nestes casos, na eventualidade da sua substituição não suceder a curto prazo, deve proceder-se ao seu desassoreamento. Nos troços em que não se preconizam intervenções e que estão assoreados, como é o caso do E.T1030, E.T1040, K.T490, K.T500 e K.T505, sugere-se que sejam desassoreados de forma cíclica. Na Figura 12.14 apresenta-se uma planta de localização da rede a substituir nas bacias E e KE.

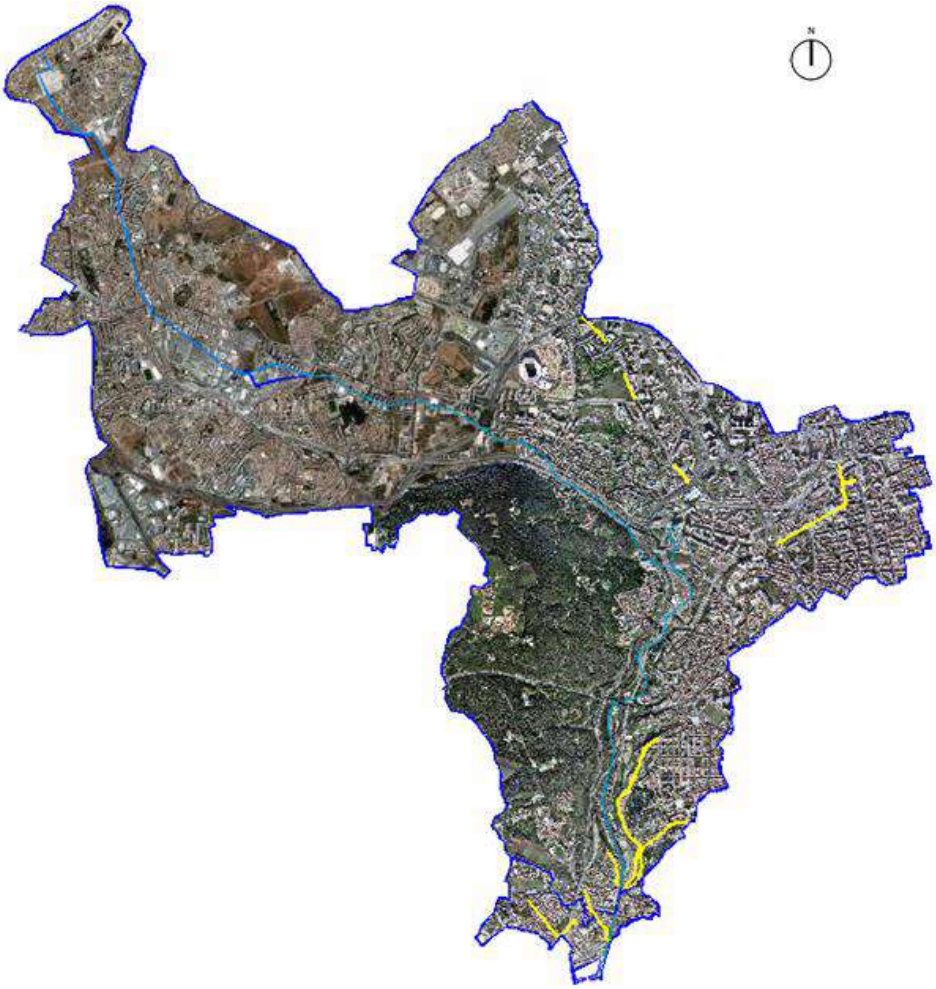


Figura 12.14 - Planta de localização da rede a substituir (a amarelo) na bacia E e KE

No Quadro 12.3 apresentam-se, sumariamente, as principais características dos coletores propostos para a Bacia E.

Quadro 12.3 - Características dos coletores a intervir ou propor na Bacia E.

Localização	Custo (€)	Troço	Tipo de escoamento	Dimensão (mm)	L (m)
Estrada das Laranjeiras	546 000	ET740	Unitário	1 300	350
Estrada das Laranjeiras	1 784 640	ET770, E.T780	Unitário	2 100	880
Estrada das Laranjeiras	524 160	ET820, ET830	Unitário	2 500	240
Av. de Berna (Entrecampos)	1 641 500	ET1050 ET1190 ET1060, ET1070	Unitário Unitário Unitário	1 800 1 900 2 500	200 150 990
R. D. Maria Pia	4 048 200	ET1530	Unitário	1 400	1 730
R. Triste Feia	1 411 332	ET1560, ET1570, ET1580	Unitário	1 200	1 090
Av. de Ceuta	81 120	ET1540	Pluvial	2 000	40
Av. de Ceuta	89 232	ET1550	Pluvial	2 100	40
R. da Cruz	297 648	E.T1490, E.T1495	Unitário	800	360
R. José dias Coelho	336 648	ET1600	Unitário	1 200	260
R. José dias Coelho	46 800	ET1610	Unitário	1 400	30
R. Luís de Camões	2 293 200	K.T460, K.T470	Unitário	1 400	700
R. Luís de Camões	128 700	K.T480	Unitário	1 500	50

No que se refere, concretamente, ao coletor da R. Maria Pia, recomenda-se o desvio dos caudais pluviais gerados na bacia B8 a cotas muito superiores às cotas de funcionamento atual, no cruzamento da Rua Maria Pia com a Trav. da Horta Návia. O novo coletor de desvio pluvial percorre a Trav. da Horta Návia até ao ponto mais largo dessa rua e cruza as vias de caminho-de-ferro e o terreno da REFER de Alcântara-Terra em profundidade, ligando-se a uma câmara de ampliação da "Caixa 9" que dá acesso ao Caneiro de Alcântara (ver Figura 12.15, em que se apresenta a vermelho o novo coletor de desvio e a amarelo o coletor a reabilitar/substituir, caso o inspeção por CCTV confirme ser necessário). Desta forma, conduzem-se os caudais pluviais da bacia 8 diretamente para o Caneiro numa zona mais a montante da atual ligação existente, evitando que estes sejam encaminhados para o Largo General Domingos de Oliveira, zona esta onde o sistema de drenagem é manifestamente insuficiente para lidar com os caudais de ponta combinados das bacias B8 e B8a.

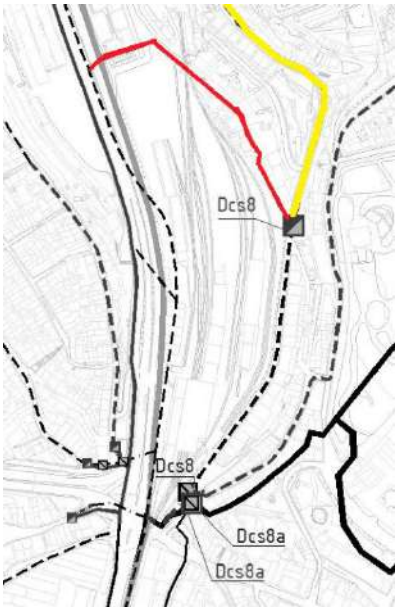


Figura 12.15 – Planta com solução proposta para o coletor da R. Maria Pia

12.3.3 Bacia F

Deverá proceder-se à desobstrução do coletor da Av. Infante Santo, que é intercetado por um coletor não cadastrado e que reduz significativamente a sua secção. Os troços K.T510, K.T520, K.T530, K.T570, K.T570 e K.T580, que se desenvolvem ao longo da Av. Ceuta e da Av. Brasília, encontram-se assoreados com a secção significativamente obstruída, pelo que devem ser limpos de forma cíclica.

No Quadro 12.4 apresentam-se, sumariamente, as principais características dos coletores propostos para a Bacia F.

Quadro 12.4 - Características dos coletores a intervir ou propor na Bacia F.

Localização	Custo (€)	Troço	Tipo de escoamento	Dimensão (mm)	L (m)
Avenida da Brasília	1 683 825	K.T540, K.T550	Pluvial	1 500	785

12.3.4 Bacia G

Os troços da bacia G a substituir são o G.T010, G.T020 e G.T030, que se desenvolvem ao longo da R. S. João da Mata, da Calçada Ribeiro Santos e das Escadinhas da Praia, respetivamente. Na Figura 12.16 apresenta-se uma planta de enquadramento da rede concetual a substituir na bacia G.

Figura 12.16 - Planta de enquadramento da rede concetual a substituir (a amarelo) na bacia G

No Quadro 12.5 apresentam-se, sumariamente, as principais características dos coletores propostos para a Bacia G.

Quadro 12.5 - Características dos coletores a intervir ou propor na Bacia G.

Localização	Custo (€)	Troço	Tipo de escoamento	Dimensão (mm)	L (m)
R.S. João da Mata	489 120	G.T010	Unitário	1 000	387
Calçada Ribeira Santos	111 840	G.T020	Pluvial	1 000	59
Escadinhas da Praia	104 880	G.T030	Pluvial	1 200	54

12.3.5 Bacia H

Os dois troços iniciais da rede concetual, H.T010 e H.T020, devem ser substituídos. O troço H.T010 desenvolve-se ao longo da R. das Amoreiras e o troço H.T020 situa-se no início da R. de S. Bento. Na Figura 12.17 apresenta-se uma planta de enquadramento da rede a substituir na bacia H.

Figura 12.17 - Planta de enquadramento da rede a substituir (a amarelo) na bacia H

No Quadro 12.6 apresentam-se, sumariamente, as principais características dos coletores propostos para a Bacia H.

Quadro 12.6 - Características dos coletores a intervir ou propor na Bacia H.

Localização	Custo (€)	Troço	Tipo de escoamento	Dimensão (mm)	L (m)
R. das Amoreiras	1 347 840	H.T010	Unitário	1 600	720
R. de S. Bento	56 160	H.T020	Unitário	1 600	30

12.3.6 Bacia I

Os troços I.T010, I.T020, I.T040 e I.T050, que se encontram assoreados, desenvolvem-se na R. de S. Paulo, Av. 24 de Julho, Travessa dos Remolares e junto ao Jardim Roque Gameiro, respetivamente. Atendendo ao seu atual estado de assoreamento, deverão ser limpos ciclicamente. Na Figura 12.18 apresenta-se uma planta de enquadramento da rede a desassorear na bacia I.

Figura 12.18 - Planta de enquadramento da rede a desassorear (a magenta) na bacia I

12.3.7 Bacia J

Atendendo à solução recomendada de construção do túnel Monsanto-Santa Marta-Santa Apolónia, uma parte muito significativa dos caudais da bacia J é desviada para este túnel, libertando a rede de drenagem a jusante. Assim, não é necessária a substituição dos coletores que se desenvolvem ao longo da R. de Santa Marta, R. de S. José e R. Portas de Santo Antão, que atualmente apresentam insuficiente capacidade hidráulica. Recomenta-se, todavia, a continuação dos trabalhos de reabilitação interna do coletor da Rua de São José,

e intervenções pontuais de redução de perdas de carga localizadas e de interceção de caudais de superfície (sumidouros).

12.3.8 Bacia L

Para além dos benefícios que advêm para a rede de drenagem em resultado da construção do túnel Monsanto-Santa Marta-Santa Apolónia, dado o desvio significativo de caudais pluviais, recomenda-se a substituição do troço L.T020, que se desenvolve ao longo da Calçada de Arroios. De forma a favorecer o escoamento no coletor localizado na Av. Almirante Reis, que drena para o nó L.N080 da rede concetual, sugere-se que os destroços resultantes do seu abatimento sejam retirados e o coletor reabilitado. Na Figura 12.19 apresenta-se uma planta de enquadramento da rede a substituir na bacia L.

Figura 12.19 - Planta de enquadramento da rede a substituir (a amarelo) na bacia L

No Quadro 12.7 apresentam-se, sumariamente, as principais características dos coletores propostos para a Bacia L.

Quadro 12.7 - Características dos coletores a intervir ou propor na Bacia L.

Localização	Custo (€)	Troço	Tipo de escoamento	Dimensão (mm)	L (m)
Calçada de Arroios	366 480	L.T020	Unitário	900	290

12.3.9 Bacia M1

Recomenda-se a substituição do troço M.T010 que se desenvolve sob a Alfândega de Lisboa. No Quadro 12.8 apresentam-se, sumariamente, as principais características dos coletores propostos para a Bacia M1.

Quadro 12.8 - Características dos coletores a intervir ou propor na Bacia M1.

Localização	Custo (€)	Troço	Tipo de escoamento	Dimensão (mm)	L (m)
Alfândega de Lisboa	454 000	M.T010	Pluvial	1 600	194

12.3.10 Bacia K

Na bacia K, recomenda-se a reabilitação de alguns dos coletores pombalinos (a aferir mediante resultados de inspeção CCTV), os quais apresentam desgaste de juntas e anomalias nas soleiras. Poderá ser também desejável a demolição dos antigos descarregadores existentes no interior dos coletores pombalinos, na Baixa da cidade.

12.3.11 Bacia M2

Previu-se a substituição dos troços M2.T030 e M2.T040, por se encontrarem em mau estado de conservação (resultado corroborado pelos técnicos da CML), numa extensão de cerca de 140 m, DN 1300. Na aplicação do modelo à rede principal desta bacia não foram detetadas situações de falta de capacidade dos sistemas de drenagem. No entanto, foram registados, pelo Departamento de Proteção Civil, dois pontos de ocorrência de inundações na Bacia M2, fora da rede principal. Uma vez que o cadastro das infraestruturas de drenagem se encontra incompleto, não foi concluída qual a solução mais viável para mitigar estas situações, pelo que se recomenda o levantamento correto da zona em causa: Rua da Bela Vista à Graça. A Figura 12.20 esquematiza a solução proposta para a Bacia M2.

Figura 12.20 - Planta de enquadramento da rede a intervencionar (a amarelo) na Bacia M2

No Quadro 12.9 apresentam-se, sumariamente, as principais características dos coletores propostos para a Bacia M2.

Quadro 12.9 - Características dos coletores a intervir ou propor na Bacia M2.

Localização	Custo (€)	Troço	Tipo de escoamento	Dimensão (mm)	L (m)
Rua Vale de Sto. António	195 000	M2.T030 e M2.T040	Unitário	1 400	150

12.3.12 Bacia O

Preconiza-se a substituição de coletores em mau estado de conservação, designadamente na Av. do Brasil (troço O.T1580 e parte do troço O.T1590), numa extensão de 300 m, DN 1400. De referir que não se pretende o aumento de capacidade dos coletores, mas apenas a substituição da tubagem. Com a construção de um troço de 60 m e DN 1500, pretende-se desviar os caudais provenientes do troço O.T1440 (Aeroporto) para o troço O.T0860, dado que a rede para jusante do primeiro está sobrecarregada e para jusante do segundo tem capacidade para receber este caudal adicional. Segundo representantes da CML, esta obra encontrava-se já idealizada. Na Figura 12.21 representa-se esquematicamente esta intervenção.

Figura 12.21 - Desvio de caudais entre redes (zona sudoeste do Aeroporto/ 2.ª Circular)

Relativamente às intervenções previstas na zona do Campo Grande, apresentam-se de seguida algumas considerações prévias que enquadram a abordagem seguida no presente Plano.

- Atendendo aos resultados obtidos no modelo, que apontam para problemas de falta de capacidade nos troços na Alameda das Linhas de Torres, coletor unitário da Cidade Universitária, bem como a galeria pluvial (entre o Campo Grande e a Av. Alm. Gago Coutinho), ponderou-se a solução de construção de um reservatório de amortecimento a montante;
- Reavaliou-se a construção de um reservatório na Cidade Universitária, previsto no plano de drenagem em 2008, a localizar na zona relvada da Cidade Universitária, que atenuasse os caudais de ponta para jusante. Esta solução foi preterida, porque a ligação à rede de

drenagem a jusante, tendo em conta o perfil do coletor existente, só seria possível com recurso a bombagem (com o consequente acréscimo nos custos de manutenção e de exploração);

- Além da dificuldade de execução do reservatório da Cidade Universitária, essa solução apresentava outra desvantagem, que consistia na revisão da lógica separativa de caudais na zona do Campo Grande – considera-se que a criação de um eixo separativo principal, com intercetores domésticos a jusante de redes separativas ou pseudo-separativas, é um processo dispendioso e difícil de manter como separativo;
- Sem a construção do reservatório da Cidade Universitária, as obras previstas na solução do plano de drenagem de 2008 não seriam eficazes para a resolução dos problemas de falta de capacidade dos troços que entram em carga para um evento de precipitação com período de retorno de 10 anos: O.T0180 e O.T0190 (Galeria pluvial da Av. E.U.A.), O.T0700 (coletor unitário de Telheiras, 2.ª Circular), O.T1004 e O.T1010 (coletor unitário da Cidade Universitária) e O.T1250 (coletor pluvial afluente à Av. St.º Condestável).

Neste enquadramento, no sentido de mitigar o risco de ocorrência de inundações na zona do Campo Grande e Alameda das Linhas de Torres, propõe-se a substituição dos troços que atualmente já têm problemas de capacidade hidráulica. A substituição dos coletores existentes por coletores de maior dimensão tem então como objetivo aumentar a sua capacidade de transporte, procurando assim evitar a ocorrência de extravasamentos.

Considerou-se o reforço de capacidade de transporte destes troços. No entanto, por se considerar que são troços com dimensões e localizações difíceis e que envolvem um investimento muito elevado, propõe-se que, antes de avançar com obras de substituição destes coletores, se faça primeiro a sua monitorização (verificação de cadastro e medição de caudais).

Verifica-se no modelo a ocorrência de inundações também junto à Rotunda do Relógio, devido à entrada em carga do coletor na Av. Gago Coutinho, situação que é corroborada pela Proteção Civil, que o indica como local com ocorrência de inundações. No entanto, uma vez que o troço da parte inicial da Av. Gago Coutinho é muito inclinado, originando escoamento superficial e impedindo uma acumulação de caudal muito significativa, não se considerou esta intervenção de reforço de capacidade hidráulica como prioritária.

Em relação ao troço final da Av. Gago Coutinho, dado que não se conseguiu eliminar a suspeita de que as inundações que se verificaram (de acordo com indicações da Proteção Civil) se ficam a dever a insuficiência de dispositivos de drenagem em particular no cruzamento com a Av. Marechal António Spínola e atendendo à complexidade das obras necessárias associadas, considera-se que não se justifica prever uma intervenção. Recomenda-se, contudo, o desenvolvimento de trabalhos de levantamento de cadastro e de medição de caudal associado a eventos de precipitação extrema, de forma a permitir caracterizar com maior rigor os coletores em causa e o escoamento que drenam, após o que deverá aferir-se a necessidade de uma intervenção nos mesmos. Na Figura 12.22 representam-se os locais de intervenção nas redes da Bacia O.

Figura 12.22 - Planta de enquadramento da rede a intervencionar (a amarelo) na Bacia O

No Quadro 12.10 apresentam-se, sumariamente, as principais características dos coletores propostos para a Bacia O.

Quadro 12.10 - Características dos coletores a intervir ou propor na Bacia O.

Localização	Custo (€)	Troço	Tipo de escoamento	Dimensão (mm)	L (m)
Av. do Brasil	390 000	O.T1580	Unitário	DN 1400	300
Aeroporto - 2ª Circular	85 800	O.T1445	Unitário	DN 1500	60
Av. Santo Condestável	36 400	O.T1200	Unitário	DN 2500	20
Saida tunel APL	1 872 000	-	Pluvial	DN2000x9000	320
Av. Gago Coutinho	1 144 000	O.T1650	Unitário	DN 1500	800
Alameda Linhas de Torres	200 200	O.T0490b	Unitário	DN 1500	140
Alameda Linhas de Torres	14 300	O.T0490c	Unitário	DN 1500	10
Alameda Linhas de Torres	321 100	O.T0510	Unitário	DN 2000	190
Alameda Linhas de Torres - Campo Grande	236 600	O.T0510p	Unitário	DN 2000	140
Campo Grande - Cidade Universitária	473 200	O.T1004	Unitário	DN 2000	280
Campo Grande - Cidade Universitária	692 900	O.T1010	Unitário	DN 2000	410
Campo Grande	72 800	O.T1330	Unitário	DN 2500	40
Campo Grande, Av. do Brasil - Av. da Igreja	782 600	O.T1340	Unitário	DN 2500	430
Campo Grande	54 600	O.T1355	Unitário	DN 2500	30
Campo Grande	491 400	O.T1360	Unitário	DN 2500	270
Campo Grande	54 600	O.T1370	Unitário	DN 2500	30
Campo Grande	18 200	O.T1380	Unitário	DN 2500	10
Xabregas	328 900	O.T1870	Unitário	DN 1500	230
Xabregas - Largo Marques de Nisa	143 000	O.T1880	Unitário	DN 1500	100

12.3.13 Bacia P

Prevê-se a substituição do coletor unitário, na Rua Vale Formoso de Baixo, por outro coletor unitário de DN 1000, numa extensão de 800 m. Também se prevê a substituição dos troços compreendidos entre os nós P.N460 e R.N120, no Beato, numa extensão total de 380 m (P.T460 – DN 1400 e R.T090 a R.T120 – DN 2000).

Nesta bacia P, existem algumas falhas de informação relativas ao traçado, ao perfil e à dimensão dos coletores, pelo que é fundamental que as soluções só sejam implementadas após o desenvolvimento de trabalhos de levantamento de cadastro (que devem incluir levantamento topográfico de câmaras de visita e inspeção CCTV ao interior dos coletores) e de medição de caudal (com eventos de precipitação extrema).

A Figura 12.23 representa os troços a substituir/reabilitar dos troços rede de drenagem.

Figura 12.23 - Planta de enquadramento da rede a intervencionar (a amarelo) na Bacia P.

No Quadro 12.11 apresentam-se, sumariamente, as principais características dos coletores propostos para a Bacia P.

Tal como na intervenção de reabilitação e substituição de rede, também neste ponto se pretende solucionar problemas associadas à falta de capacidade dos coletores. Os troços a intervir, P.T130 a R.T050, localizam-se entre a Rua Amorim e a descarga no Rio Tejo. Propõe-se a substituição do coletor existente, numa extensão de 530 m, por uma secção retangular com 3000 mm x 2500 mm de dimensão.

Quadro 12.11 - Características dos coletores a intervir ou propor na Bacia P.

Localização	Custo (€)	Troço	Tipo de escoamento	Dimensão (mm)	L (m)
Rua Zófimo Pedroso (DT)	5 900	P.T120	Doméstico	DN 600	10
R. Vale Formoso de Baixo (DT)	3 200	P.T260	Doméstico	DN 400	10
R. Vale Formoso de Baixo	884 600	P.T260	Pluvial	DN 1000	840
Rua Zófimo Pedroso	10 800	P.T265	Pluvial	DN 1200	10
Rua Fernando Palha (DT)	3 200	-	Doméstico	DN 400	10
R. Fernando Palha - R. Amorim	1 200	-	Elevatória	DN 110	10
Rua Beato	195 000	P.T460	Pluvial	DN 1400	150
Av. Infante D. Henrique - Rio Tejo	487 500	R.T090	Pluvial	DN 2000	250
R. Zófimo Pedroso - R. Amorim	353 600	P.T130	Pluvial	2600x2500	160
Rua Amorim - Rio Tejo	459 000	P.T140	Pluvial	2700x2500	170
Rua Amorim - Rio Tejo	792 000	P.T145	Pluvial	3000x2500	240

Prevê-se ainda o desvio do caudal pluvial do outro coletor da Rua Amorim, também com problemas de falta de capacidade, para a nova galeria. Na Rua Amorim, encontra-se outro coletor pluvial, P.T240 (paralelo ao troço P.T140) que também tem problemas de falta de capacidade. Pretende-se intervir apenas num dos coletores pluviais, pelo que se optou por desviar o caudal do troço P.T265 para o troço P.T120 (DN 1200), na Rua Zófimo Pedroso, a montante da Rua Amorim.

A ligação gravítica das águas residuais domésticas do coletor unitário da Rua Fernando Palha ao sistema intercetor doméstico é inviabilizada pela cota a que se encontra a canalização da ribeira. Prevê-se assim a construção de um pequeno poço de bombagem que permita vencer o desnível e a respetiva conduta elevatória.

O desvio de caudal doméstico da galeria pluvial para o intercetor (Rua Zófimo Pedroso) previsto com a construção de um descarregador de tempestade envolve também a construção de uma estação elevatória, uma vez que a cota de soleira do intercetor não permite a ligação gravítica.

A localização das estações elevatórias encontra-se representada na Figura 12.24. Estima-se que o custo de investimento para a construção das estações elevatórias seja da ordem de 715 000 €.

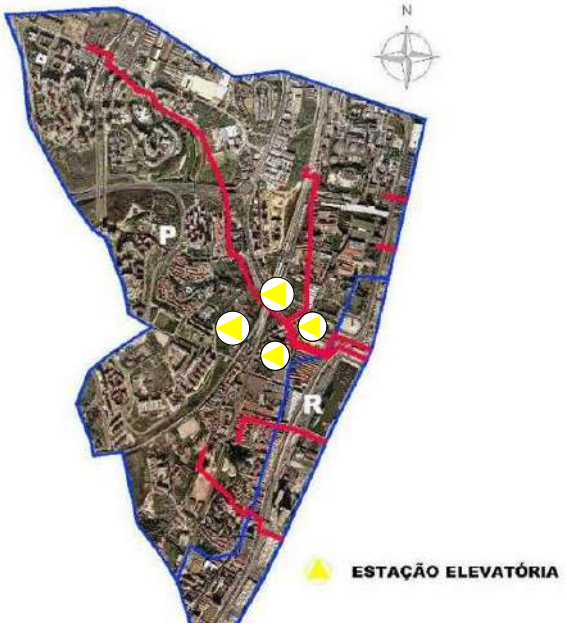


Figura 12.24 - Localização das estações elevatórias na bacia P

12.3.14 Bacia Q

As intervenções previstas são a substituição dos todos os troços com falta de capacidade hidráulica. Os troços a intervir no âmbito do reforço da capacidade hidráulica são o Q.T0520, Q.T0560, Q.T0570, Q.T0575, Q.T0360 e Q.T0370 localizados na Av. Infante D. Henrique, os troços Q.T0060 e Q.T0080 na Av. de Berlim, os troços Q.T0410 e Q.T0340 na Av. Dr. Alfredo Bensaúde e, por último, o troço Q. T0690 na Rua Centieira (Figura 12.25). Reforça-se referir que a substituição/reabilitação da rede de drenagem deve ser precedida de uma inspeção cuidada, em termos de cadastro da rede existente.

Figura 12.25 – Bacia Q - Troços a reforçar em termos de capacidade hidráulica, troços a substituir (a amarelo)

No Quadro 12.12 apresentam-se, sumariamente, as principais características dos coletores propostos para a Bacia Q.

Quadro 12.12 - Características dos coletores a intervir ou propor na Bacia Q.

Localização	Custo (€)	Troço	Tipo de escoamento	Dimensão (mm)	L (m)
Av. Dr. Alfredo Bensaúde	62 400	Q.T0410	Unitário	DN 1400	40
Av. Dr. Alfredo Bensaúde	365 040	Q.T0340p	Unitário	DN 2000	180
Av. Berlim	174 720	Q.T0060	Unitário	DN 2500	80
Av. Berlim	502 320	Q.T0080	Unitário	DN 2500	230
Rua Centieira	608 640	Q.T0690	Unitário	DN 1200	470
Av. Inf. D. Henrique	543 840	Q.T0520	Unitário	DN 1200	420
Av. Inf. D. Henrique	155 400	Q.T0530	Unitário	DN 1200	120
Av. Inf. D. Henrique	395 400	Q.T0540	Unitário	DN 1500	230
Av Reciproca	1 074 840	Q.T0560	Unitário	DN 2000	530
Av. Inf. D. Henrique	947 760	Q.T0360	Unitário	DN 2200	450
Av Reciproca	2 201 520	Q.T0391	Unitário	DN 2500	720
Rua Bojador	633 360	Q.T1041	Unitário	DN 2500	290
Av. Indico	950 040	Q.T0901	Unitário	1300x3500	140

É importante salientar que estas obras de reforço de capacidade se localizam em locais de difícil intervenção devido ao tráfego envolvido na Av. Infante D. Henrique (é um acesso importante à cidade de Lisboa) e à travessia da Gare do Oriente (Av. Berlim).

12.3.15 Bacia R

Para intercetar caudais contaminados drenados pelas redes afluentes ao rio Tejo, preconiza-se a construção de oito estações elevatórias e respetivas condutas, que permitam a condução dos caudais intercetados pelos descarregadores à rede de drenagem de águas residuais domésticas. A Figura 12.26 esquematiza a solução proposta para a Bacia R.

Figura 12.26 - Bacia R - Planta de enquadramento da rede a substituir (a amarelo)

No Quadro 12.13 apresentam-se, sumariamente, as principais características dos coletores propostos para a Bacia R.

Quadro 12.13 - Características dos coletores a intervir ou propor na Bacia R.

Localização	Custo (€)	Troço	Tipo de escoamento	Dimensão (mm)	L (m)
Sta. Apolónia-Xabregas	27 000	-	Doméstico	DN 315	110
Sta. Apolónia-Xabregas	16 900	R.T380	Conduta	DN 200	100
Sta. Apolónia-Xabregas	18 300	R.T420	Conduta	DN 110	133
Sta. Apolónia-Xabregas	23 100	R.T460	Conduta	DN 110	167
Xabregas	2 500	R.T167	Doméstico	DN 315	10
Xabregas	48 200	R.T480	Conduta	DN 110	350
Xabregas-Beato	4 900	-	Doméstico	DN 315	20
Xabregas-Beato	33 100	R.T510	Conduta	DN 110	240
Xabregas-Beato	27 600	R.T530	Conduta	DN 110	200
Xabregas-Beato	20 700	R.T550	Conduta	DN 110	150
Xabregas-Beato	1 400	R.T037	Conduta	DN 110	10
R. Cintura do Porto de Lisboa	19 600	R.T037	Doméstico	DN 315	80

Estima-se que o investimento para a construção das estações elevatórias propostas seja da ordem de 1 800 000 €.

12.3.16 Bacia S

Nesta bacia prevê-se a construção do prolongamento da rede de drenagem de águas residuais domésticas, na Rua Pedro Álvares Cabral (final da Cç Carriche), numa extensão de cerca de 180 m, S.T260 DN 600. O coletor a construir servirá para prolongar a rede de drenagem de águas residuais domésticas existente que, segundo o cadastro, se encontra desviada para a rede de drenagem de águas pluviais. Desta forma, em conjunto com as intervenções seguintes, na entrega dos caudais ao concelho de Odivelas, as redes passam a apresentar um carácter separativo.

Em relação à reabilitação e substituição de rede (troço S.T050), o coletor a construir, numa extensão de cerca de 50 m, servirá para substituir os vários coletores pluviais que compõem o troço S.T050, corrigindo a falta de capacidade detetada. Nesta intervenção inclui-se também o aperfeiçoamento da ligação da linha de água a céu aberto ao troço canalizado.

Relativamente ao coletor entre a Estrada do Lumiar e o Museu do Traje, foi estudado o reforço de capacidade hidráulica com a substituição do coletor existente através da construção de um sistema separativo (um coletor pluvial DN 1500 e um coletor doméstico DN 400). No entanto, atendendo à enorme dificuldade de execução da construção de uma rede separativa numa estrada tão exígua como é a Estrada do Lumiar e numa via tão movimentada como é a Calçada de Carriche, o Departamento de Infraestruturas, Via Pública e Saneamento da CML propôs como alternativa um novo traçado para o reforço do coletor pluvial pela Azinhaga do Porto e pelo jardim do Museu Nacional do Teatro, seguindo este paralelo à linha de água existente mas sem interferir com esta, convergindo no final para o coletor pluvial existente na Rua André Gouveia. O caudal de tempo seco é desviado a montante para o coletor existente, através de um descarregador, que vai iniciar a sua bacia

neste cruzamento da Azinhaga do Porto com a Estrada do Lumiar continuando a funcionar como unitário deste ponto em diante.

A separação dos caudais domésticos e pluviais justifica-se do ponto de vista hidráulico porque o caudal de tempo seco num coletor previsto com a dimensão de DN 1500 conduz a velocidades de escoamento muito reduzidas. A Figura 12.27 esquematiza a solução proposta.

Figura 12.27 - Bacia R- Planta de enquadramento da rede a substituir (a amarelo)

No Quadro 12.14 apresentam-se, sumariamente, as principais características dos coletores propostos para a Bacia S.

Quadro 12.14 - Características dos coletores a intervir ou propor na Bacia S.

Localização	Custo (€)	Troço	Tipo de escoamento	Dimensão (mm)	L (m)
Rua Pedro Álvares Cabral	126 360	S.T260	Doméstico	DN 600	180
Cç. Carriche (ligação do DT ao doméstico)	3 840	S.T072 e S.T193	Doméstico	DN 400	10
Est. Desvio – Cç Carriche	109 200	S.T050	Pluvial	DN 2500	50
Est. Lumiar- Azinhaga do Porto	277 200	S.T150	Pluvial	DN 1500	140
Azinhaga do Porto - R. André Gouveia	1 201 200	S.T225	Pluvial	DN 1500	700

12.4 Separação e controlo de caudais

12.4.1 Bacia C

Sugere-se que o descarregador D7 existente, localizado no cruzamento entre a R. da Junqueira e a Calçada da Ajuda, seja ligeiramente deslocado, para montante, de forma a ficar implantado acima da cota 2,27 m (fora do efeito de maré), afastando-a igualmente dos carris de elétricos existentes nesse arruamento. Assim, sugere-se o desvio do caudal

doméstico através de um coletor de 315 mm de diâmetro, construindo-se para o efeito uma câmara de visita no coletor unitário e a câmara de controlo de caudal afastada cerca de 7 m de coletor unitário, no passeio. Propõe-se que o descarregador D8, localizado na Calçada da Ajuda, seja também deslocado para montante. Ambos os coletores domésticos, a jusante das câmaras de válvulas do tipo vórtice D7 e D8, ligarão à mesma câmara de visita por intermédio de novos troços.

O descarregador D9 encontra-se no pátio de entrada do Palácio da Presidência (na Calçada da Ajuda) e foi recentemente reabilitado (Figura 12.28).

Figura 12.28 - Localização esquemática dos descarregadores D7, D8 e D9

No Quadro 12.15 apresentam-se, sumariamente, as principais características dos descarregadores propostos para a Bacia C.

Quadro 12.15 - Características dos coletores propostos para a Bacia C.

Localização	Custo (€)	Caudal doméstico Ano 2045 (L/s)
R. da Junqueira – D8	150 150	12
Calçada da Ajuda – D9	66 300	9

12.4.2 Bacia D

Relativamente às infraestruturas reguladoras de caudal, nesta bacia, preconiza-se que o descarregador D11/D14, da R. Pinto Ferreira, seja deslocado para uma cota superior (15 m a montante da localização atual), de modo a que a cota de crista fique fora do efeito da maré, e que se construa uma câmara de controlo de caudal (Figura 12.29).

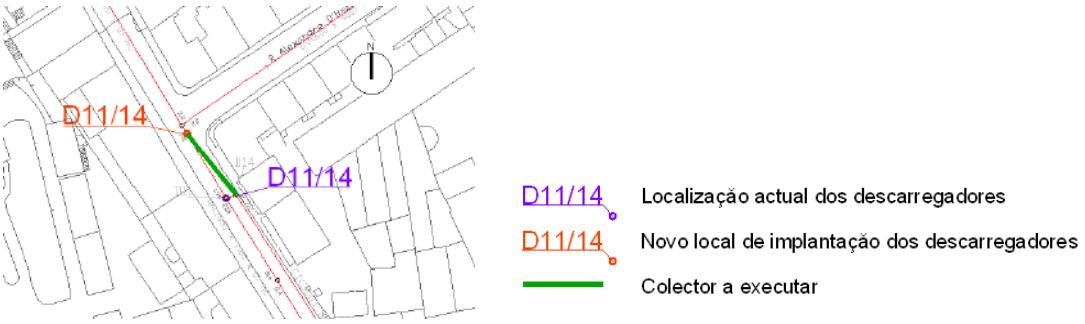


Figura 12.29 - Localização esquemática do descarregador D11/D14

No Quadro 12.16 apresentam-se, sumariamente, as principais características dos descarregadores propostos para a Bacia D.

Quadro 12.16 - Características dos coletores propostos para a Bacia D.

Localização	Custo (€)	Caudal doméstico Ano 2045 (L/s)
R. Pinto Ferreira – D11/14	78 000	62

12.4.3 Bacia E

No que concerne à interceção de caudais domésticos, sugere-se a construção de cinco câmaras de controlo de caudal.

O descarregador D16, localizado no Largo das Fontainhas, encontra-se sob efeito de maré e dispõe de uma válvula de maré a jusante, que atualmente não funciona de forma correta. Recomenda-se a instalação de uma válvula de controlo de caudal, do tipo flutuador, numa câmara a construir no mesmo local, e a substituição do troço unitário imediatamente a montante, que não apresenta suficiente capacidade, por tubagem de 1200 mm de diâmetro, em betão, a implantar com declive de cerca de 0,0116 m/m (Figura 12.30).

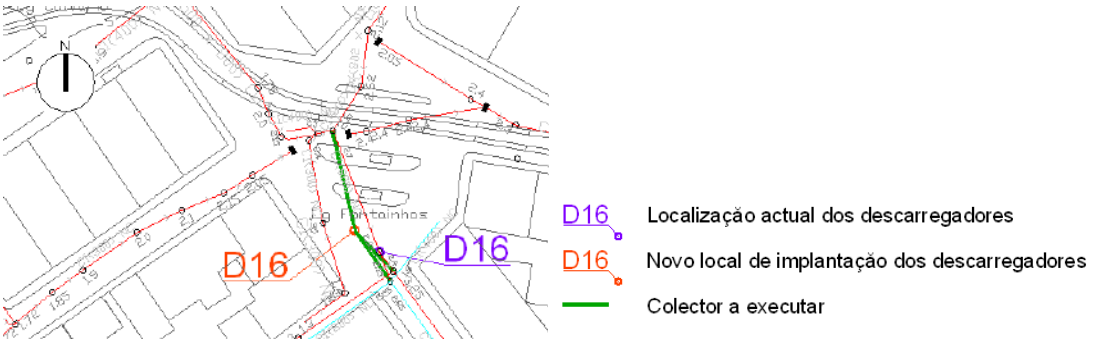


Figura 12.30 - Localização esquemática do descarregador D16

O descarregador D17, implantado na R. Rodrigues Faria (junto ao portão da fábrica da Mirandela), encontra-se em situação idêntica ao anterior. Assim, sugere-se também a instalação de uma válvula de controlo de caudal do tipo flutuador, numa câmara a construir, e a manutenção da válvula de maré atualmente existente. Prevê-se também a construção de pequenos troços de ligação à câmara de controlo de caudal (Figura 12.31).

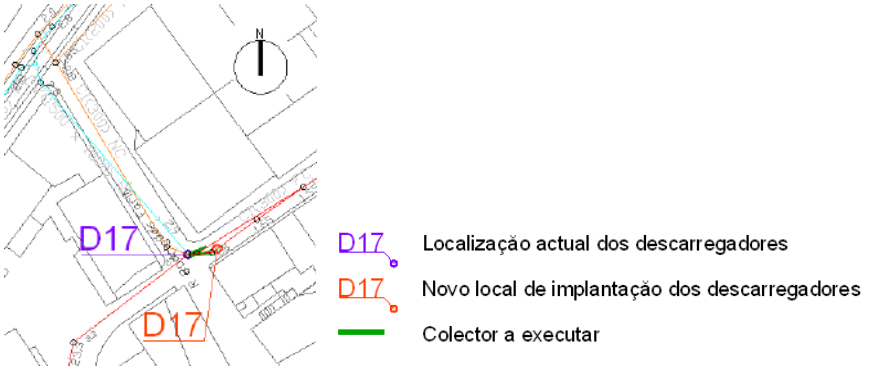


Figura 12.31 - Localização esquemática do descarregador D17

No que se refere aos descarregadores D19A, D19B e D19C (localizados, respetivamente, no cruzamento da R. da Cascalheira com a R. da Cruz a Alcântara, na R. do Alvito e na R. de Alcântara), propõe-se que sejam deslocados ligeiramente para montante da atual localização, a fim de ficarem implantados a cotas de soleira superiores a 2,30 m (fora do efeito de maré), e dotados de válvulas de controlo de caudal. As intervenções preconizadas, incluem a construção de alguns coletores domésticos a jusante dos novos descarregadores (de 315 mm de diâmetro) e a substituição pontual de alguns troços dos coletores unitários afluentes (de diâmetros entre 600 e 800 mm). A Figura 12.32 mostra a localização destes descarregadores.

Figura 12.32 - Localização esquemática dos descarregadores D19A, D19B e D19C

O coletor doméstico ligará ao novo coletor da Av. de Ceuta a construir, de forma a tornar o sistema de drenagem desta sub-bacia separativo. Sugere-se assim a construção de um coletor doméstico ao longo da Av. de Ceuta, de diâmetro 315 mm, declive 0,5% e aproximadamente 1050 m de extensão, implantado a profundidades semelhantes às do coletor unitário atualmente em serviço. Este coletor, de 400 mm de diâmetro e dispondo de diversas descargas para o Caneiro de Alcântara, manter-se-á em serviço, sendo utilizado para a drenagem das águas pluviais.

No que se refere ao descarregador DSC 8, recomenda-se a sua deslocação para montante, num local de cotas superiores, no cruzamento da Rua Maria Pia com a Trav. da Horta Návia. Relativamente ao descarregador Dcs8a, localizado na R. Triste Feia, a solução que se propõe

é a construção de um novo descarregador, dotado de controlo de caudal, a uma cota superior a 2,27 m (Figura 12.33). Preveem-se ainda intervenções associadas às ligações domésticas e pluviais necessárias à adaptação do sistema de drenagem existente.

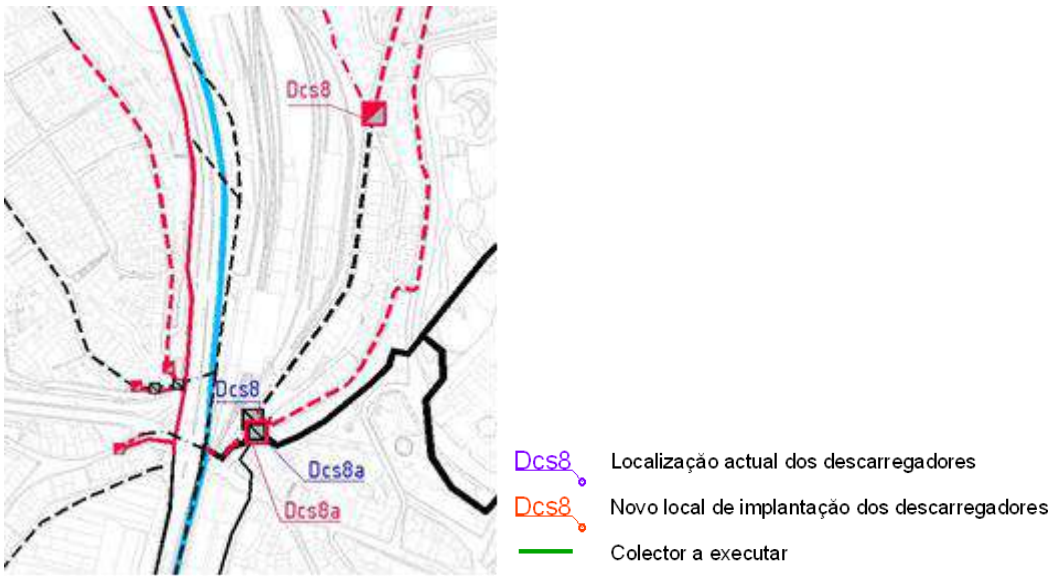


Figura 12.33 - Planta de localização dos descarregadores Dcs8 e Dcs8a (situação atual a azul; novas localizações assinaladas a vermelho)

No Quadro 12.17 apresentam-se, sumariamente, as principais características dos descarregadores propostos para a Bacia E.

Quadro 12.17 - Características dos coletores propostos para a Bacia E.

Localização	Custo (€)	Caudal doméstico Ano 2045 (L/s)
Largo das Fontainhas - d16	113 403	29
R. Rodrigues Faria - 17	72 343	108
Cruzamento R. da Cascalheira/R. da Cruz - 19a	146 642	18
R. do Alvito - 19b	78 209	17
R. de Alcântara - 19c	103 627	13
R. D. Maria Pia - 8	117 313	77
R. Triste - 8a	117 313	44

12.4.4 Bacia G

Atendendo aos constrangimentos locais (coletores implantados a reduzida profundidade e arruamentos estreitos com carris de elétricos), sugere-se a construção de uma câmara de controlo de caudal que sirva, conjuntamente, os atuais descarregadores Dcs4 e Dcs4a. Assim, devem ser reabilitadas as paredes descarregadoras e os coletores domésticos que se desenvolvem a jusante, construindo uma câmara equipada com dispositivo de controlo de caudal a jusante da união dos dois coletores domésticos. Será também necessário a construção de um troço doméstico a jusante da câmara, de ligação ao atual intercetor (Figura 12.34).

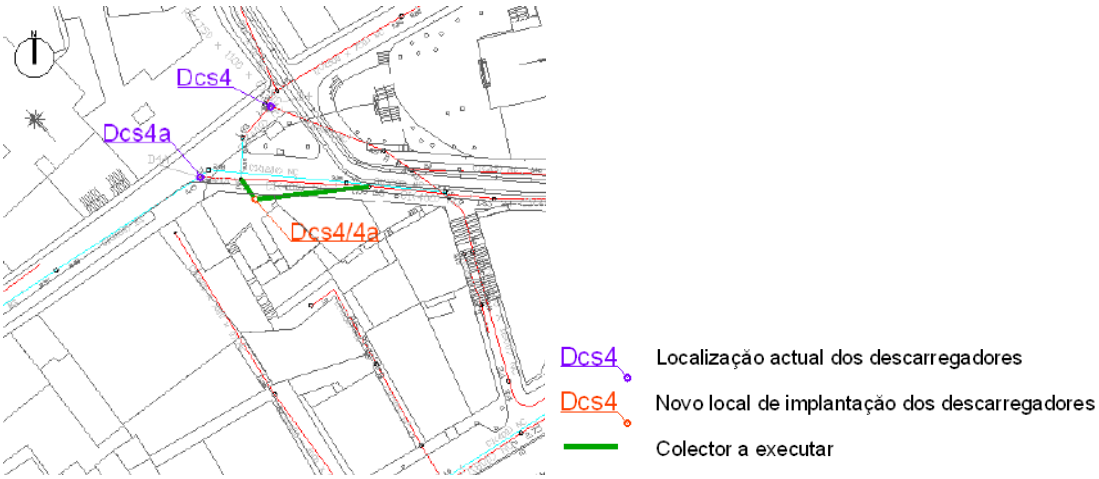


Figura 12.34 - Planta de localização dos descarregadores Dcs4 e Dcs4a

No Quadro 12.18 apresentam-se, sumariamente, as principais características dos descarregadores propostos para a Bacia G.

Quadro 12.18 - Características dos coletores propostos para a Bacia G.

Localização	Custo (€)	Caudal doméstico Ano 2045 (L/s)
Calçada Ribeiro Santos – Dsc4/4a	108 900	50

12.4.5 Bacia H

Deverá ser construído um novo descarregador Dsc3, que intercete os coletores unitários existentes, dotado de equipamento de controlo de caudal, bem como os demais coletores associados que permitam a ligação dos caudais domésticos intercetados ao sistema afluente à ETAR (Figura 12.35).

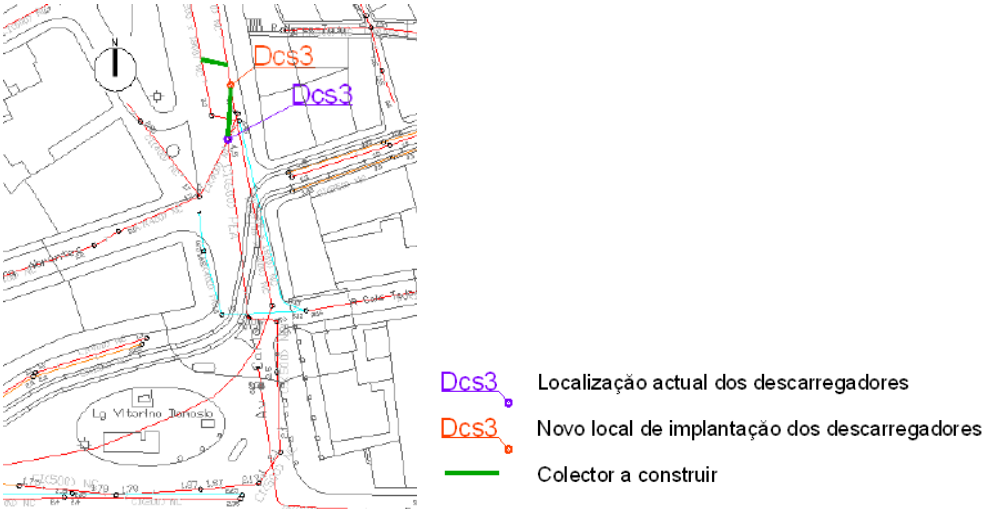


Figura 12.35 - Planta de localização do descarregador Dcs3

No Quadro 12.19 apresentam-se, sumariamente, as principais características dos descarregadores propostos para a Bacia H.

Quadro 12.19 - Características dos coletores propostos para a Bacia H.

Localização	Custo (€)	Caudal doméstico Ano 2045 (L/s)
Av. Dom Carlos I	300 000	218

12.4.6 Bacia I

O atual descarregador Dcs1, situado na R. das Flores, deverá ser dotado de equipamento de controlo do caudal, construindo-se uma câmara para o efeito. O segundo descarregador atualmente existente, Dcs1a, deve ser deslocado para montante visto estar sob o efeito de maré (Figura 12.36).

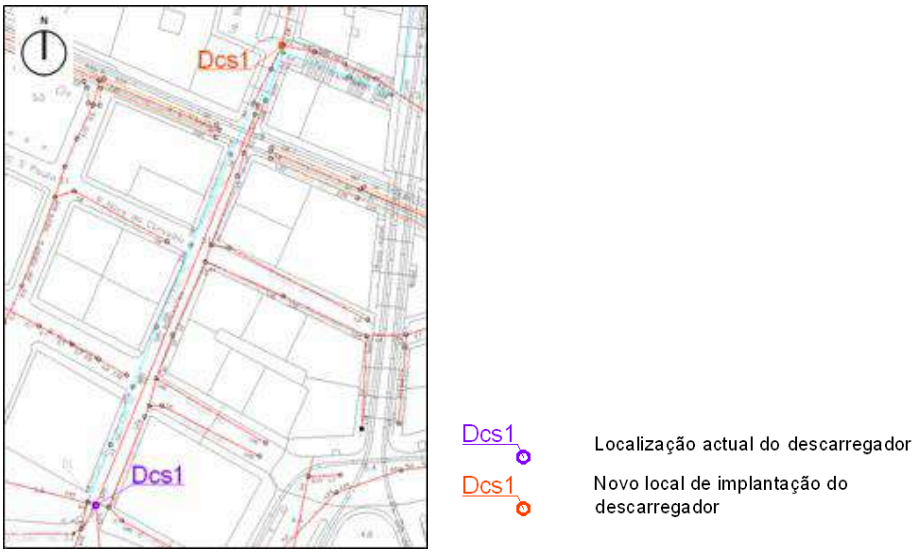


Figura 12.36 - Planta de localização do descarregador Dcs1

Assim, prevê-se a construção de um novo descarregador, no cruzamento entre a R. de São Paulo e a Calçada da Bica Grande, para que a respetiva crista do descarregador fique a uma cota superior a 2,27 m (Figura 12.37). Devido à área contributiva desta bacia ser muito pequena e à obra ser de muito difícil realização, recomenda-se, em alternativa, a construção de um sistema separativo.

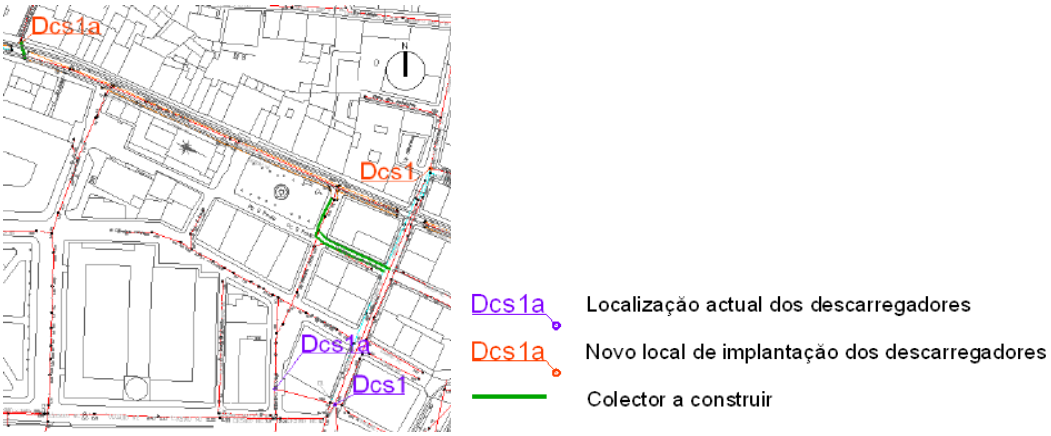


Figura 12.37 - Planta de localização do descarregador Dcs1a

No Quadro 12.20 apresentam-se, sumariamente, as principais características dos descarregadores propostos para a Bacia I.

Quadro 12.20 - Características dos coletores propostos para a Bacia I.

Localização	Custo (€)	Caudal doméstico Ano 2045 (L/s)
Rua das Flores	265 900	67

12.4.7 Bacia M2

Recomenda-se a reabilitação dos descarregadores da bacia M2, por se considerar que se trata de uma obra que permite melhorar a qualidade dos caudais que afluem à ETAR de Chelas e dos caudais que são descarregados no rio Tejo (Figura 12.38 e Figura 12.39).

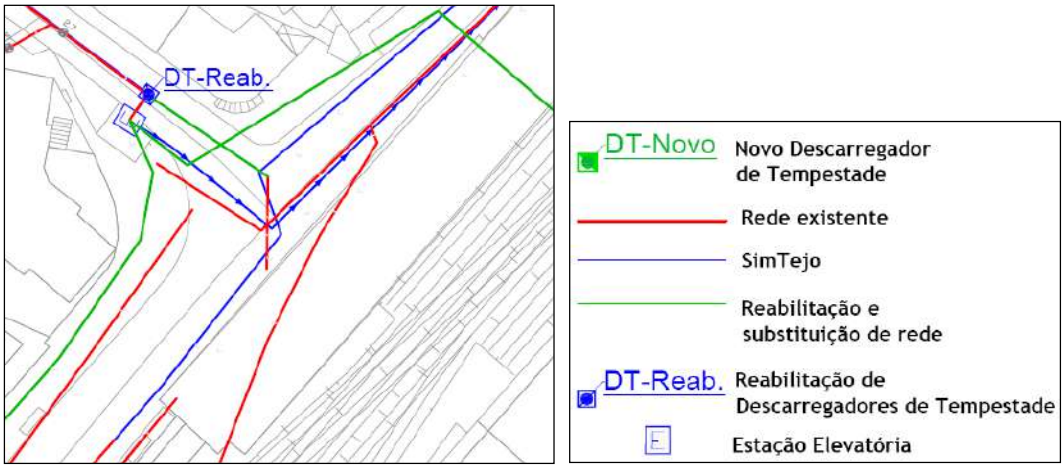


Figura 12.38 - Bacia M2 - Localização esquemática do descarregador da Rua Vale de St.º António

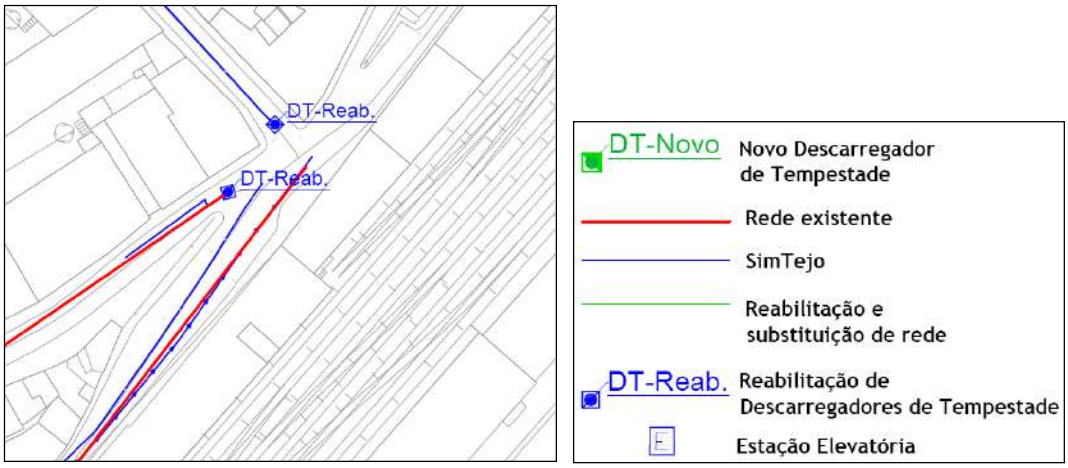


Figura 12.39 - Bacia M2 - Localização esquemática dos dois descarregadores da Calçada Barbadinhos e da Rua Cruz de St.ª Apolónia

No Quadro 12.21 apresentam-se, sumariamente, as principais características dos descarregadores propostos para a Bacia M2.

Quadro 12.21 - Características dos coletores propostos para a Bacia M2.

Localização	Custo (€)	Caudal doméstico Ano 2045 (L/s)
Rua Vale de Sto. António	323 718	74
Cç Barbadinhos	90 641	1
R. Cruz de Sta. Apolónia	90 641	1

12.4.8 Bacia N

Recomenda-se a reabilitação dos descarregadores da bacia N (localizado no nó N.N060), por se considerar que se trata de uma obra que permite melhorar a qualidade dos caudais que afluem à ETAR de Chelas e dos caudais que são descarregados no rio Tejo.

A Figura 12.40 esquematiza a solução proposta para a bacia N.

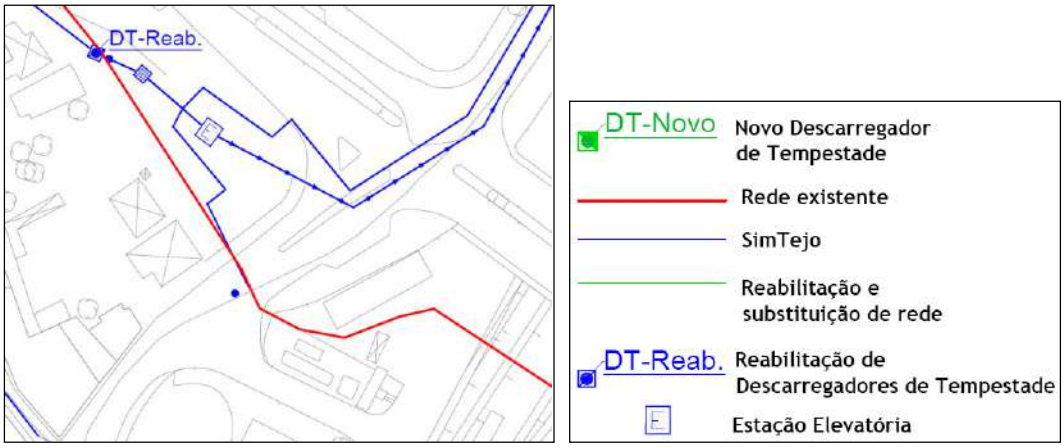


Figura 12.40 - Bacia N - Localização esquemática do descarregador da Av. Mouzinho de Albuquerque

No Quadro 12.22 apresentam-se, sumariamente, as principais características dos descarregadores propostos para a Bacia N.

Quadro 12.22 - Características dos coletores propostos para a Bacia N.

Localização	Custo (€)	Caudal doméstico Ano 2045 (L/s)
Av. Mouzinho de Albuquerque	234 000	105

12.4.9 Bacia O

Nesta bacia, preconiza-se a reabilitação dos descarregadores de tempestade existentes que não estejam a funcionar corretamente, de forma a otimizar a interceção de caudais contaminados drenados pelas redes afluentes ao rio Tejo e a controlar a entrada de caudais pluviais no sistema intercetor de águas residuais domésticas.

As intervenções previstas em cada descarregador são as seguintes:

- Descarregador de Broma DT1 - recebe as contribuições provenientes da Avenida Poço de Cortês e da Avenida Santos Condestável. Prevê-se a sua reconstrução com instalação de válvula de controlo de caudal e construção de coletor doméstico em PEAD DN 500, com cerca de 16 m de extensão;
- Descarregador do Quartel DT2 - é de grande importância para o desvio de caudal doméstico, uma vez que a ele aflui o caudal da Alta de Lisboa, de parte do Lumiar, de Telheiras, parte do Bairro das Fonsecas localizado entre as Torres de Lisboa e o Campo Grande, o Bairro de Alvalade e a Cidade Universitária. Inclui a construção de uma câmara de desvio de caudal e reconstrução do descarregador existente, com instalação de uma câmara de recolha de detritos e de uma válvula de controlo de caudal;
- Descarregador da Picheleira DT3 - recebe as contribuições provenientes da Calçada da Picheleira. Prevê-se a reconstrução do descarregador existente, com instalação de válvula de controlo de caudal, construção de coletor doméstico em PEAD DN 315, com cerca de 6 m de extensão, remodelação da câmara de desvio de caudal existente e construção de coletor doméstico em FFd DN 900, com cerca de 110 m de extensão;
- Descarregador de Cima a Chelas DT4 - recebe as contribuições provenientes do coletor unitário da Rua de Cima a Chelas. Inclui a construção de coletor doméstico em PEAD DN 315, com cerca de 44 m de extensão, construção de coletor pluvial em PPc DN 500, com cerca de 32 m de extensão e construção de câmara de corrente de varrer, com instalação de válvula.
- Descarregador da Estrada de Chelas - tem uma função diferente da dos anteriores. Enquanto os descarregadores de Broma, Quartel, Picheleira e Rua Gualdim Pais têm por objetivo desviar em tempo seco o caudal doméstico presente nos coletores pluviais, os descarregadores CVD1 funciona como overflow do sistema intercepto, ou seja, descarregam do sistema doméstico para o pluvial sempre que há excesso de caudal no primeiro. Prevê-se a reconstrução do descarregador de tempestade CVD1 (DT6), com substituição de tubagens e cabos dos circuitos de atuação das válvulas de seccionamento, e reabilitação do quadro elétrico e do sistema hidráulico de pressurização existente.
- Descarregador da Gualdim Pais DT9 - recebe o caudal proveniente da zona sudoeste da bacia "O". Prevê-se a reconstrução do descarregador existente, com instalação de válvula de controlo de caudal e construção de coletor doméstico em PEAD DN 315, com cerca de 14 m de extensão;

Os descarregadores de tempestade que se pretende reabilitar, através da sua modificação ou reconstrução, são mencionados como descarregador de Broma (DT 1401.010.02) (Figura 12.41), Quartel (DT 1401.0110.06) (Figura 12.42), Picheleira (DT 1401.0120.06) (Figura 12.43) e Rua de Cima a Chelas (Figura 12.44), Estrada de Chelas (DT6) (Figura 12.45) e da Rua Gualdim Pais (DT 1402.0420.02) (Figura 12.46).

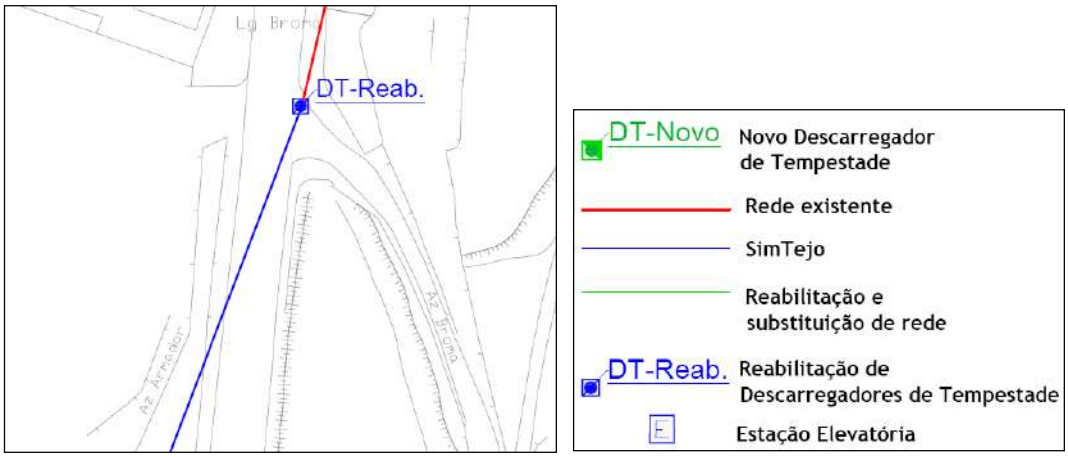


Figura 12.41 – Bacia O - Localização esquemática do descarregador de Broma

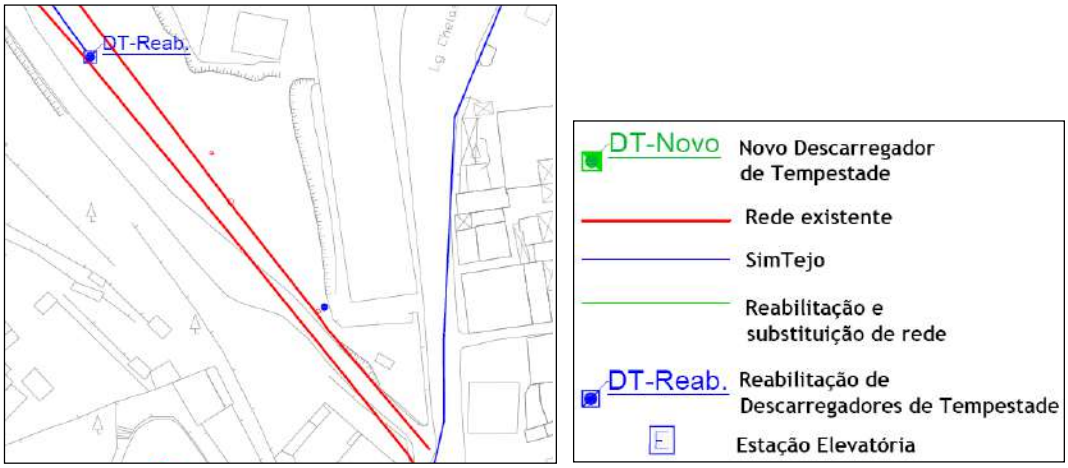


Figura 12.42 – Bacia O - Localização esquemática do descarregador de Quartel

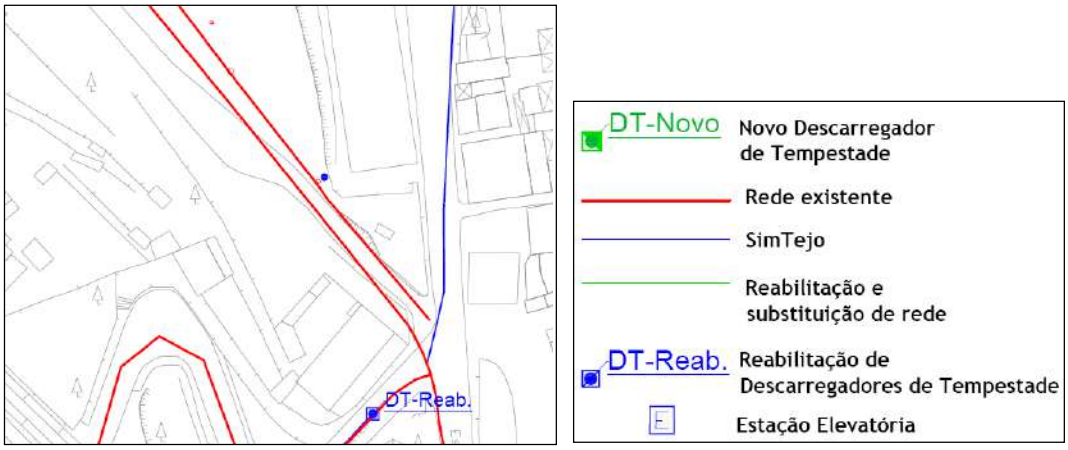


Figura 12.43 – Bacia O - Localização esquemática do descarregador de Picheleira

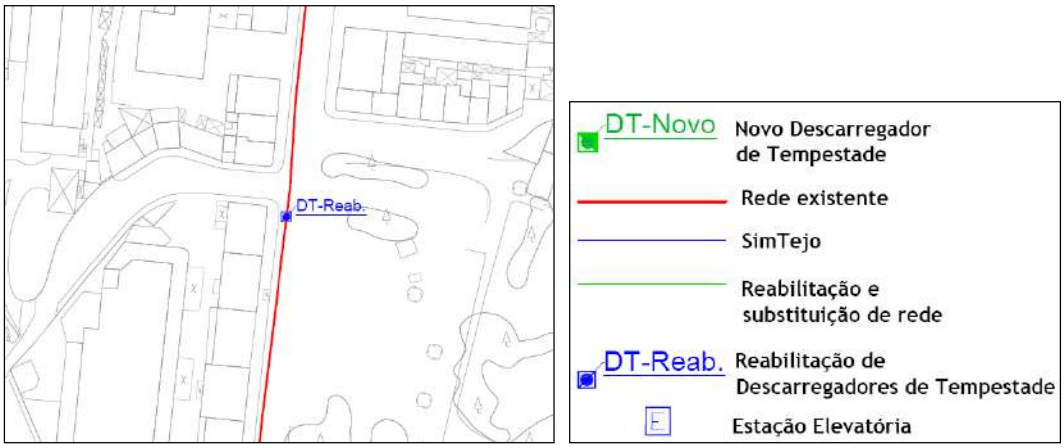


Figura 12.44 – Bacia O - Localização esquemática do descarregador da Rua de Cima a Chelas

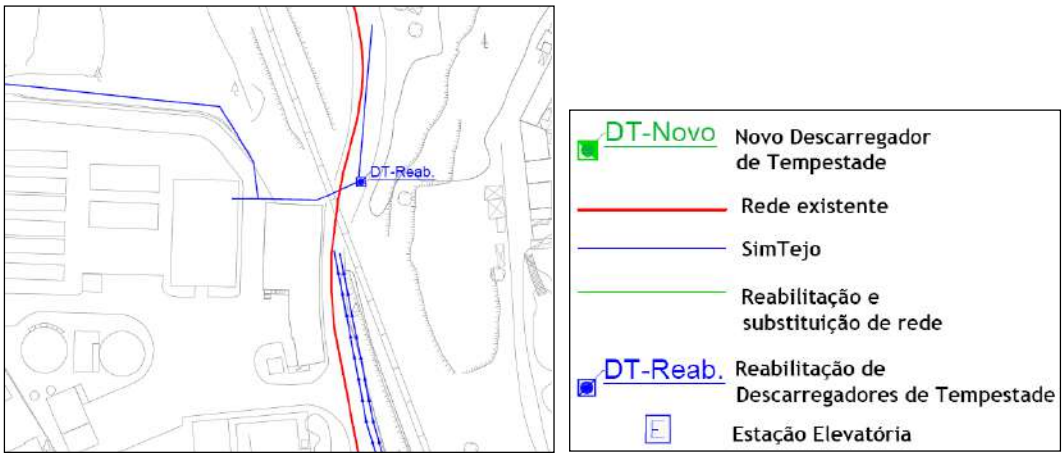


Figura 12.45 – Bacia O - Localização esquemática do descarregador da Estrada de Chelas

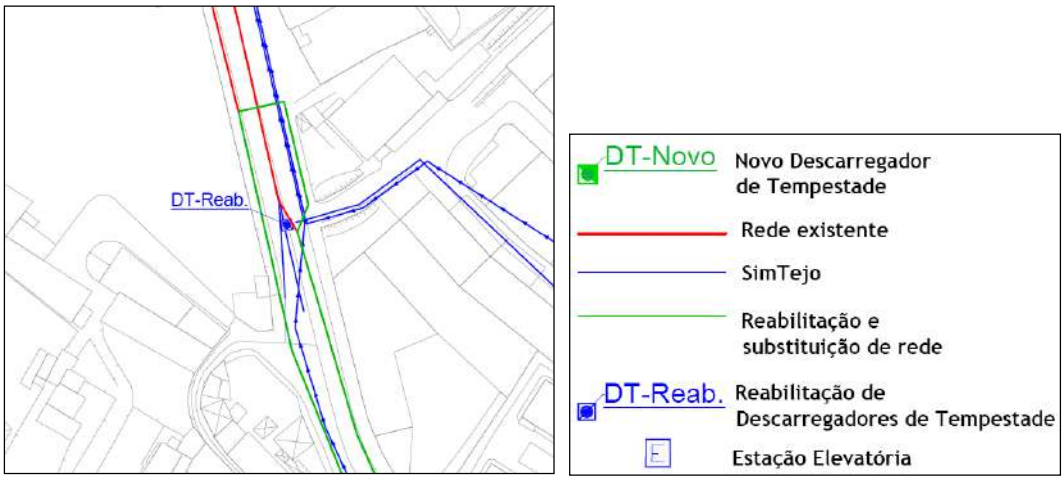


Figura 12.46 – Bacia O - Localização esquemática do descarregador da Rua Gualdim Pais

Para os restantes descarregadores previu-se a reabilitação das câmaras e a instalação de válvulas de controlo de caudal, por se considerar que se trata de uma obra que permite

melhorar a qualidade dos caudais que afluem à ETAR de Chelas e dos caudais que são descarregados no rio Tejo.

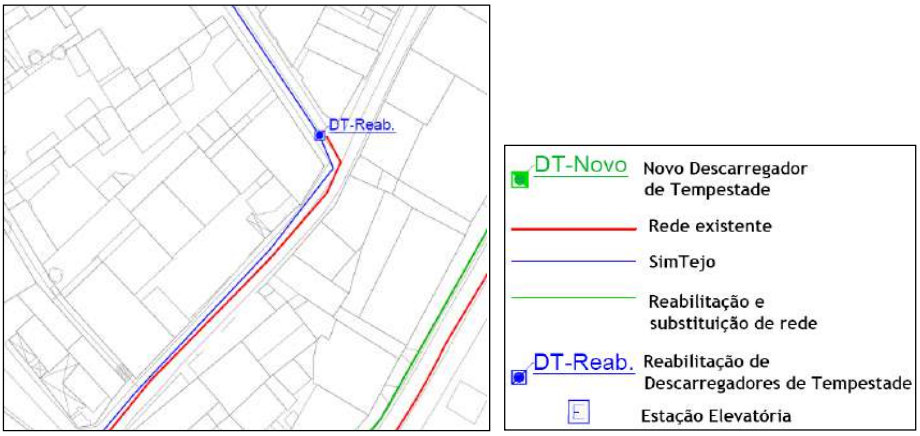


Figura 12.47 – Bacia O - Localização esquemática do descarregador da Rua Calçada do Grilo

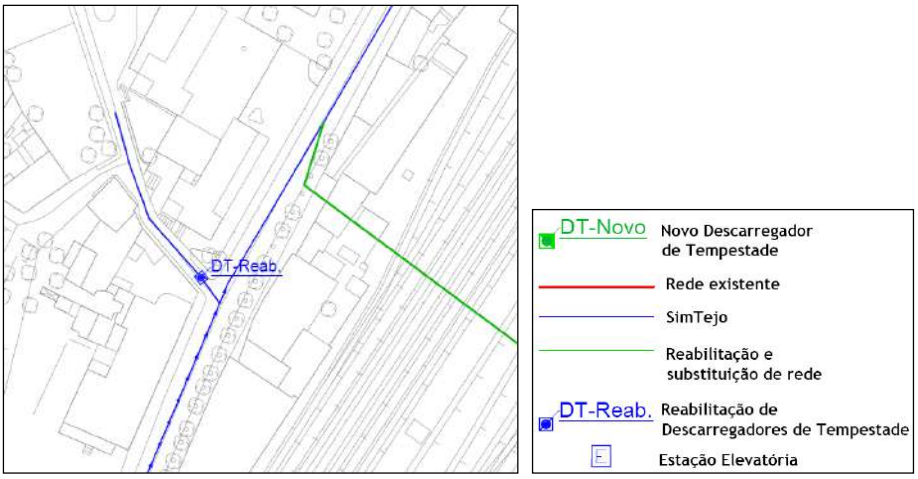


Figura 12.48 – Bacia O - Localização esquemática do descarregador da Calçada Cruz da Pedra

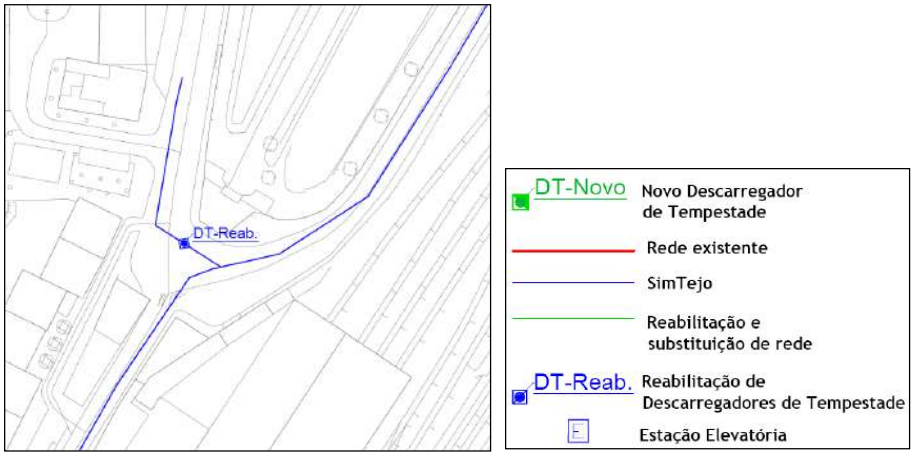


Figura 12.49 – Bacia O - Localização esquemática do descarregador da Calçada das Lajes

No Quadro 12.23 apresentam-se, sumariamente, as principais características dos descarregadores propostos para a Bacia O.

Quadro 12.23 - Características dos coletores propostos para a Bacia O.

Localização	Custo (€)	Caudal doméstico Ano 2045 (L/s)
Camara de controlo de caudal Alta de Lisboa	91 057	- (só caudal pluvial)
Dt1 - Descarregador de Tempestade de Broma	91 057	145
Dt2 - Descarregador de Tempestade do Quartel	325 205	1003
Dt3 - Descarregador de Tempestade da Picheleira	91 057	40
Dt4 - Descarregador de Tempestade da Rua de Cima A Chelas	91 057	16
Dt6 - Descarregador de Tempestade Cvd1 ETAR	91 057	-
Dt9 - Descarregador de Tempestade da Rua Gualdim Pais	325 205	84
Calçada do Grilo x Calçada Dom Gastão (reabilitar)	270 170	26
CC. Cruz da Pedra (reabilitar)	105 066	11
CC. Lajes (reabilitar)	105 066	15

12.4.10 Bacia P

De modo a desviar eficazmente os caudais domésticos das redes de drenagem unitárias para o Sistema Intercetor de Beirolas (SIMTEJO) prevê-se: reabilitar/reconstruir oito descarregadores de tempestade existentes; construir um descarregador de tempestade no troço P.T120, por se ter verificado que o caudal da rede doméstica é transportado pela rede pluvial, e construir um descarregador de tempestade que intercete a entrada de caudal doméstico de redes unitárias em coletores com caráter separativo na Rua Fernando Palha. As Figura 12.50 a Figura 12.56 esquematizam as soluções propostas.

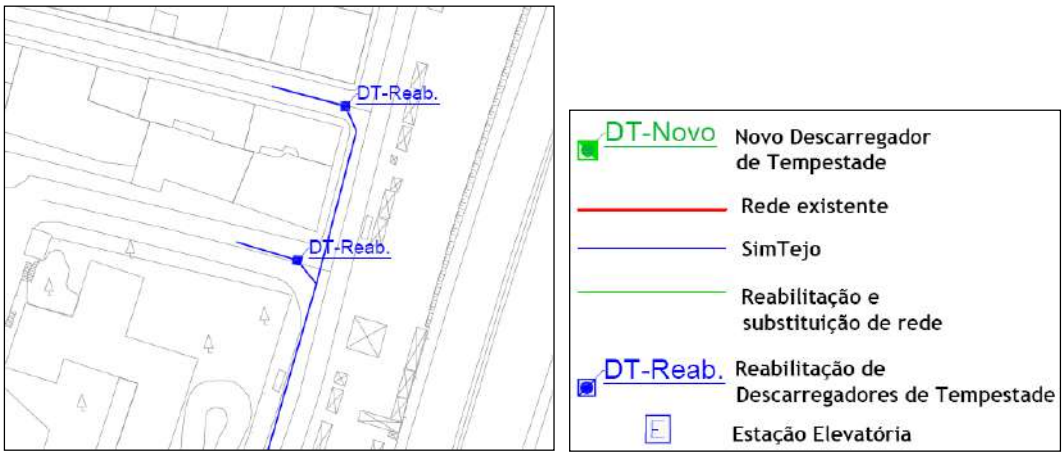


Figura 12.50 - Bacia P - Localização esquemática dos descarregadores da Rua Amigos de Lisboa e da Rua José Domingos Barreiros

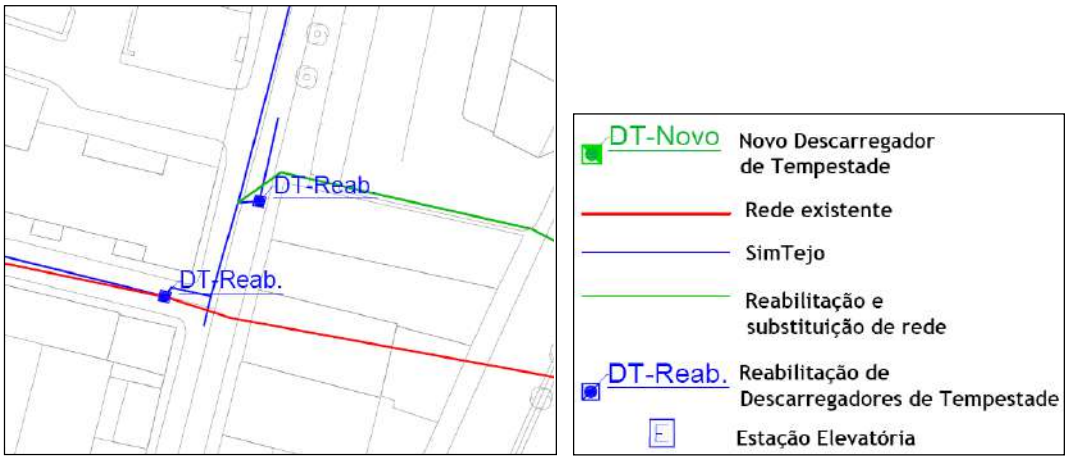


Figura 12.51 – Bacia P - Localização esquemática dos descarregadores da Rua Açúcar

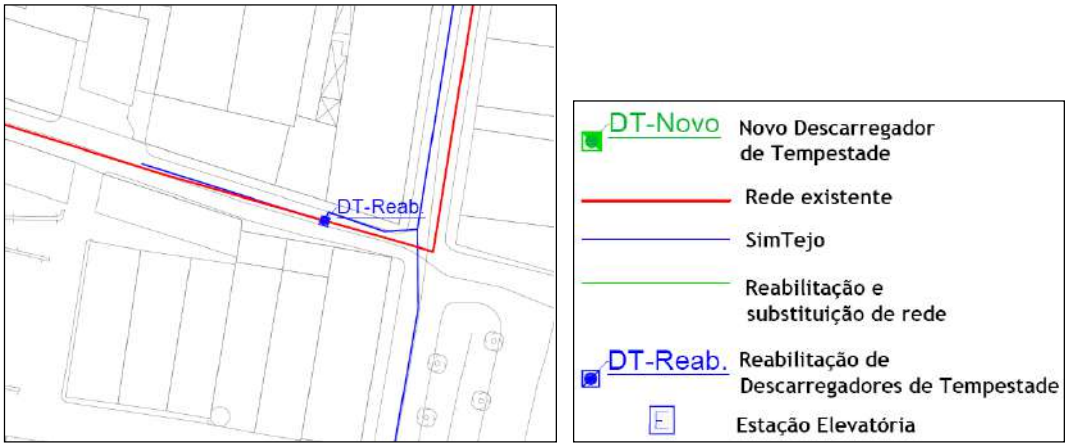


Figura 12.52 – Bacia P - Localização esquemática do descarregador da Rua Pereira Henriques

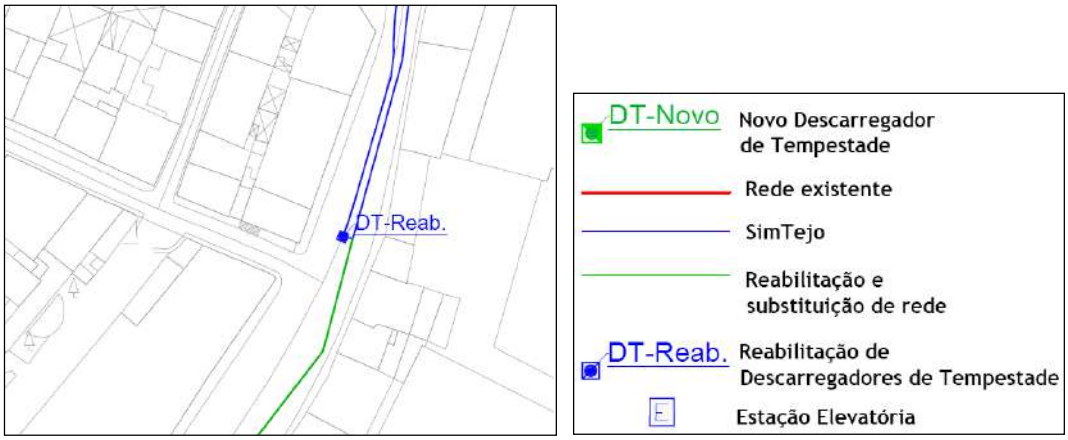


Figura 12.53 – Bacia P - Localização esquemática do descarregador da Rua Grilo

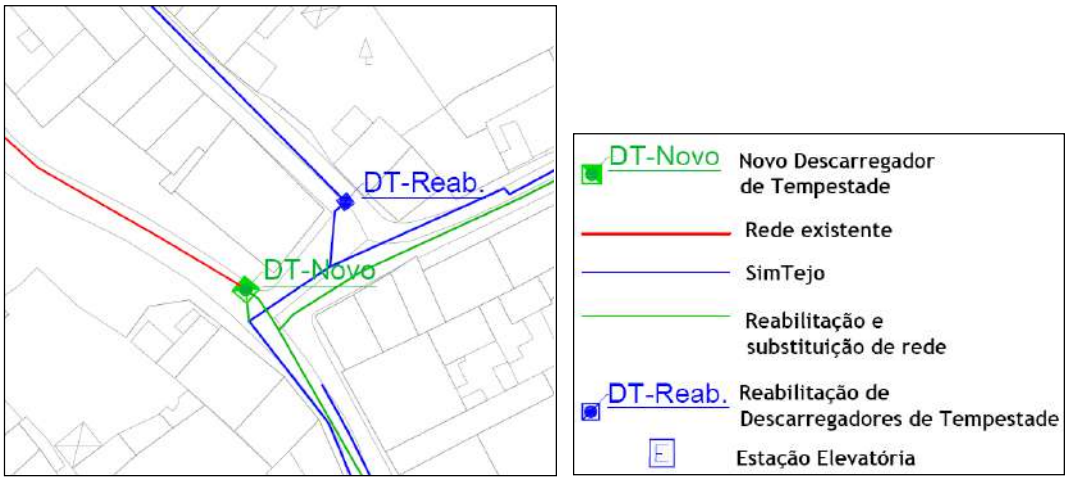


Figura 12.54 – Bacia P - Localização esquemática dos descarregadores da Rua Vale Formoso de Cima e da Rua Zófimo Pedroso

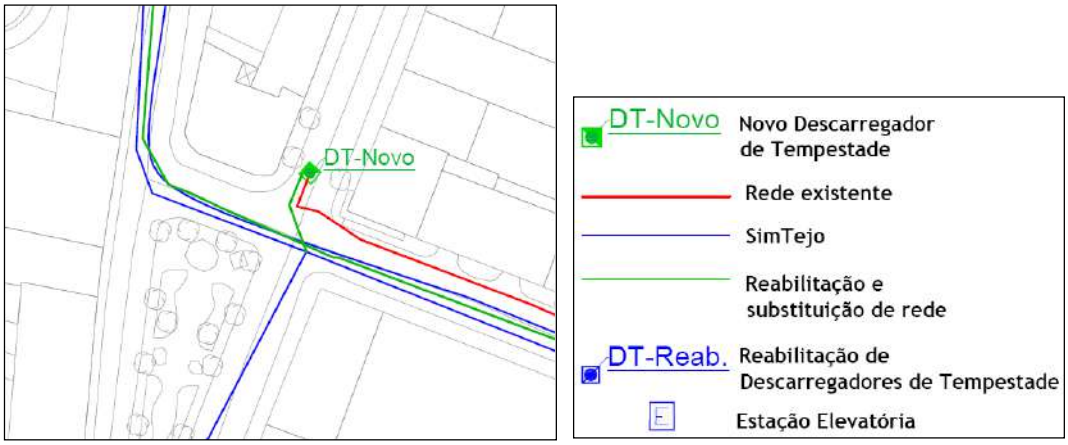


Figura 12.55 – Bacia P - Localização esquemática do descarregador 9

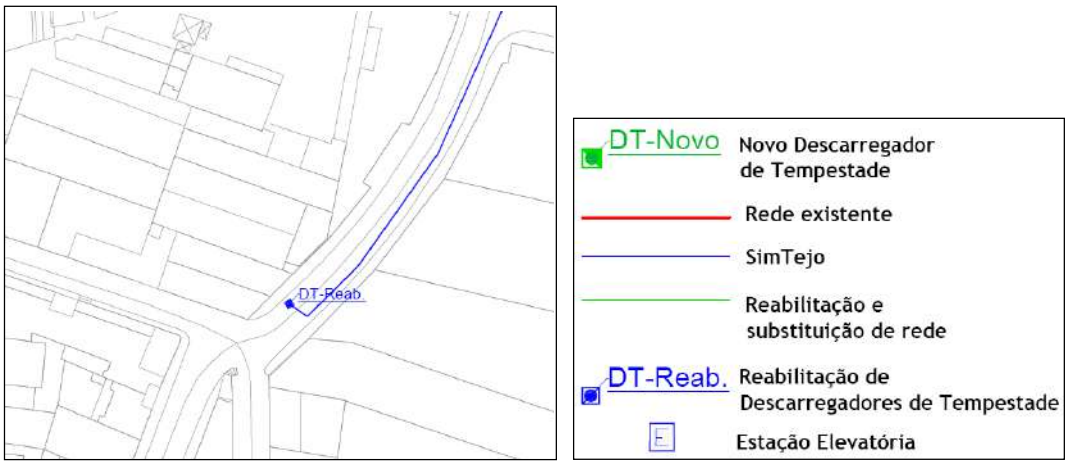


Figura 12.56 – Bacia P - Localização esquemática do descarregador da Rua Dois da Matinha

No Quadro 12.24 apresentam-se, sumariamente, as principais características dos descarregadores propostos para a Bacia P.

Quadro 12.24 - Características dos coletores propostos para a Bacia P.

Localização	Custo (€)	Caudal doméstico Ano 2045 (L/s)
Rua Zófimo Pedroso	325 236	132
Rua Fernando Palha	91 066	2
Rua Grilo	91 066	9
Rua Amigos de Lisboa	91 066	1
R. José Domingos Barreiros	91 066	1
Rua Açúcar	91 066	17
Rua Açúcar	91 066	1
Rua Pereira Henriques	91 066	7
R. Vale Formoso de Cima	325 236	25
Rua Dois da Matinha	91 066	3

12.4.11 Bacia Q

Para garantir a separação de caudais e a correta ligação à respetiva rede propõe-se: reabilitar/ reconstruir cinco descarregadores de tempestade existentes, de modo a desviar eficazmente os caudais domésticos das redes de drenagem unitárias para o Sistema Intercetor de Beirolas (SIMTEJO). Pretende-se reduzir as descargas de águas residuais domésticas para o Rio Tejo e controlar a entrada de caudais pluviais no sistema intercetor.

Adicionalmente, recomenda-se construir um descarregador de tempestade na Rua Centieira para desviar o caudal doméstico do coletor unitário para o Sistema Intercetor de Beirolas, bem como construir um descarregador de tempestade no cruzamento da Av. Infante Dom Henrique com a Via Recíproca para desviar o caudal doméstico do coletor unitário para o Sistema Intercetor de Beirolas antes do desvio do caudal para o novo coletor de reforço à Av. de Berlim. As Figura 12.57 a Figura 12.62 esquematizam as soluções propostas.

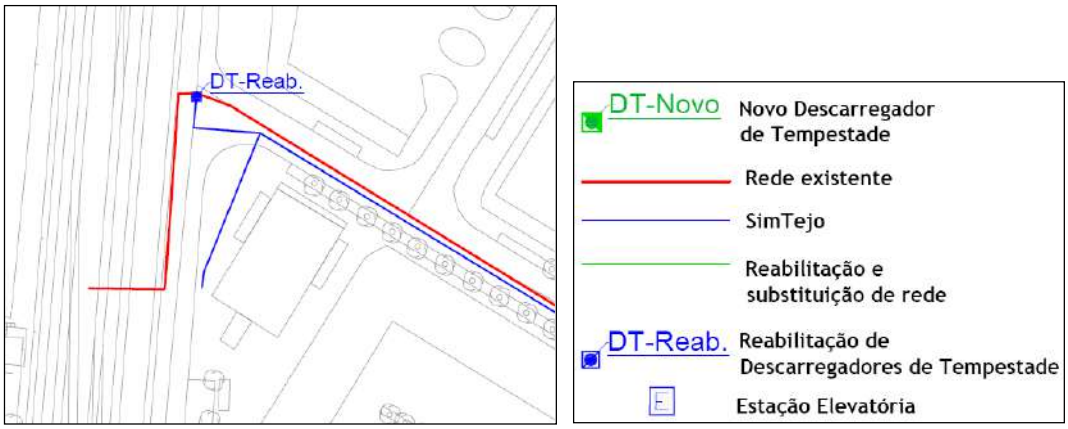


Figura 12.57 – Bacia Q - Localização esquemática do descarregador da Rua Argonautas (P. Nações)

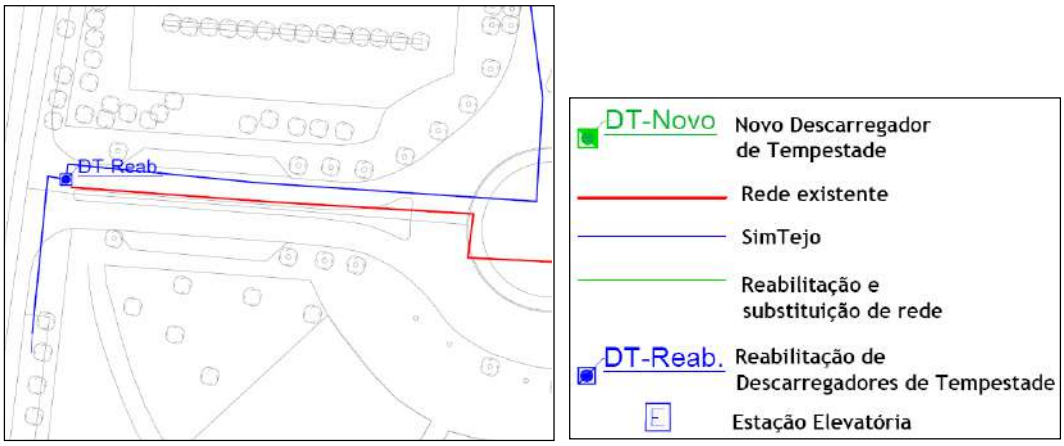


Figura 12.58 – Bacia Q - Localização esquemática do descarregador da Av. Ulisses (P. Nações)

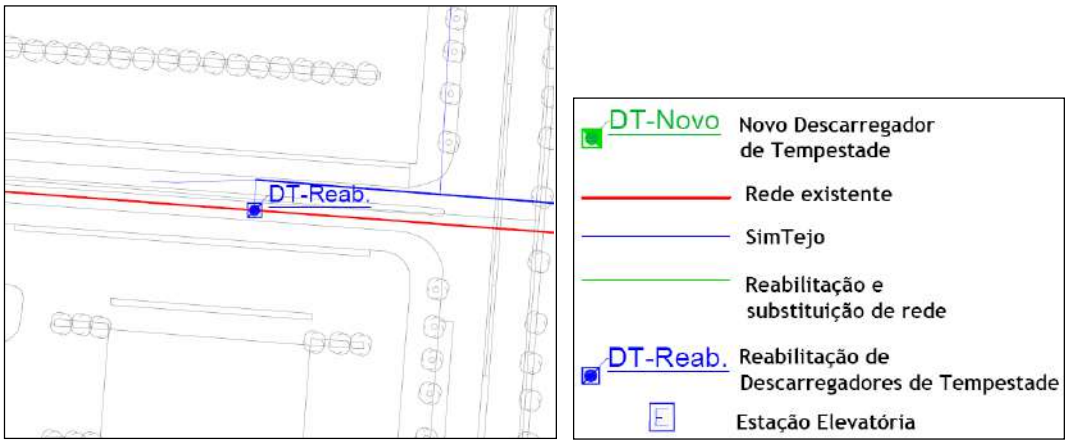


Figura 12.59 – Bacia Q - Localização esquemática do descarregador da D. João II

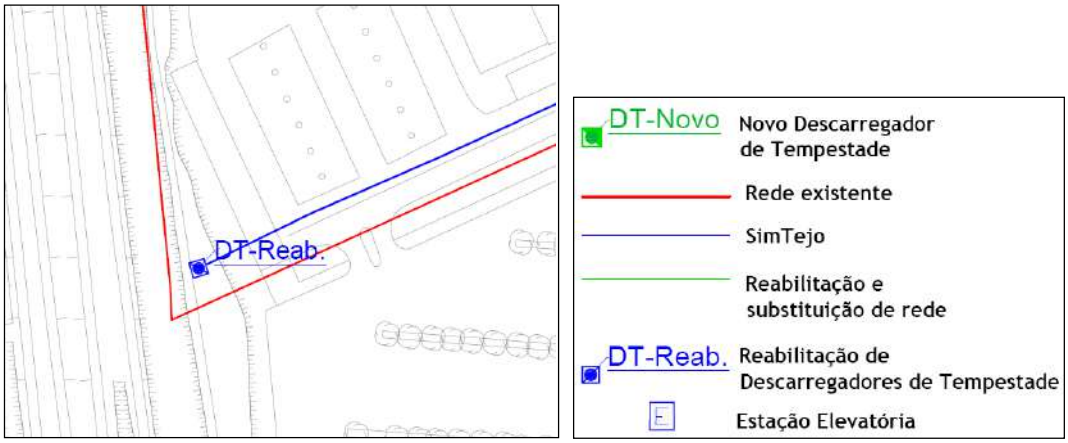


Figura 12.60 – Bacia Q - Localização esquemática do descarregador da Rua de Moscavide

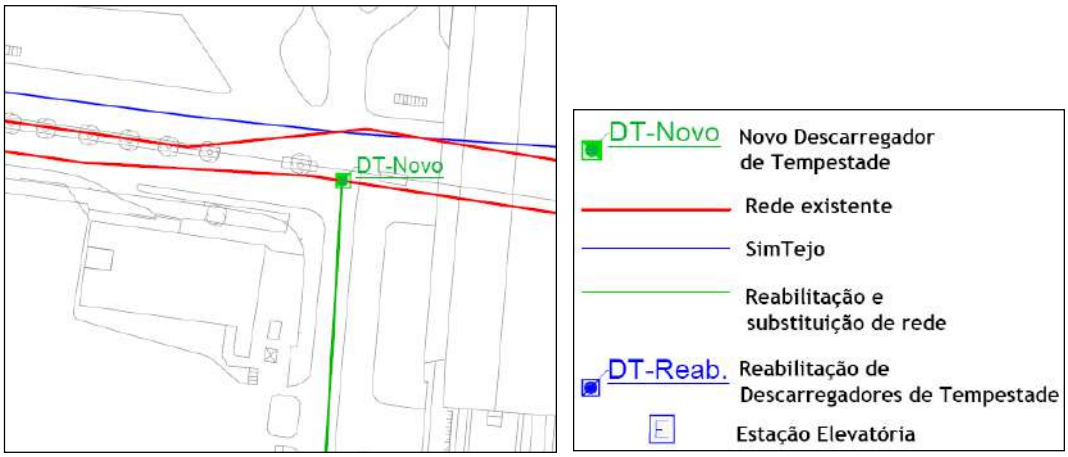


Figura 12.61 – Bacia Q - Localização esquemática do descarregador da Rua Centieira

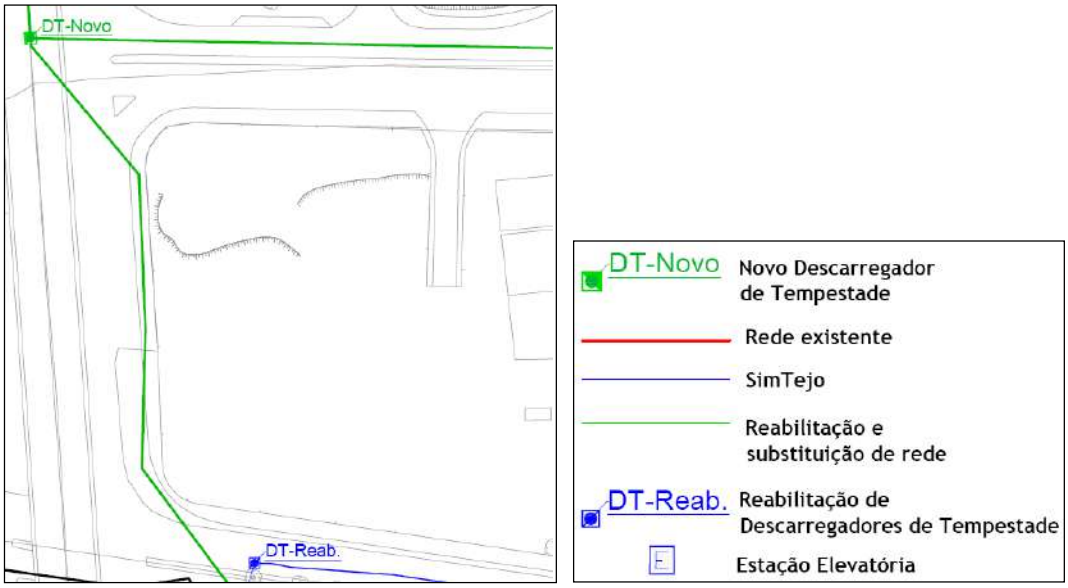


Figura 12.62 – Bacia Q - Localização esquemática dos descarregadores da Av. Reciproca e da Av. Berlim

No Quadro 12.25 apresentam-se, sumariamente, as principais características dos descarregadores propostos para a Bacia Q.

Quadro 12.25 - Características dos coletores propostos para a Bacia Q.

Localização	Custo (€)	Caudal doméstico Ano 2045 (L/s)
Av. Reciproca	325.294	333
Av. Berlim	325.294	501
Av. Ulisses (P.Nações)	91.082	82
Av. D. João II (P. Nações)	91.082	42
R. Zambeze (P. Nações)	91.082	1
R. Argonautas (P. Nações)	91.082	1
Rua Centieira	91.082	4

12.4.12 Bacia R

De forma a intercetar caudais contaminados drenados pelas redes afluentes ao rio Tejo, preconiza-se a construção de nove descarregadores de tempestade munidos de câmara de válvula de vórtice e a construção de oito estações elevatórias e respetivas condutas que permitam a condução dos caudais intercetados pelos descarregadores à rede de drenagem de águas residuais domésticas. As Figura 12.63 a Figura 12.66 esquematizam as soluções propostas.

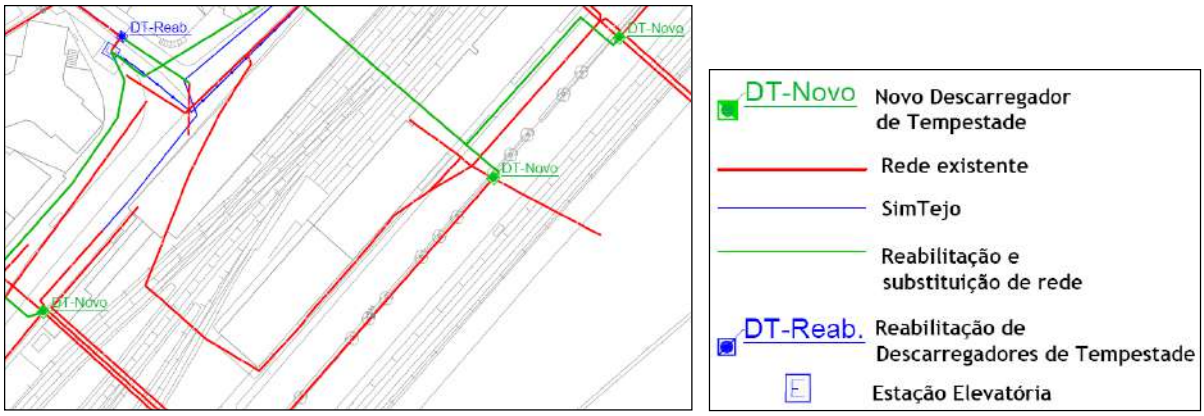


Figura 12.63 – Bacia R - Localização esquemática dos três descarregador da Rua Bica do Sapato e da Av. Infante D. Henrique

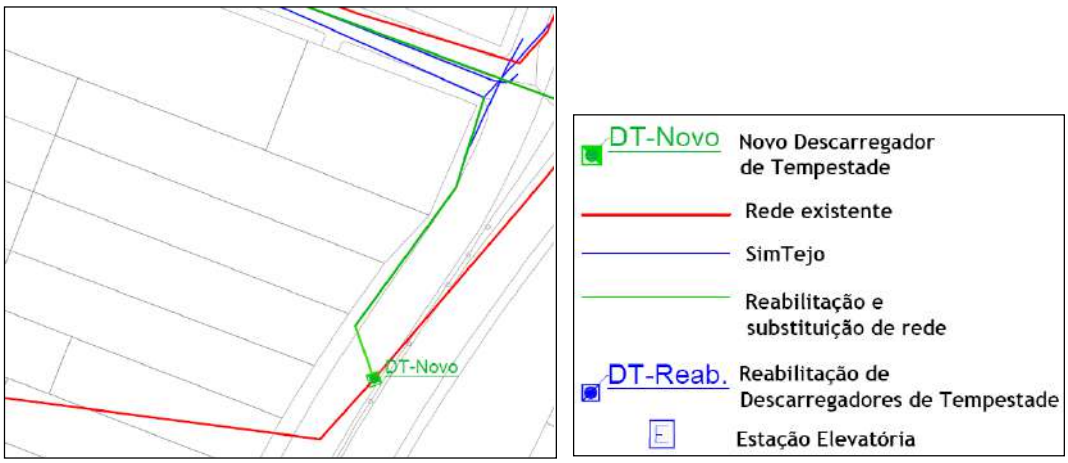


Figura 12.64 – Bacia R - Localização esquemática dos descarregadores da Rua Cintura do Porto de Lisboa

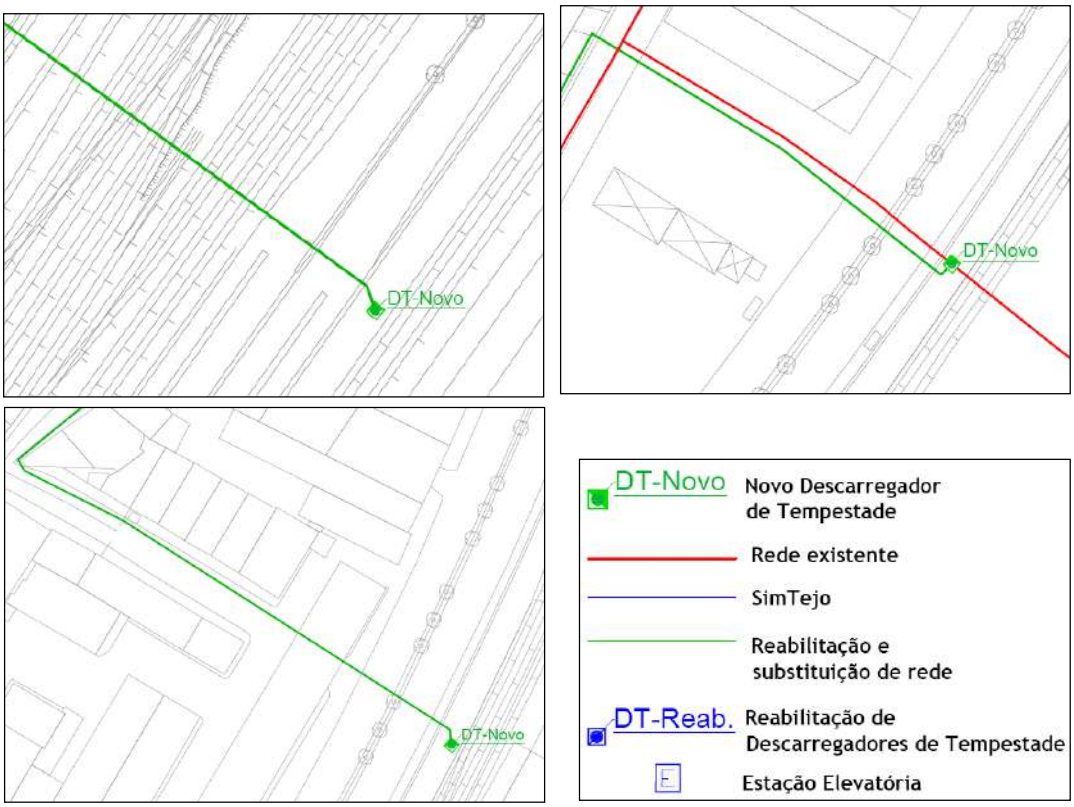


Figura 12.65 – Bacia R - Localização esquemática dos descarregadores da Av. Infante D. Henrique

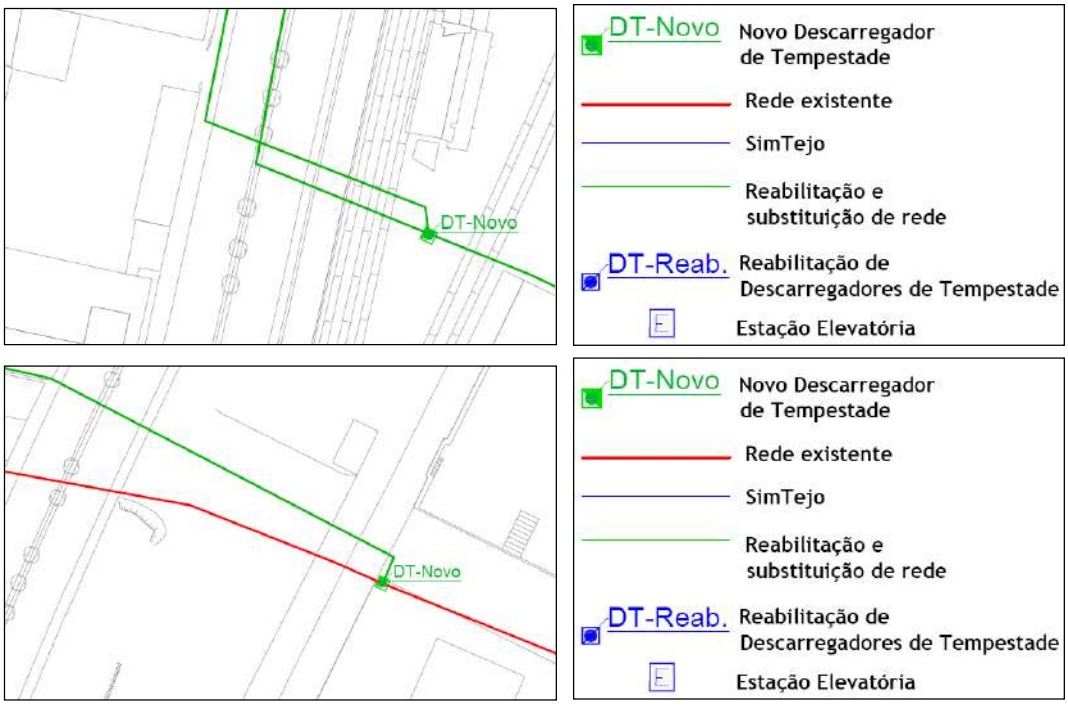


Figura 12.66 – Bacia R - Localização esquemática dos descarregadores do Porto de Lisboa (APL)

No Quadro 12.26 apresentam-se, sumariamente, as principais características dos descarregadores propostos para a Bacia R.

Quadro 12.26 - Características dos coletores propostos para a Bacia R.

Localização	Custo (€)	Caudal doméstico Ano 2045 (L/s)
R. Bica do Sapato	105 111	2
Av. Infante D. Henrique	105 111	1
Av. Infante D. Henrique	105 111	1
Av. Infante D. Henrique	105 111	1
Av. Infante D. Henrique	105 111	13
Av. Infante D. Henrique	105 111	6
Porto de Lisboa (APL)	105 111	4
Porto de Lisboa (APL)	105 111	6
R. Cintura do Porto de Lisboa	105 111	1

12.4.13 Bacia S

Pretende-se criar um eixo de drenagem que garanta o aproveitamento da tendência existente para a separação das redes e que, na entrega de caudais (pluvial e de águas residuais domésticas) ao concelho de Odivelas, estes sejam drenados pelas redes respetivas. Para retirar os caudais de águas residuais domésticas da rede pluvial, recomenda-se a construção de dois descarregadores de tempestade a instalar nas entradas de caudal unitário dos coletores da Calçada de Carriche. Juntamente com a de construção de coletores já referida, consegue-se desta forma entregar caudais separativos ao concelho de Odivelas.

De salientar que, nos coletores pluviais deste eixo, se admite excecionalmente a existência de troços em que o escoamento drenado é unitário. Todavia, pressupõe-se que se trata de situações pontuais e que a jusante será sempre instalado um descarregador, permitindo intercetar o efluente e encaminhá-lo para a rede de drenagem de águas residuais.

Salienta-se que a substituição/reabilitação dos troços indicados nas peças desenhadas deve ser precedida de uma inspeção cuidada, nomeadamente por CCTV, para aferir o tipo e extensão da intervenção e qual a tecnologia mais adequada. Na Figura 12.67 e a Figura 12.68 esquematizam as soluções propostas.

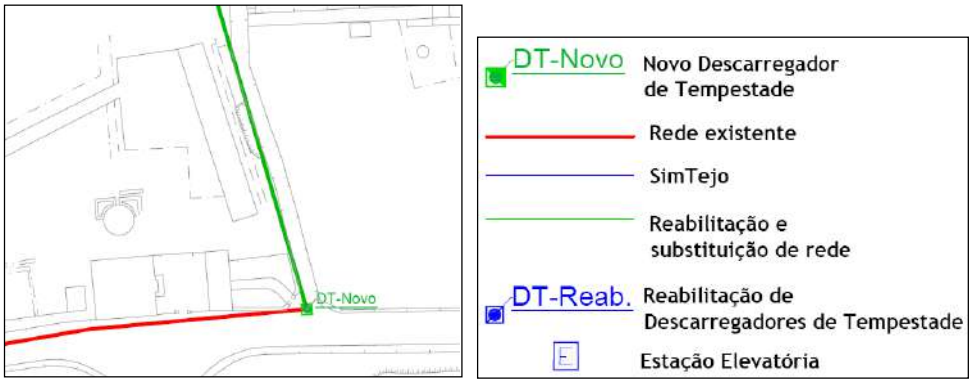


Figura 12.67 - Bacia S - Localização esquemática do descarregador da Est. Lumiar- Azinhaga do Porto

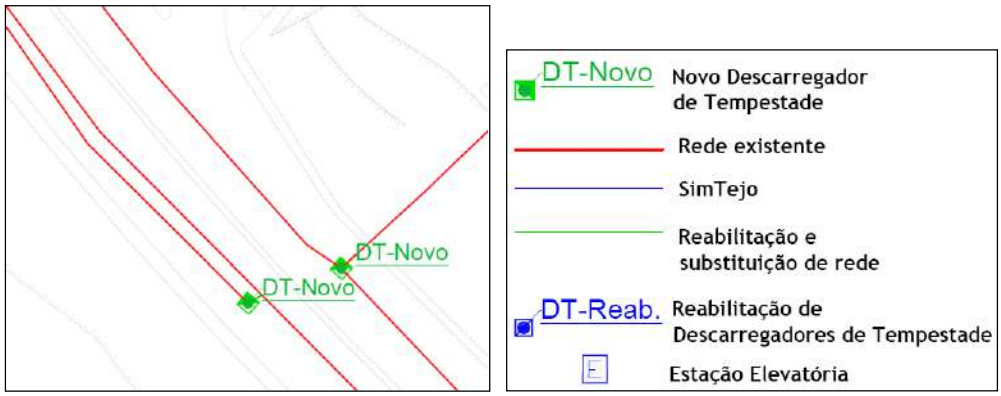


Figura 12.68 – Bacia S - Localização esquemática do descarregador da Calçada da Carriche

No Quadro 12.27 apresentam-se, sumariamente, as principais características dos descarregadores propostos para a Bacia S.

Quadro 12.27 - Características dos coletores propostos para a Bacia S.

Localização	Custo (€)	Caudal doméstico Ano 2045 (L/s)
Cç Carriche (sentido Lisboa - Odivelas)	234 000	108
Cç Carriche (sentido Odivelas - Lisboa)	234 000	90
Est. Lumiar- Azinhaga do Porto	234 000	47

12.4.14 Bacia T

Uma vez que se pressupõe que, na entrega dos caudais aos concelhos contíguos ao de Lisboa, as redes apresentam um carácter separativo, prevê-se a construção de um descarregador de tempestade com câmara de válvula de vórtice que permita, em estiagem, intercetar e desviar os caudais de águas residuais para a rede respetiva (Figura 12.69 e Figura 12.70).

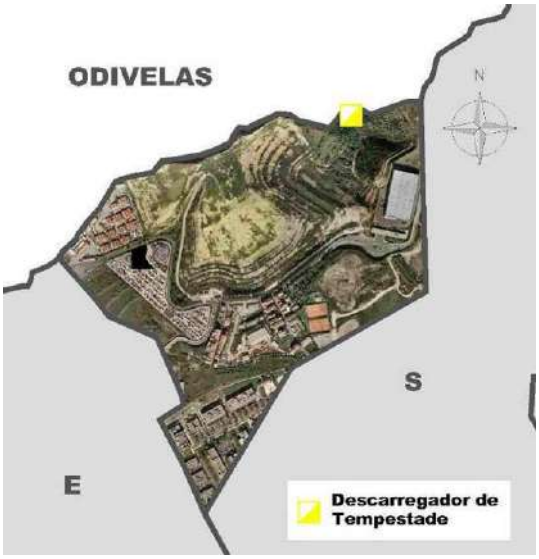


Figura 12.69 - Descarregador de tempestade proposto para a Bacia T

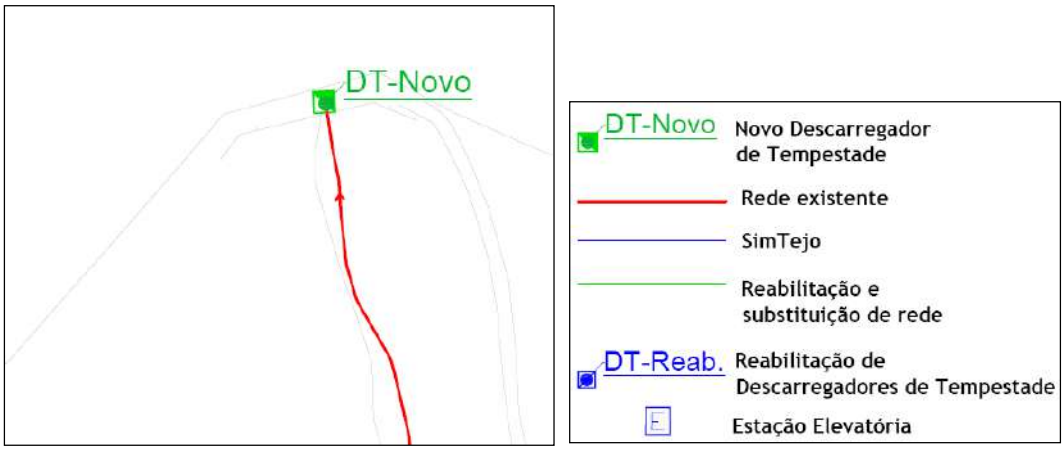


Figura 12.70 – Bacia T - Localização esquemática do descarregador em Carnide

No Quadro 12.28 apresentam-se, sumariamente, as principais características dos descarregadores propostos para a Bacia T.

Quadro 12.28 - Características dos coletores propostos para a Bacia TC.

Localização	Custo (€)	Caudal doméstico Ano 2045 (L/s)
Carnide	234 000	1

12.5 Minimização de perdas de carga localizadas

12.5.1 Bacia J

No que concerne às inundações que ocorrem frequentemente na R. das Pretas, sobretudo na intersecção entre esta rua e a Av. da Liberdade, sugere-se que a pendente do arruamento seja corrigida, mas sobretudo que se reabilite a rede de drenagem local, a fim de reduzir as perdas de carga localizadas, aumentar pontualmente a sua capacidade e evitar obstruções (estas intervenções não podem ser dissociadas do reforço da drenagem superficial da Rua do Telhal e da Rua das Pretas).

12.5.2 Bacia L

Os frequentes problemas hidráulicos que ocorrem na Praça da Figueira, junto ao Hotel Mundial, resultam da existência de um coletor ovóide de dimensões 2600 x 2350 mm, que constitui um estrangulamento significativo relativamente ao coletor de montante, proveniente do Martim Moniz, de secção arco de círculo baixo de 4600 x 2350 mm. A Figura 12.71 reporta-se a este estrangulamento, que ocorre no nó concetual L.N150. Ambos os coletores (de montante e de jusante) apresentam secções e declives adequados ao transporte dos caudais afluentes, ou seja, a respetiva capacidade de transporte é suficiente, teoricamente, pelo que os coletores não entram em carga. No entanto, o facto de não haver uma transição gradual entre estas secções conduz a que, em tempo de chuva, se verifiquem problemas de funcionamento resultantes da transição brusca das secções, que se reflete em

perdas de cargas localizadas e, por vezes, no levantamento de tampas desta câmara de visita.

As obras recentes no Martim Moniz agravaram ainda mais esta situação, já que os novos coletores apresentam grandes deficiências construtivas e disfunções graves, designadamente ligações diretas de ramais através das coberturas, entulhos e resíduos de construções no seu interior (LNEC, 1998). Assim, deve-se reabilitar a rede de drenagem local, a fim de reduzir as perdas de carga localizadas.

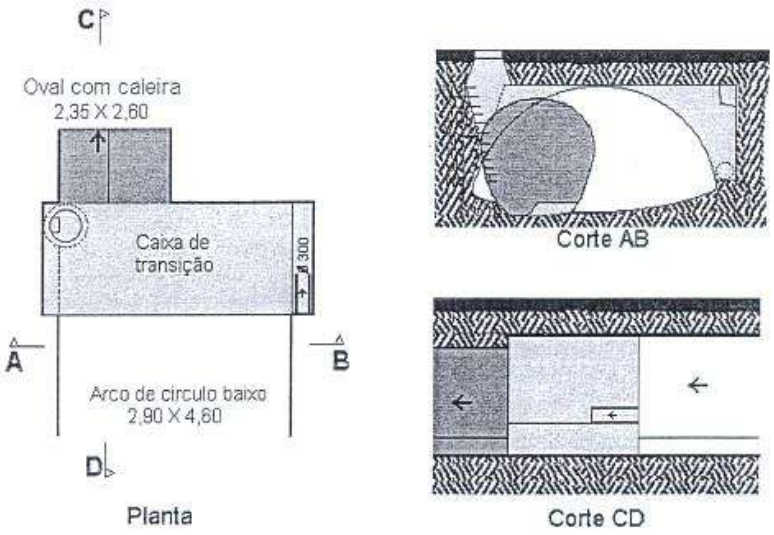


Figura 12.71 – Esquema dos coletores existentes a montante da Praça da Figueira (LNEC, 1992).

12.6 Controlo na origem

12.6.1 Bacia A

No sentido de melhorar as condições de drenagem nesta bacia, propõe-se a construção de uma trincheira de infiltração, a construir no sopé de Monsanto, com o objetivo de garantir o controlo de escorrências pluviais à rede de coletores, permitindo assim uma maior aproximação ao ciclo hidrológico natural e diminuindo os caudais afluentes aos coletores. Esta infraestrutura permite ainda um controlo da poluição, dado que as técnicas envolvidas apresentam, geralmente, alguma capacidade de tratamento decorrente dos processos físicos, químicos e biológicos associados.

Sugere-se que a trincheira de infiltração apresente um volume de cerca de 200 m^3, o que permitirá reduzir em cerca de 30% o caudal pluvial que precipita em Monsanto e que é naturalmente drenado para a R. Alto do Duque. Apresenta-se na, Figura 12.72 e Figura 12.73, o local possível para a respetiva implantação.

Figura 12.72 - Planta da localização da trincheira de infiltração (a amarelo)

Figura 12.73 - Localização da área onde se pretende implantar a trincheira de infiltração

12.6.2 Bacia E

Na bacia de Alcântara, prevê-se que a aplicação de soluções de controlo na origem, com vista à minimização dos caudais de ponta pluviais afluentes ao Caneiro de Alcântara, possa incidir em tecnologias de infiltração e detenção, tais como pavimentos porosos, trincheiras de infiltração e bacias de detenção/infiltração.

A zona alta da bacia de Alcântara, sobretudo a zona oriental, encontra-se bastante consolidada e as áreas livres que os diversos tipos de solução de controlo na origem requerem encontram-se bastante comprometidas. Em áreas livres, como Monsanto, poderá ser encorajada a implantação deste tipo de soluções. Devem, também, ser encaradas soluções de controlo na origem em novos empreendimentos e em novas intervenções no espaço urbano em fases preliminares do desenvolvimento urbanístico e com recomendação dos técnicos da CML.

12.6.3 Outras bacias

As soluções de controlo na origem devem ser equacionadas numa fase inicial do planeamento urbanístico. A CML deve desenvolver instrumentos regulamentares e de apoio técnico para favorecer este tipo de soluções em zonas onde se considere apropriado, nomeadamente nas zonas a montante de grandes bacias hidrográficas em que se verificam, ou possam verificar

no futuro, problemas de inundações. Essas intervenções deverão ser dinamizadas pela CML mas, na sua maioria, custeadas pelas entidades privadas ou públicas promotoras.

Este tipo de solução poderá vir a ser equacionado, em particular, nas bacias O (em todas as áreas por urbanizar ou passíveis de serem urbanizadas, como sejam as zonas de Chelas, Olaias e Alto do Lumiar), P, Q, S e T (em áreas por urbanizar ou passíveis de serem urbanizadas).

12.7 Cadastro e inspeção

Nas análises efetuadas no âmbito do presente Plano, constatou-se que o cadastro da rede de drenagem é claramente insuficiente para avaliar o respetivo estado de funcionamento. Neste domínio, dada a escassez de informação, considera-se que, previamente à execução das obras aqui propostas, se deverá efetuar um investimento significativo no conhecimento do sistema existente, que deve incluir o levantamento de cadastro, inspeção CCTV de coletores e monitorização do funcionamento do sistema atual. De facto, verifica-se não ser prática habitual da entidade gestora as inspeções programadas aos grandes coletores de rede de drenagem, mas recomenda-se que essas inspeções o passem a ser, porque as grandes condutas são importantes ativos que necessitam de monitorização.

Recomenda-se a execução de um programa de inspeção por CCTV e de atualização do cadastro de toda a rede de drenagem para identificar as situações críticas que exigem prioridade de intervenção e recolher elementos que permitam suportar a atividade de projeto. Nestas circunstâncias, propõe-se, para os grandes coletores, que o procedimento a adotar seja o seguinte:

- a totalidade dos troços das condutas de grande diâmetros deve ser objeto de inspeção periódica (período de 10 a 15 anos) com meios complementares de diagnóstico adaptados às características dos materiais dos coletores inspecionados; dessas inspeções deverá resultar um relatório das deficiências detetadas;
- os períodos de inspeção deverão ser adaptados em função dos resultados observados em inspeções anteriores devendo-se adotar períodos mais reduzidos nos coletores que apresentem um histórico com um maior número de intervenções ou indícios de redução precoce de desempenho e intervalos maiores nos coletores cujo desempenho supere ou esteja de acordo com as expetativas;
- em função dos relatórios das inspeções efetuadas e duma análise de risco de cada coletor, dever-se-á efetuar uma adequada programação das ações de manutenção curativa e uma correta avaliação das necessidades de manutenção preventiva.

Os programas de inspeção a efetuar deveriam ser estabelecidos em função das características das tubagens e deveriam incluir ações de limpeza (para serem mais facilmente detetadas eventuais fissuras), inspeção CCTV e testes não destrutivos adequados aos materiais dos coletores.

Para efeito de estimativa de custos, prevê-se neste plano que cada ciclo de inspeção por CCTV e atualização do cadastro de toda a rede de drenagem do concelho de Lisboa dure até cerca de 10 anos, o que representa um esforço de cerca de 150 km por ano.

12.8 Sistema de monitorização e aviso

O sistema de drenagem apresenta elevada complexidade, devido a um conjunto de circunstâncias diversificado, entre as quais se incluem os diferentes tipos de rede que se encontram interligadas (redes separativas e unitárias, redes ramificadas e redes malhadas ou pseudo-malhadas); as diversas secções de escoamento (nomeadamente circulares e ovóides de diferentes tipos); as diversas componentes (descarregadores e ligações diversas) e as diferentes condições de escoamento (regime lento, regime rápido e regimes influenciados pela condição de assoreamento e de entrada de água do mar com origem a jusante).

Nestes casos complexos, e dada a sua dimensão em termos de importância e população servida, torna-se relevante o acompanhamento do comportamento hidráulico e ambiental, o que pode e deve ser conseguido por instalação e acompanhamento de uma rede de monitorização apropriada. Por outro lado, preveem-se avultados investimentos em obras, sendo que a conceção e dimensionamento das novas infraestruturas deve, se possível, apoiar-se em informação real de campo, designadamente no que se refere a alturas e velocidades de escoamento e caudais medidos, em secções estratégicas, por ocasião de precipitações. Essa informação será naturalmente relevante no sentido de otimizar os investimentos.

Assim, constituem objetivos de uma rede de monitorização de águas residuais para a cidade de Lisboa a recolha de dados de alturas de escoamento, de caudais de descarga e, eventualmente, de parâmetros de qualidade, em secções estratégicas, que permitam a avaliação espacial e temporal dessas grandezas.

A informação recolhida e o processo de transmissão de informação da rede de monitorização contribuirão para o conhecimento mais detalhado do comportamento hidráulico e ambiental do sistema, constituindo uma base sólida para a definição de prioridades de intervenção e de uma gestão avançada e racional da mesma, bem como para a otimização dos investimentos na fase de projeto de execução.

A monitorização das grandezas ou parâmetros relevantes poderá desenvolver-se nas seguintes vertentes:

- **Monitorização de vigilância**, que visa verificar o comportamento em secções consideradas críticas do sistema, onde se manifestam, com maior risco, as condições que podem conduzir a descargas para o meio recetor, mesmo em tempo seco. Os dados recolhidos devem permitir suportar intervenções de minimização dessas situações. Constituem secções críticas, nessa vertente da monitorização, os descarregadores de

desvio, na fronteira da rede em "baixa" com a rede em "alta", designadamente os que servem as bacias de drenagem de maior dimensão;

- **Monitorização operacional**, que visa controlar o comportamento das secções que condicionam, ou podem condicionar, a operação do sistema, e auxiliar a tomada de decisão correntes, como sejam a manobra de comportas, a entrada em serviço de grupos eletrobomba ou ações de limpeza;
- **Monitorização de faturação**, que visa a medição de grandezas, como o caudal, para efeitos de controlo de afluências e faturação à entidade que gere o sistema em alta;
- **Monitorização de investigação ou apoio a projeto,** que visa a recolha de informação visando a investigação ou elementos credíveis de suporte de dimensionamento hidráulico de infraestruturas (i.e., calibração e validação de modelo hidráulico) no sentido da otimização dos investimentos.

O sistema de monitorização da rede de coletores deve incluir não só as estações automáticas com teletransmissão, mas uma estrutura informática para armazenamento, simulação e disponibilização de informação.

No caso do sistema da cidade de Lisboa, o processo para a escolha dos locais de amostragem e sua implementação deve ser progressivo, designadamente no que respeita às secções para medição de caudal, tendo como orientação a necessidade de dispor, com celeridade, de informação fidedigna para dimensionamento de novas infraestruturas.

As fases de desenvolvimento do "projeto" da rede de monitorização devem incluir:

- Seleção preliminar das estações de medição: caracterização aproximada de locais escolhidos, caracterização sumária das estações e dos respetivos objetivos, avaliação da gama de caudais esperados em tempo seco e em tempo húmido. As estações devem ser instaladas a montante de eventuais grandes infraestruturas a construir, com vista a suportar os respetivos projetos;
- Visitas de campo de avaliação de locais, e confirmação dos locais pré-selecionados;
- Preparação e lançamento de processos de concurso e adjudicação de empreitada de construção civil e equipamentos de medição e sistemas associados (telemetria, etc.);
- Instalação dos equipamentos e eventual contratação de assessoria e assistência técnica, pelo menos durante um período experimental de um ano. Treino e aprendizagem da equipa.

Conforme referido na secção 4.8, a AdLVT (anterior SIMTEJO) tem já instalados cinco medidores de caudal em locais estratégicos. Recomenda-se também a instalação de medidores de caudal ou de medição de alturas de água, nomeadamente pelo menos nos seguintes troços:

- Caneiro de Alcântara, braço Benfica - Campolide, a montante do cruzamento com o ramal das Avenidas Novas;

- Caneiro de Alcântara, ramal das Avenidas Novas, a montante do cruzamento com o ramal de Benfica – Campolide;
- Coletores da Almirante Reis, a montante do Martim-Moniz;
- Coletores da zona baixa de Alcântara, na margem direita e na margem esquerda, e em Sete Rios;
- Coletor da Cordoaria, a montante do Edifício da Cordoaria;
- Galeria pluvial (Nova II), no início da Avenida Estados Unidos da América (O.N0180);
- Galeria pluvial nas Olaias (O.N0250);
- Galeria pluvial na Rua Zófimo Pedroso / Rua Amorim (P.N120);
- Coletor unitário na Avenida de Berlim (Q.N0140);
- Coletor unitário na Estrada do Lumiar (S.N150);
- Coletor pluvial na Calçada de Carriche (S.N070/S.N080);
- À entrada e saída dos dois túneis a construir, devem também medir-se as alturas de água (e caudais).

12.9 Formação, capacitação e gestão de ativos

É essencial que a entidade gestora melhore a sua capacitação para passar a ter uma adequada gestão patrimonial das infraestruturas de que dispõe (gestão de ativos). A definição das estratégias de manutenção e reabilitação da rede de drenagem deve ser inserida numa estratégia global de gestão de ativos. É também essencial que a entidade gestora passe a dispor de ferramentas para analisar as ordens de serviço das intervenções efetuadas que lhe permita orientar os investimentos de reabilitação tendo em conta o aumento de obstruções ou de afluências indevidas de origem subterrânea e pluvial.

De acordo com NRCC (2003), existem duas abordagens para o desenvolvimento de um plano de reabilitação de um sistema de infraestruturas: uma *top-down*; e outra *bottom-up*, de aplicação complementar. A abordagem *top-down* é utilizada para planeamento estratégico de longo prazo, enquanto a abordagem *bottom-up* é utilizada para o planeamento de projetos de investimento a efetuar a curto prazo.

Na abordagem *top-down*, os custos de renovação de um conjunto de ativos são estimados usando o custo de substituição e assumindo uma vida útil expectável dos ativos. Tipicamente, assume-se que a vida útil expectável dos componentes de construção civil da rede de drenagem é de 50 a 100 anos, o que implica um custo anual de renovação da rede de 2% ou 1%, respetivamente.

A abordagem *bottom-up* deve ser efetuada através de um cadastro e de um inventário detalhado dos ativos incluindo as condições de funcionamento atuais, os custos associados ao tratamento das afluências indevidas, as taxas de entupimentos observadas por deficiências das infraestruturas e as taxas de deterioração expectáveis.

A gestão de ativos da rede de drenagem da cidade de Lisboa terá que evoluir no sentido da entidade gestora passar a dispor de ferramentas que permitam analisar a informação das

obstruções, afluências indevidas e outras deficiências de serviço por diferentes unidades de análise (bacias, tipos de materiais, zonas espaciais, etc.) e com essa informação alterar, se for caso disso, a prioridade de intervenção das diferentes zonas e antecipar ou adiar investimentos de reabilitação e substituição de coletores. Estas ferramentas poderão facilitar a abordagem *bottom-up*, que se considera ser a mais adequada para definir estratégias de manutenção e reabilitação dos coletores da rede secundária da cidade. Normalmente, um Plano de Renovação, para ser definido de forma adequada, tem em conta as seguintes necessidades ou prioridades:

- Substituir ou reabilitar estruturalmente os coletores que tenham elevadas taxas de entupimentos observadas por deficiências das infraestruturas ou juntas com afluências indevidas significativas;
- Reabilitar as câmaras de visita onde se verificam taxas de infiltração significativas;
- Detetar e substituir ramais que apresentem afluências indevidas significativas;
- Ampliar coletores onde os diâmetros sejam insuficientes para drenar os caudais solicitados, reduzindo as descargas no meio recetor.

Esta abordagem *bottom-up* é a mais adequada para um planeamento até 10 anos a 20 anos, havendo vantagem em dispor de alguma sobreposição com o planeamento estratégico definido pela *top-down*.

Para permitir estas avaliações, a entidade gestora deverá dispor de um sistema de informação que permita integrar num SIG do cadastro os dados provenientes da monitorização e da exploração e dispor também de uma estrutura de apoio que permita manter esse sistema de informação devidamente atualizado.

No âmbito deste Plano, estimou-se para a capacitação, aquisição de ferramentas de gestão de ativos (*software* e *hardware*) e formação um valor inicial de 500 000 €, a ser investido nos primeiros cinco anos.

12.10 Outras intervenções

12.10.1 Captação de escoamento de superfície

Em diversos locais da cidade de Lisboa os problemas de drenagem devem-se, em grande parte, ao facto dos dispositivos de interceção das escorrências superficiais serem em número insuficiente e/ou apresentarem uma eficiência muito reduzida, frequentemente inferior a 30%. É este o caso da bacia E (e.g., baixa de Alcântara, Av. de Berna e Praça de Espanha), da zona ribeirinha (e.g., Baixa pombalina e Av. 24 de Julho), entre outros locais.

Assim, recomenda-se que se proceda ao reforço/substituição de dispositivos de drenagem superficial, incluindo a construção de sumidouros rebaixados e, nas ruas mais inclinadas ou nos locais mais propensos a inundações, de sumidouros "corridos", implantados perpendicularmente aos arruamentos, que promovam a interceção eficaz dos caudais escoados superficialmente. Na bacia J, por exemplo, dado o facto da Rua das Pretas ser um

ponto baixo, é necessário substituir os sumidouros atuais e reforçar também a drenagem superficial da Rua do Telhal. Também se deve proceder à substituição dos sumidouros na Av. da Liberdade e Marquês de Pombal, pois são antigos, estão degradados e obstruídos com raízes. A requalificação da Av. Fontes Pereira de Melo, aliada ao reforço da drenagem superficial, constitui outra forma de ajudar na captação das águas superficiais que afluem ao Marquês de Pombal.

Concretamente, em Sete Rios, importa assegurar que a Estradas de Portugal assegure a limpeza da rede de drenagem superficial do viaduto do Eixo Norte/Sul, de forma a evitar inundações na Praça de Sete Rios.

Na generalidade, deve reforçar-se a rede de sarjetas de passeio e sumidouros por toda a cidade de Lisboa, sendo as opções decorrentes de avaliação rua a rua, acompanhando os trabalhos de cadastro e de inspeção CCTV e como resultado de simulação hidráulica. No entanto, sabe-se que os sumidouros de grades, sobretudo se estiverem implantados em zonas rebaixadas (2 a 3 cm), dispõe de capacidades de interceção superiores a 50 l/s, e que por isso são recomendados.

Reveste-se igualmente de importância a implementação de um programa de limpeza regular dos sumidouros em toda a zona urbana de Lisboa, em especial nas zonas inundáveis e nos arruamentos adjacentes, situados a cotas mais elevadas.

12.10.2 Relocalização de estruturas/soluções urbanísticas

Em situações pontuais, em que a orografia local é tal que inviabiliza a drenagem pluvial adequada da zona, deve ser equacionada a possibilidade de relocalização de estruturas aliada à implementação de soluções urbanísticas adequadas.

Tal é o caso do final da Rua do Alvito (zona baixa junto à Av. de Ceuta), onde ocorrem frequentemente inundações graves nos cafés, restaurante e lojas locais em virtude da depressão topográfica aí existente. Recomenda-se que estes estabelecimentos comerciais sejam relocalizados e se proceda ao aterro da depressão.

Também em Sete Rios, dada a depressão topográfica local, é comum a inundação de alguns estabelecimentos comerciais pequenos (cafés e restaurantes). Recomenda-se, igualmente, que estes estabelecimentos comerciais possam ser eventualmente relocalizados.

12.10.3 Rede de drenagem separativa para a zona ribeirinha

A zona ribeirinha, a sul do sistema operado pela AdLVT (anterior SIMTEJO), deverá ser tornada separativa através da construção de uma rede doméstica que drene para o intercetor. Para tal, prevê-se a construção de estações elevatórias em certas zonas, nomeadamente junto ao Museu da Eletricidade e na área do Porto de Lisboa. Alternativamente, pode ser equacionada a construção, nessas áreas, de sistema sob vácuo, de menor impacto ambiental na fase de construção.

12.10.4 Beneficiação de descargas no rio Tejo

Algumas das descargas de coletores unitários de dimensão relevante no estuário do Tejo carecem de ser beneficiadas, quer por se encontrarem parcialmente degradadas ou destruídas (como ilustrado na Figura 12.74), quer por terem uma configuração hidraulicamente pouco favorável, proporcionando a descarga de caudais pluviais com velocidades elevadas, o que se reflete em perdas de carga localizadas relevantes. A reabilitação das descargas, designadamente através do alargamento da secção final dos coletores, conduzirá a uma importante redução das perdas de carga localizadas e consequente rebaixamento das linhas piezométricas instaladas (especialmente em situações de preia-mar e precipitações intensas), levando a um decréscimo dos riscos de inundação.

Figura 12.74 - Descarga das bacias D9, D8 e D7 no estuário do Tejo

Na Figura 12.75 encontra-se assinalada, a título exemplificativo, a localização das descargas finais das principais redes da bacia R, que, de uma forma geral, se caracterizam por uma conceção pouco cuidada e alguma degradação. Como tal, sugere-se a sua reabilitação com o objetivo de recuperar a sua estrutura, quando necessário, e de reduzir perdas de carga desnecessárias, relevantes sobretudo em preia-mar.

Figura 12.75 - Descargas finais das redes da Bacia R

Refere-se, ainda, a necessidade de proceder à limpeza periódica das descargas existentes no Terreiro do Paço, situadas sob o Cais das Colunas, que se encontram atualmente bastante assoreadas, impedindo a saída franca dos caudais de tempo de chuva e agravando substancialmente os riscos de inundação na zona da Baixa pombalina.

12.10.5 Beneficiação do troço marítimo do Caneiro de Alcântara

Sugere-se que a descarga do Caneiro de Alcântara no rio Tejo seja reabilitada, nomeadamente que se proceda, se necessário, à reabilitação estrutural dos últimos 1200 m do Caneiro (troço marítimo), incluindo a construção de soleira e o reforço de paredes, o que favoreceria as condições de escoamento, nomeadamente promovendo o aumento do coeficiente de rugosidade K_s. Esta intervenção está a ser analisada em detalhe, com base nos resultados do estudo desenvolvido pelo LNEC.

Na Figura 12.76 encontra-se assinalada a localização da descarga final do Caneiro no rio Tejo (a secção de descarga do Caneiro não é visível, por se encontrar submersa). O coletor que se observa à direita representa um coletor pluvial que existe no lado esquerdo do Caneiro.

Figura 12.76 - Descarga final do Caneiro de Alcântara no rio Tejo

12.10.6 Renovação da rede de drenagem

No âmbito do presente Plano, procedeu-se à identificação de um conjunto de intervenções a efetuar a curto e médio prazo, tendo em conta uma análise *bottom-up* do diagnóstico dos principais problemas identificados. Estas intervenções são importantes para a resolução dos principais problemas identificados, mas, em termos de planeamento, é também importante proceder a uma alocação de recursos financeiros para custear a resolução de problemas já identificados mas que irão surgir naturalmente por envelhecimento e obsolescência das infraestruturas duma rede de drenagem cuja idade média das infraestruturas se estima em mais de 60 anos.

Uma análise *top-down* tendo em conta a caracterização geral da rede de drenagem e assumindo-se que a vida útil expectável dos componentes de construção civil é de 50 a 100 anos conduz a um custo anual de renovação da rede de 2% ou 1% do valor, respetivamente.

Tendo em conta as características da rede de drenagem, estima-se que o valor de construção como novo do património existente em rede secundária seja da ordem dos 950M €. Nestas circunstâncias, considera-se prudente que, após a resolução dos problemas mais urgentes identificados, se proceda a uma alocação para investimento em renovação da rede de drenagem de cerca de 9,5 M€/ano. Esta verba deverá ser interpretada como um investimento médio anual, mas este valor deverá ser objeto de reavaliação em função de um melhor conhecimento do estado real das infraestruturas existentes que irá ser obtido com o desenvolvimento do cadastro e da CCTV.

13 AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS E ENCARGOS DE EXPLORAÇÃO

13.1 Custos de investimento

Os custos de investimento foram definidos para a solução recomendada (solução C) para cada uma das bacias em estudo e apresentados nos capítulos anteriores. Estes investimentos, apresentados no Quadro 13.1, incluem intervenções estruturantes que visam melhorar significativamente o desempenho da rede existente, designadamente através de soluções de aumento da capacidade de escoamento, de desvio de caudais e, ainda, um conjunto de intervenções complementares.

Quadro 13.1 - Investimentos previstos na rede principal (por intervenção).

Intervenção	Custo (M€)	Custo (M€)	
		2016-2020	2021-2030
Desvio de caudais entre bacias (túneis)	70 000	70 000	0
Bacias de amortecimento	495	365	130
Reforço e reabilitação de coletores e redes secundárias	75 000	21 339	53 661
Separação e controlo de caudais	8 410	3 215	5 195
Minimização de perdas de carga localizadas	2 000	1 000	1 000
Controlo na origem	1 585	85	1 500
Levantamento de cadastro e inspeção	7 000	3 500	3 500
Sistema de monitorização e aviso	2 400	900	1 500
Capacitação e gestão de ativos	1 000	500	500
Outras intervenções	10 350	4 100	6 250
Captação de escoamento de superfície	6 000	1 500	4 500
Relocalização de estruturas/soluções urbanísticas	1 000	300	700
Beneficiação de descargas no rio Tejo	1 350	300	1 050
Beneficiação do troço marítimo do Can. de Alcântara	2 000	2 000	0
TOTAL	178 240	105 005	73 236

As componentes mais significativas no investimento proposto dizem respeito à construção de túneis e ao reforço e reabilitação de coletores. Em termos espaciais, o maior investimento centra-se no Sistema de Alcântara – a primazia deste sistema no que se refere aos custos de investimento deve-se essencialmente à dimensão da área servida e às características das infraestruturas de drenagem. No que concerne à área servida, este sistema é consideravelmente superior aos restantes, compreendendo cerca de 55% da área abrangida pelo PGDL. No que diz respeito às infraestruturas, é neste sistema que se localizam as redes de drenagem mais envelhecidas, onde se acentuam os problemas estruturais e de falta de capacidade. Salienta-se que este sistema engloba as zonas mais antigas da cidade de Lisboa.

13.2 Custos totais de operação e manutenção

Obras de manutenção são as que visam unicamente repor a funcionalidade de um troço ou órgão da rede e que não conduzem a um acréscimo da vida útil das infraestruturas nem a uma alteração significativa da sua capacidade de escoamento. Entende-se por operação o conjunto de tarefas associadas à gestão e operação corrente da rede, tais como, inspeção e limpeza de coletores ou monitorização de variáveis hidráulicas e de qualidade.

As soluções preconizadas no âmbito do presente Plano não apresentam especificidades próprias que obriguem a acréscimos significativos de exploração. Nestas circunstâncias, os custos de exploração a considerar poderão ser calculados tendo por base os custos de exploração atuais da entidade gestora complementando com custos adicionais que se entendam necessários para colmatar as lacunas que se encontram identificadas ou que venham a ser identificadas neste domínio. A perceção geral é que a gestão do sistema de drenagem se faz de forma reativa e de que não se tem facilmente acesso a recursos para atuar de forma preventiva na limpeza e manutenção das infraestruturas existentes. Recomenda-se que esta forma de atuação se altere no futuro, sendo para isso necessário a alocação de verbas, de forma atempada.

Apesar do âmbito da revisão deste Plano não contemplar a análise dos custos correntes que a entidade gestora tem com os serviços de saneamento, procedeu-se a um exercício muito simplificado para estimar os custos de operação e manutenção considerando que a entidade gestora terá alocada a este serviço 40 pessoas a tempo inteiro e que se poderá considerar uma alocação de 20% do trabalho dos cerca de 1000 cantoneiros existentes para limpeza de sumidouros. De acordo com esta análise, estima-se que possam ser alocados ao saneamento 2,5M €/ano em custos com pessoal a que se devem adicionar cerca de 2,5M € em outros custos operacionais e subcontratos, para intervenções pontuais de limpeza preventiva. Este valor de 5M€/ano corresponde a cerca de 0,5% do valor patrimonial da rede de drenagem, se tivesse que ser construída como nova (custo de reposição), o que parece ser um valor razoável para a manutenção e operação, dado tratar-se essencialmente de património de construção civil.

O valor estimado, de 5M€/ano, inclui os custos de operação e manutenção estimados individualmente, em conformidade com os critérios anteriormente referidos. Para a solução recomendada, tal como se apresenta no Quadro 11.2, os encargos anuais de operação e manutenção associados às novas infraestruturas e equipamentos estimam-se, adicionalmente, em cerca de 1 milhão de euros, valor inferior ao estimado para as soluções alternativas, que dispõem de reservatórios e equipamentos associados, e que são da ordem de 2,5 M€/ano.

14 PLANEAMENTO DE INTERVENÇÕES PRIORITÁRIAS E ATIVIDADES COMPLEMENTARES

Apresenta-se, neste capítulo, uma proposta de cronograma das intervenções para os cinco primeiros anos de implementação do plano (2016 a 2020) e uma estimativa de alocação de verbas agregada para as intervenções a efetuar nos 10 anos seguintes (2021 a 2030).

Propõe-se que se iniciem os processos para concurso de algumas intervenções estruturantes, para que a execução das obras se possa ainda iniciar em finais de 2016/inícios de 2017, designadamente a construção do túnel Monsanto-Stª Marta-Stª Apolónia e do túnel Chelas-Beato, bem como de melhoramento do sistema de monitorização e aviso.

Adicionalmente, consideram-se intervenções prioritárias, e executar entre 2016 a 2020, as seguintes:

Reforço e reabilitação de coletores e redes secundárias

- Bacia C – troço final da Calçada da Ajuda.
- Bacia E – coletores existentes ao longo da Av. de Berna/Entrecampos, R. D. Maria Pia, R. Triste Feia, Av. de Ceuta, R. da Cruz, R. José Dias Coelho e R. Luís de Camões, e zona baixa de Alcântara.
- Bacia H – designadamente na R. das Amoreiras e R. de S. Bento.
- Bacia L – coletores da Calçada de Arroios.
- Bacia O – troços de coletores da Av. Santo Condestável, Av. Reciproca, Av. Inf. D. Henrique, Rua Bojador e Av. Indico.
- Bacia S - Est. Lumiar (Azinhaga do Porto) e R. André Gouveia.

Separação e controlo de caudais

- Bacia C – descarregadores da R. da Junqueira e da Calçada da Ajuda.
- Bacia D – descarregador da R. Pinto Ferreira.
- Bacia E – descarregadores do Largo das Fontainhas (D16), R. Rodrigues Faria (D17), cruzamento R. da Cascalheira/R. da Cruz (D19a), R. do Alvito (D19b), R. de Alcântara (D19c), R. D. Maria Pia (D8) e R. Triste Feia (D8a).
- Bacia G – descarregador da Calçada Ribeiro Santos.
- Bacia H – descarregador da Av. Dom Carlos I.
- Bacia I – descarregador da R. das Flores.
- Bacia O – descarregadores de tempestade de Broma, Quartel e Picheleira.
- Bacia R – descarregadores da R. Bica do Sapato.
- Bacia Q – descarregadores da Av. Reciproca e Av. Berlim.
- Bacia S – descarregadores da Est. Lumiar- Azinhaga do Porto.

Bacias de amortecimento

- Bacia D – Bacia de retenção/infiltração da Avenida da Universidade Técnica.
- Bacia S - Bacia de amortecimento da linha de água da Ameixoeira (Qtª das Lavadeiras).

Minimização de perdas de carga localizadas

- Bacia J – correção do cotovelo entre a R. das Pretas e a Av. da Liberdade.
- Bacia L - correção da camara de visita situada junto ao Hotel Mundial.

Dispositivos de interceção de caudais

- captação de escoamento de superfície (construção de sarjetas e sumidouros) nos locais críticos, como a R. Luís de Camões, R. das Pretas e R. de São José, entre outras.

Considera-se ainda prioritária a implementação, sempre que possível, de soluções de controlo na origem (concretamente da trincheira de infiltração a construir na Bacia A, na Rua do Alto do Duque). Referem-se igualmente intervenções generalizadas de captação de escoamento de superfície (construção de sarjetas e sumidouros) por todas as bacias de drenagem, com ênfase nos locais onde ocorrem, com maior frequência, problemas de escoamento superficial. Por último, devem ser concretizadas as intervenções de relocalização de estruturas/soluções urbanísticas (designadamente na bacia E, na Estrada do Alvito/R. Cruz a Alcântara), a beneficiação do trecho de descarga no rio Tejo, no troço marítimo do Caneiro de Alcântara, na bacia E.

Nos anos seguintes, e até 2030, seguem-se as restantes intervenções. Salienta-se que o planeamento proposto teve em conta as agendas e prioridades definidas, designadamente, no âmbito dos projetos "Uma Praça em cada Bairro" e o plano de pavimentações, cuja síntese se apresenta nos Anexos I e II. Os anos de investimento mais significativo são os do período inicial 2016-2020. Em simultâneo com o investimento no sistema ou rede principal, deverão ter lugar, assim, as intervenções de reabilitação e reforço da capacidade hidráulica e estrutural da rede secundária, de bacias de amortecimento, de reforço e controlo de caudais, de minimização de perdas de carga localizadas, de controlo na origem, de monitorização e aviso e de capacitação e gestão de ativos.

No domínio da monitorização do desempenho hidráulico, ambiental e estrutural das infraestruturas, o processo para a escolha dos locais de amostragem e sua implementação deve ser progressivo, designadamente no que respeita às secções para medição de caudal, tendo como orientação a necessidade de dispor com celeridade de informação fidedigna para dimensionamento de novas infraestruturas, nomeadamente daquelas a que se associam maiores investimentos.

O plano de atividades proposto tem o seu início em 2016 dando continuidade ao programa piloto de monitorização dos coletores por CCTV e de atualização do cadastro que se irá desenvolver em 2016. Sugere-se que este programa tenha um ciclo de 10 anos, o que representa um esforço significativo, de cerca de 150 km por ano. No Quadro 14.1 é apresentado o planeamento dos investimentos entre 2016 e 2020, e entre 2021 e 2030.

Quadro 14.1 – Planeamento dos investimentos

Ano do investimento ⇨ ⇩Tipo de intervenção	2016	2017	2018	2019	2020	2021 a 2030	TOTAL
DESVIO DE CAUDAL ENTRE BACIAS (TÚNEIS)							
Monsanto-St.ª Marta-St.ª Apolónia	10000	20000	20000	9000			59 000
Túnel Chelas - Beato			3000	8000			11000
Total	***10 000***	***20 000***	***23 000***	***17 000***	***0***	***0***	***70 000***
BACIAS DE AMORTECIMENTO							
Avenida da Universidade Técnica						130	130
Linha de água da Ameixoeira (Qta das Lavadeiras)	365						365
Total	***365***	***0***	***0***	***0***	***0***	***130***	***495***
REFORÇO E REABILITAÇÃO DE COLETORES E REDES SECUNDÁRIAS							
Bacia D (Cordoaria)	0	0	0	0	0	2908	2908
Bacia E (Alcântara)	1642	2422	1411	4048	851	2855	13229
Bacia F (Estrela e Av. Infante Santo)	0	0	0	0	0	1684	1684
Bacia G (Lapa)	0	0	0	0	0	706	706
Bacia H (Santos)	0	0	0	0	1404	0	1404
Bacia I (Rua do Alecrim e Cais do Sodré)	0	0	0	0	0	93	93
Bacia L (Av. Almirante Reis)	0	366	0	0	0	0	366
Bacia M1 (Alfama)	0	0	0	0	0	454	454
Bacia K (Zona Ribeirinha Ocidental)	0	0	0	0	0	500	500
Bacia M2 (Graça-Sta. Apolónia)	0	0	0	0	0	195	195
Bacia O (Campo Grande - Chelas)	0	1872	36	0	0	5504	7413
Bacia P (Poço do Bispo)	0	0	0	0	0	3911	3911
Bacia R (Zona Ribeirinha Oriental)	0	0	0	0	0	2043	2043
Bacia Q (Av. de Berlim)	0	0	0	633	5174	2808	8615
Bacia S (Ameixoeira)	277	1201	0	0	0	333	1811
Redes secundárias	0	0	0	0	0	29667	29667
Total	***1919***	***5862***	***1448***	***4682***	***7430***	***53661***	***75000***
SEPARAÇÃO E CONTROLO DE CAUDAIS							
Bacia C (Ajuda)	0	0	0	66	150	0	216
Bacia D (Cordoaria)	0	0	0	0	78	0	78
Bacia E (Alcântara)	113	72	117	117	328	0	749
Bacia G (Lapa)	0	0	0	109	0	0	109
Bacia H (Santos)	0	0	300	0	0	0	300
Bacia I (Rua do Alecrim e Cais do Sodré)	0	0	0	0	266	0	266
Bacia M2 (Graça-Sta. Apolónia)	0	0	0	0	0	505	505
Bacia N (Penha de França - Av. Mouz. Albuquerque)	0	0	0	0	0	234	234
Bacia O (Campo Grande - Chelas)	0	416	0	0	91	1079	1586
Bacia P (Poço do Bispo)	0	0	0	0	0	1379	1379
Bacia R (Zona Ribeirinha Oriental)	0	105	0	0	0	841	946
Bacia Q (Av. de Berlim)	0	0	651	0	0	455	1106
Bacia S (Ameixoeira)	0	0	0	0	234	468	702
Bacia T (Carnide)	0	0	0	0	0	234	234
Total	***113***	***594***	***1068***	***293***	***1148***	***5195***	***8410***
MINIMIZAÇÃO DE PERDAS DE CARGA LOCALIZADAS							
Bacia J (Av. Da Liberdade)		700					700
Bacia L (Av. Almirante Reis)	300						300
Outras						1 000	1000
Total	***300***	***700***	***0***	***0***	***0***	***1000***	***2000***
CONTROLO NA ORIGEM							
Total	***0***	***85***	***0***	***0***	***0***	***1 500***	***1585***
LEVANTAMENTO DE CADASTRO E INSPEÇÃO							
Total	***700***	***700***	***700***	***700***	***700***	***3 500***	***7 000***
SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO DE AVISO							
Total	***300***	***300***	***300***	***0***	***0***	***1500***	***2400***
CAPACITAÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS							
Total	***100***	***200***	***100***	***50***	***50***	***500***	***1000***
OUTRAS INTERVENÇÕES							
Captação de escoamento de superfície	300	300	300	300	300	4500	6000
Relocalização de estruturas/soluções urbanísticas	60	60	60	60	60	700	1000
Beneficiação de descargas no rio Tejo	60	60	60	60	60	1050	1350
Beneficiação do troço marítimo do Can. Alcântara	1000	1000					2000
Total	***1420***	***1420***	***420***	***420***	***420***	***6250***	***10 350***
TOTAL	***15 217***	***29 861***	***27 036***	***23 144***	***9 747***	***73 236***	***178 240***

As prioridades do programa de monitorização e atualização do cadastro deverão ser avaliadas em função da gravidade das situações na zona, incluindo o levantamento e caracterização dos 170 km da rede principal e das zonas da rede secundária onde são conhecidas deficiências de funcionamento. A informação recolhida nos primeiros anos deste programa permitirá fornecer elementos para o projeto das intervenções na rede principal e definir as prioridades de reabilitação na rede secundária.

A entidade gestora deverá dispor, também, de plataformas e modelos de simulação de caudais, devidamente calibrados e validados, que permitam simular os cenários de futuro e atuar preventivamente em conformidade.

No âmbito das análises e verificações do presente Plano, constatou-se que o cadastro da rede de drenagem (coletores e dispositivos de interceção de superfície) era claramente insuficiente para avaliar o respetivo estado de funcionamento. Neste domínio, dada a escassez de informação e tal como mencionado anteriormente, considera-se que, previamente à execução das obras propostas, se deverá efetuar um investimento significativo no conhecimento do sistema existente, que deve necessariamente incluir o levantamento de cadastro, inspeção CCTV de coletores, monitorização e modelação, estática e dinâmica, do funcionamento das redes atuais. De facto, verifica-se não ser prática habitual da entidade gestora realizar inspeções programadas aos grandes coletores do sistema de drenagem (a gestão atual é sobretudo reativa), mas recomenda-se que o passe a ser, porque, em particular as infraestruturas de maior dimensão constituem importantes ativos que necessitam de acompanhamento.

De forma a concretizar uma gestão patrimonial pró-ativa do sistema de drenagem de Lisboa, é fundamental conhecer detalhadamente as características das infraestruturas que o constituem, avaliar a sua condição estrutural e capacidade hidráulica. Tal implica o recurso a inspeções CCTV e a sistemas de medição de caudais.

A melhoria da eficiência e da eficácia da exploração dos sistemas de drenagem passa também pela implementação e execução do respetivo Plano de Manutenção e de Operação (Exploração). Os planos de exploração pretendem, entre outros objetivos, indicar onde, quando e como se deve intervir de forma a que seja possível, por um lado, garantir com boa qualidade o bom desempenho dos sistemas, melhorando a qualidade do serviço prestado e, por outro, permitir o desenvolvimento de uma forma rápida e viável de linhas gerais de atuação para responder às situações mais críticas.

Naturalmente, a definição das estratégias de manutenção e reabilitação da rede de drenagem deve ser inserida numa estratégia global de gestão de ativos. É essencial que a entidade gestora consiga verificar quando e onde vale a pena investir na reabilitação, em função do aumento dos encargos de manutenção que poderão ocorrer por agravamento de obstruções ou de afluências indevidas de origem subterrânea e pluvial. A gestão de ativos da rede de drenagem da cidade de Lisboa deverá, assim, evoluir no sentido da entidade gestora passar a dispor de ferramentas que permitam analisar a informação sobre o desempenho do sistema (isto é, assoreamentos, obstruções, afluências indevidas e outras

deficiências de serviço, por diferentes unidades de análise - bacias, idades, tipos de materiais, zonas espaciais, etc.) e, com essa informação, alterar, se for caso disso, as prioridades de intervenção e antecipar ou adiar investimentos de reabilitação e substituição de coletores. Estas ferramentas poderão facilitar a abordagem *bottom-up*, que se considera ser a mais adequada para definir estratégias de manutenção e reabilitação dos coletores. Para permitir estas avaliações, a entidade gestora deverá dispor de um sistema de informação que permita integrar num SIG do cadastro os dados provenientes da monitorização e da exploração e dispor também de uma estrutura de apoio que permita manter esse sistema de informação devidamente atualizado para apoio à decisão.

Salienta-se que a aferição da condição dos sistemas de drenagem, um aspeto central em todo o processo de tomada de decisão (especialmente dado o envelhecimento progressivo das infraestruturas que compõem os sistemas e a necessidade de aplicar conscienciosamente os recursos), é usualmente efetuada recorrendo a inspeções CCTV e a protocolos, que visam ponderar a importância das anomalias estruturais e funcionais observadas. As anomalias estruturais providenciam uma indicação da probabilidade de colapso dos coletores, sendo um indicador da necessidade de reabilitação ou substituição; as anomalias funcionais afetam, principalmente, o funcionamento dos componentes (sendo a probabilidade de entupimento um dos aspetos mais relevantes), e permitem identificar a necessidade de realizar intervenções de manutenção do sistema, designadamente a limpeza ou a remoção de raízes (Opila e Attoh-Okine, 2011, citados por Sousa et al.,2012). O processo de avaliação da condição de coletores está naturalmente sujeito a alguma incerteza, não só devida à avaliação efetuada pelo inspetor mas também, e sobretudo, associada ao protocolo de avaliação usado (Sousa et al.,2012).

A gestão de ativos com informação de risco tem ganho alguma relevância, na medida em que possibilita que o sistema se mantenha em funcionamento com níveis de serviço adequados, recorrendo para isso a investimentos aceitáveis. Esta abordagem, que se julga importante vir a implementar na cidade de Lisboa, baseia-se em ferramentas de análise de consequências provocadas por falhas estruturais e funcionais em coletores de drenagem de águas residuais. As ferramentas auxiliam a tomada de decisão, reduzindo o número de ocorrências e os custos associados às reparações de emergência. Neste contexto, a criticidade de um ativo é medida não só através do risco do evento ocorrer mas também em função da magnitude do impacto causado pela ocorrência da sua falha (Neto, 2015).

Sugere-se o desenvolvimento de matrizes de riscos que considerem critérios identificados com base no impacto económico, social e ambiental das falhas do sistema de drenagem. A título exemplificativo, podem ser considerados os diâmetros e profundidades dos coletores; os impactos provocado na circulação, nas atividades das populações, no meio recetor e nas próprias infraestruturas.

15 SÍNTESE, RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÕES

O Plano Geral de Drenagem de Lisboa (2016-2030) apresenta um conjunto de intervenções estruturantes e complementares que visam controlar os problemas de inundação que ocorrem regularmente na cidade de Lisboa, sobretudo nas zonas baixas. É também objetivo deste plano contribuir para as ações de adaptação do sistema de drenagem da cidade aos desafios decorrentes da ocupação do território e das alterações climáticas, nomeadamente a subida do nível da água do mar e o aumento do risco da ocorrência de eventos extremos de precipitação.

O PGDL 2016-2030 inclui um diagnóstico dos principais problemas de inundação e define as áreas onde a frequência e a dimensão da inundação, assim como os prejuízos sofridos pela população, justificam uma atenção particular. A baixa de Alcântara, o centro da cidade (i.e. Rossio, Rua de S. José, Portas de Santo Antão, Pç. da Figueira e Martim Moniz) e a zona de Xabregas (Rua Gualdim Pais) foram identificadas como áreas de intervenção prioritária, a que acresce a zona do cruzamento da Avenida de Berlim com a Avenida Infante Santo.

As intervenções propostas resultaram de um processo maturado de reflexão, suportado pelas ideias e resultados de vários estudos e projetos anteriores, e de contribuição das entidades interessadas e do público. A elaboração do plano também beneficiou significativamente das discussões em dois *workshops*, que tiveram lugar a 12 de maio e 9 de novembro de 2015, em que participaram várias instituições públicas e privadas, associações profissionais, e das várias reuniões de trabalho com os técnicos da CML, SIMTEJO, APL, EPAL e Metro de Lisboa, entre outras. Foram estudadas e simuladas sucessivas soluções alternativas. As soluções recomendadas surgiram, naturalmente, da análise comparativa das vantagens e inconvenientes de cada uma. Naturalmente, as intervenções propostas deverão ser alvo de estudos de maior detalhe, ao nível dos projetos de execução, incluindo verificação de limites de bacias, retificação de cadastro, redimensionamento hidráulico das infraestruturas projetadas e estimativa de custos, antecedendo o lançamento das respetivas empreitadas.

A dimensão dos problemas de drenagem da cidade de Lisboa requer intervenções de natureza estrutural de grande magnitude, que diminuam de forma significativa os problemas de falta capacidade das infraestruturas. 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 da cidade, e que têm um impacto social significativo.

Entre as soluções alternativas que proporcionam a redução dos caudais que afluem às zonas baixas da cidade foram estudadas intervenções baseadas em reservatórios para atenuação dos caudais de ponta de cheia, soluções baseadas em túneis para desvio de caudais e soluções mistas de reservatórios e túneis. Foram também estudadas várias soluções complementares, incluindo intervenções de controlo na origem, de reforço e reabilitação de

coletores, de desconexão de ligações entre coletores da rede primária e da rede secundária, de separação e controlo de caudais e de minimização de perdas de carga localizadas. Essas intervenções, para terem sucesso pleno, deverão ser acompanhadas por ações diversas, nomeadamente de reforço de dispositivos de interceção do escoamento superficial, como sumidouros de grades e sarjetas de passeio, de atualização do cadastro e inspeção do sistema, para aumento do conhecimento, de desenvolvimento do sistema de monitorização e aviso e de implementação de procedimentos de manutenção preventiva das infraestruturas.

A solução integrada do PGDL 2016-2030 inclui a construção de dois túneis de desvio de caudais. O primeiro, com 5 km de comprimento, desenvolver-se-á entre Monsanto-Santa Marta-Santa Apolónia e tem como objetivo contribuir para a resolução dos problemas da baixa de Alcântara e do centro ("Baixa") da cidade de Lisboa. O segundo túnel, com cerca de 1 km de comprimento, entre Chelas e Beato, visa resolver fundamentalmente os problemas de inundações na zona de Xabregas.

No âmbito do plano, prevê-se que as principais intervenções estruturantes e intervenções complementares tenham lugar num período de 5 anos, entre 2016 e 2020, ascendendo a cerca de 114 M €. No período seguinte, entre 2021 a 2030, preveem-se investimentos adicionais de cerca de 64 M €, num total de cerca de 178 M €.

As ações previstas no plano não respeitam apenas intervenções físicas de construção, mas também intervenções de aquisição e aumento do conhecimento, incluindo levantamento de cadastro e inspeção CCTV, de capacitação e gestão de ativos e de monitorização e aviso, para suporte à gestão avançada e a decisões de investimento baseadas no conhecimento.

O Plano Geral de Drenagem 2016-2030 pretende, assim, contribuir para responder às preocupações do executivo camarário, definindo abordagens e estratégias de intervenção de curto e médio prazo, de forma a satisfazer os desafios atuais e futuros da drenagem na cidade, com foco na proteção de pessoas e bens, num quadro de sustentabilidade económica, social e ambiental, e tendo em conta os riscos de alterações climáticas.

REFERÊNCIAS

ACE/HIDRA (1994), Projeto de Execução das Redes de Infraestruturas Gerais. Redes de Drenagem de Águas Residuais e Pluviais do Pólo da UTL no Alto da Ajuda

ACE/HIDRA (1994), Rede de Infraestruturas Gerais - Estudo Prévio do Pólo 1 do Instituto Superior de Agronomia

ACE/HIDRA (1994), Rede de Infraestruturas Gerais, Projeto de Execução do Polo I do Instituto Superior de Agronomia

ACE/HIDRA, (1993), Redes de Drenagem de Águas Residuais e Pluviais - Projeto de Execução de Ligações Provisórias do Pólo da UTL no Alto da Ajuda

Almeida M (1999), Pollutant transformation processes in sewers under aerobic dry weather flow conditions, I&D Tese Hidráulica, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa; Imperial College of Science, Technology and Medicine, London

Antunes, C. e Taborda, R. (2009), Sea level at Cascais Tide Gauge: Data, Analysis and Results, *Journal of Coastal Research*, SI 56, 218-222, ISSN 0749-0258

APA (2015), APA – Políticas > Água > Planeamento e Gestão > Plano Nacional da Água, disponível em http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7&sub2ref=9&sub3ref=833 e consultada a 20 de julho de 2015

AQUAFORUM (2002), Estudo de Avaliação Socioeconómica e Financeira de Alternativas ao Sistema de Interceção e Tratamento de Águas Residuais na Grande Lisboa Norte - Relatório Final

ARH Tejo, (2012), Plano de Gestão de Região Hidrográfica do Tejo, Relatório Técnico, Resumo Não Técnico, agosto, disponível em http://sniamb.apambiente.pt/infos/geoportaldocs/Planos/PGRH5-TEJO/RNT%5CPGRHTejo_RNT.pdf e consultada a 20 de julho de 2015

Azzout, Y., Cres, F., Barraud, S., Alfakih, E. (1994), *Techniques alternatives en assainissement pluvial. Choix, conception, réalisation et entretien*, Tec & Doc., Lavoisier, Paris

Azzout,Y.– Aide à la décision appliquéaux choix des techniques alternatives en assainissement pluvial. Thèse de Doctorat. INSA de Lyon, 245 p. Lyon, 1996.

Bachoc, A.; Sajet, A.; Chebbo, G.; Hababeau, C. – La pollution des rejets urbains: distribution de leur pollution et efficacité de bassins de stockage-décantion: analyse des données des 4 bassins versants expérimentaux de la campagne nacional des mesures 1980-1982. Rapport Plan Urbain, 121 p + annexes, 1991. Paris 1991.

Balades, J.D.; Bourgogne, P.; Madiec, H. – Évaluation de l´abattement des flux de pollution transitant dans un type de solution compensatoire. Proceedings NOVATECH 92 – International Conference on Innovative Technologies in Urban Storm Drainage, pp.66-752, Lyon, França, 1992.

Begum S., Stive M., Hall J. - Flood Risk Management in Europe: Innovation in Policy and Practice. Springer Science & Business Media, 2007.

Bettencourt, A.M.M, Costa, C. (1980), Dispersão e Escoamento no Estuário do Tejo, *Recursos Hídricos*, Vol.1, nº1, pp. 15 17, janeiro

Brandão C., Rodrigues R., Cota, J. P. (2001), *Análise de fenómenos extremos. Precipitações intensas em Portugal Continental*, Direção dos serviços de recursos hídricos, INAG

CCDR-LVT (2002), Plano Regional de Ordenamento do Território da Área Metropolitana de Lisboa - Ordenamento do Território - CCDR LVT, disponível em http://www.ccdr-lvt.pt/pt/plano-regional-de-ordenamento-do-territorio-da-area-metropolitana-de-lisboa/54.htm e consultada a 20 de julho de 2015

CHIRON/ENGIDRO/HIDRA (2007), PGDL – Plano Geral de Drenagem de Lisboa, Fases A, B, C, D e E para a CML

CHIRON/ENGIDRO/HIDRA (2008), Avaliação da rede de drenagem de Lisboa para a EPAL

Chocat, B. *et al.* - Encyclopédie de l´hydrologie urbaine et de l´assainissement. Edição Lavoisier - Technique et Documentation, 1124 p, 1997.

CLABSA (2005), *Clavegueram de Barcelona*, www.clabsa.es

CML (1942), Projeto da canalização da Ribeira de Alcântara

CML (2012), Plano Diretor Municipal de Lisboa 2012, disponível em http://www.cm-lisboa.pt/viver/urbanismo/planeamento-urbano/plano-diretor-municipal

CML (2015), CML - Lisboa Interativa, disponível em http://lxi.cm-lisboa.pt/lxi/

Colandini, V. – Effets des structures reservoirs à revêtement poreux sur les eaux pluviales: qualité des eaux et devenue des métaux lourds. Thèse de docteur. Université de Pau et des Pays de l´Adou, França, Setembro de 1997.

De Bénédittis J. , Bertrand-Krajewski J.-L. (2004), Infiltration in sewer systems: comparison of measurement methods. *Proceedings of the 4th International Conference on Sewer Processes and Networks*, Funchal, Portugal, 22-24 November, 301-308

DGT, CAOP 2014 – Carta Administrativa Oficial de Portugal 2014, disponível em http://www.dgterritorio.pt/cartografia_e_geodesia/cartografia/carta_administrativa_oficial_de_portugal__caop_/caop_em_vigor/

DGT, COS2007 – Carta de Uso e Ocupação do Solo de Portugal Continental de 2007 (http://www.dgterritorio.pt/cartografia_e_geodesia/cartografia/cos/cos__2007/)

Diniz, E. – Hydrologic and water quality comparisons of runoff from porous and conventional pavements. Integrated Stormwater Management, Edited: R.Fied, M. O´Shea & Kee Chin, LEWIS Publishers, pp. 149- 162, USA, 1993.

DRENA (1999), Projeto de Drenagem da Zona Baixa da Margem Direita do Caneiro de Alcântara

DRENA e HIDRA (2004), Projeto dos Intercetores do Largo do Chafariz de Dentro - Terreiro do Paço e Terreiro do Paço - Cais do Sodré e Respetivos Intercetores nos Coletores Unitários

EC (2014), *Environment Action Programme to 2020 - Environment - Living well, within the limits of our planet - European Commission*, disponível em http://ec.europa.eu/environment/newprg/index.htm

Engidro e Ipodec (2004), Levantamento Cadastral, Inspeção e Limpeza dos Sistemas Intercetores de Chelas e Beirolas, SIMTEJO

EU (2015), *A European Flood Action programme - Environment - European Commission*, disponível em http://ec.europa.eu/environment/water/flood_risk/flood_risk.htm e consultada a 19 de julho de 2015

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

FrenteTEJO (2009), Sistema de Drenagem e de Descarga Poente, no Terreiro do Paço – Anteprojecto (Março 2009) e Projecto de Execução (Maio 2009).

Freire, P., Taborda, R., Andrade, C. (2006), Caracterização das praias estuarinas do Tejo, 8º Congresso da Água;

Fujita, S. – Sound of infiltration. Proceedings 5th International Conference on Urban Storm Drainage, Volume 2, pp.815-820, Osaka, Japão, Julho de 1990.

Garrett P., Grosso N. e Dias, L. (2012), Statistical downscaling of extreme precipitation

Geiger, W. – New drain – new dimensions in urban drainage. Proceedings 5th International Conference on urban Storm Drainage, Keynote Lecture, Volume 1, pp.33-48, Osaka, Japão, Julho de 1990.

HIDRA (2005), Projeto dos Intercetores do Largo do Chafariz de Dentro - Terreiro do Paço e Terreiro do Paço - Cais do Sodré e Respetivos Intercetores nos Coletores Unitários: Intervenção na R. da Regueira até à R. dos Remédios.

HIDRA (2006) Frente de Drenagem Algés Alcântara, das Infraestruturas Desde o Descarregador D1 até à EE3 – Estudo Prévio

HIDRA (2006), Estudos e Projetos para a Frente de Drenagem Algés Alcântara, das Infraestruturas Desde o Descarregador D1 até à EE3 – Projeto de execução. Descarregadores e Infraestruturas de Drenagem da Av. das Descobertas/Av. Vasco da Gama e da Av. Torre de Belém.

HIDRA (2006), Estudos e Projetos para a Frente de Drenagem Algés Alcântara, das Infraestruturas Desde o Descarregador D1 até à EE3 – Projeto de execução. Descarregadores e Infraestruturas de Drenagem das bacias D3, D4/D5, D6, D6.1, D7, D8 e D9.

HIDRA (2006), Estudos e Projetos para a Frente de Drenagem Algés Alcântara, das Infraestruturas Desde o Descarregador D1 até à EE3 – Projeto de execução. Descarregadores e Infraestruturas de Drenagem das bacias D10, D11/D14, D12, D13, DJ, DJ1 e DJ2.

HIDRA (2007), Estudos e Projetos para a Frente de Drenagem Algés Alcântara, das Infraestruturas Desde o Descarregador D1 até à EE3 – Projeto de execução. Descarregadores e Infraestruturas de Drenagem das bacias D16, D17, D19A, D19B, D19C e D20.

HIDRA, ENGIDRO (2007), Estudo da Bacia de Drenagem da Zona Alta do Subsistema de Alcântara – Estudo Prévio.

HIDRA (2007), Projeto dos Intercetores do Largo do Chafariz de Dentro - Terreiro do Paço e Terreiro do Paço - Cais do Sodré e Respetivos Intercetores nos Coletores Unitários: Volume II - Estação Fluvial – Terreiro do Paço. Projeto de Execução.

HIDRA (2007), Projeto dos Intercetores do Largo do Chafariz de Dentro - Terreiro do Paço e Terreiro do Paço - Cais do Sodré e Respetivos Intercetores nos Coletores Unitários: Volume III - Terreiro do Paço – Cais do Sodré. Projeto de Execução.

HIDRA (2008), Projeto dos Intercetores do Largo do Chafariz de Dentro - Terreiro do Paço e Terreiro do Paço - Cais do Sodré e Respetivos Intercetores nos Coletores Unitários: Largo do Chafariz de Dentro – Estação Elevatória da Estação Fluvial. Projeto de Execução.

HIDRA (2008), Emissário Cintura do Porto de Lisboa – Troço inicial: Cais do Sodré – Limite de empreitada do Metropolitano de Lisboa. Projeto de execução.

HIDRA, ENGIDRO (2008), Estudos e Projetos da Frente de Drenagem Cais do Sodré – Alcântara – Intercetor Cais do Sodré e Coletor Ressano Garcia. Projeto de Execução.

HIDRA (2014), Adaptação do Projeto de Execução da Remodelação dos Descarregadores D16 e D17 de Alcântara.

Hidroprojeto, (1996), Remoção do Azoto do Efluente da ETAR de Chelas. Impacto Ecológico sobre o Estuário do Tejo, no âmbito do Projeto Base para Concurso apresentado pelo Hidroprojeto (1999), Estudo de Incidências Ambientais da Construção da Rede de ETAR para a Despoluição do Arco Ribeirinho Sul do Estuário do Tejo, Associação de Municípios da Península de Setúbal

Hopkins, B. ; Argue, J.R. – The new Brompton Estate stormwater management trial: first results. Proceedings 6th International Conference on urban Storm Drainage, Volume 1, pp.1219-1224, Niagara Falls, Canada, Setembro de 1993.

i3 Consultores (1999), Projeto de Execução das Infraestruturas Gerais do Alto do Lumiar, CM Lisboa

INE, Censos 2011, disponível em http://mapas.ine.pt/download/index2011.phtml

IPCC (2014), Fifth Assessment Report, Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC

IPPC (2007), *Fourth Assessment Report - Climate Change 2007 - Synthesis Report*. Geneva, Switzerland, disponível em http://www.ipcc.ch/report/ar4/syr/

IPPC (2014), *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)], Geneva, Switzerland, disponível em http://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/

IST (1999), Sistema Intercetor de Lisboa Frente de Drenagem Algés-Alcântara - Ensaios para Controlo da Seticidade

IST (2002), Estudos de Reabilitação Hidráulica e Ambiental *de intercetores de Lisboa – Projeto REHALIS*. 1º Relatório de Progresso

IST (2002), *Estudos de Reabilitação Hidráulica e Ambiental de intercetores de Lisboa – Projeto REHALIS*. 2º Relatório de Progresso

IST (2003), *Estudos de Reabilitação Hidráulica e Ambiental de intercetores de Lisboa – Projeto REHALIS*. 3º Relatório de Progresso

IST (2005), CESUR, Carta de Equipamentos de Ensino de Lisboa - Previsões Demográficas

Jacobsen e Mikkelsen – Reduction of urban pollution discharges by means of stormwater Infiltration and detention basins by means of detention basins and stormwater infiltration. Proceedings 7th International Conference on urban Storm Drainage, Volume 1, pp.515-520, Hannover, Setembro de 1996.

LNEC (1990), *Estudo de Drenagem das Águas Pluviais da Baixa Pombalina*

LNEC (1992) Modelação Matemática da Rede de Drenagem do Terreiro do Paço - Relatório final

LNEC (1998), *Auditoria Técnica ao Sistema Intercetor de Águas Residuais Algés-Alcântara*;

LNEC (1998), *Controlo de inundações - apoio ao diagnóstico e reabilitação de pontos críticos da cidade de Lisboa*;

LNEC (1998), *Controlo de inundações – apoio ao diagnóstico e reabilitação de pontos críticos da cidade de Lisboa* – Relatório nº. 1

LNEC (1998), *Documentos vários sobre o Caneiro de Alcântara e bacia de Alcântara, nomeadamente os recolhidos no âmbito do projeto Sprint*

LNEC (1999), *Controlo de inundações – apoio ao diagnóstico e reabilitação de pontos críticos da cidade de Lisboa – Modelação Matemática da Zona Baixa de Alcântara – Zona Leste do Caneiro* -Relatório nº. 4

LNEC (2006a), Colaboração em ações imediatas para a reabilitação do caneiro de Alcântara: relatório de progresso

LNEC (2006b), Colaboração em ações imediatas para a reabilitação do caneiro de Alcântara: avaliação do impacto da redução da secção transversal

LNEC (2006c), Colaboração em ações imediatas para a reabilitação do caneiro de Alcântara: identificação de troços críticos por causas internas

LNEC (2006d), Colaboração em ações imediatas para a reabilitação do caneiro de Alcântara: relatório de inspeções sumárias a troços críticos

LNEC (2006e), Modelação matemática da bacia do caneiro de Alcântara

LNEC (2007a), Modelação matemática da bacia do caneiro de Alcântara. Rel. técnico 2

LNEC (2007b), Modelação matemática da bacia do caneiro de Alcântara. Relatório técnico 1 - Parte 2

LNEC (2007c), Colaboração em ações imediatas para a reabilitação do caneiro de Alcântara. Identificação de troços críticos por causas externas

LNEC (2007d), Ações relativas a regulamentação e normalização do sistema de águas residuais de Lisboa (Primeira Fase). Relatório técnico sobre normalização municipal

LNEC (2008a), Colaboração em ações imediatas para a reabilitação do caneiro de Alcântara. Relatório de inspeções

LNEC (2008b), Colaboração em ações imediatas para a reabilitação do caneiro de Alcântara. Metodologia de apoio à definição de planos de reabilitação e inspeção

LNEC (2008c), Inspeção no caneiro de Alcântara pelo acesso n.º 9. Relatório de inspeção

LNEC (2008d), Ligação desnivelada da linha de Cascais e do Porto de Lisboa à linha de cintura - Parecer relativo ao Estudo Prévio. Hidrologia, drenagem e serviços afetados

LNEC (2009a), Ligação desnivelada da linha de Cascais e do Porto de Lisboa à linha de cintura parecer relativo ao estudo prévio das variantes 2 e 3. Hidrologia, drenagem e serviços afetados

LNEC (2009b), Inspeção do caneiro de Alcântara: troço no braço de Benfica - Relatório de inspeção

LNEC (2009c), Estudo prévio da ligação desnivelada da linha de Cascais e do Porto de Lisboa à linha de cintura - Simulação do comportamento hidráulico do caneiro de Alcântara

LNEC (2010), Plano de urbanização de Alcântara. Parecer relativo à implementação de bacias de retenção

LNEC (2012), Projeto de execução da ligação desnivelada entre a linha de cintura, a linha de Cascais e o terminal de contentores de Alcântara. Parecer relativo aos aspetos de hidrologia e hidráulica urbana

LNEC (2013), *Demonstration of the WCSP, RIDB, RRDB, GIS applications for risk assessment in Lisbon*

Maretec/IST (2002), *Qualidade da Água no estuário do Tejo (Portugal)*, Maretec/IST

Matos, J. – Drenagem Urbana. Textos pedagógicos, IST, Lisboa, 2007

Matos, J. *et al.* (1991), *Comportamento Sanitário do Sistema de Drenagem Afluente à Estação de Tratamento de Águas Residuais de Alcântara*

Matos, M. R. S (1987), Métodos de Análise e de Cálculo de Caudais Pluviais em Sistemas de Drenagem Urbana, Estudo referenciado em dados experimentais de bacias urbanas portuguesas, Tese apresentada a concurso para obtenção do grau de Especialista e acesso à categoria de Investigador Auxiliar do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa

Matos, R. – Controlo na Origem de Águas Pluviais. Objectivos, Soluções Técnicas e Experiência Internacional – Estratégias para Beneficiação e Reabilitação de Sistemas Públicos de Drenagem de Águas Residuais, FUNDEC, IST, pp 1-38, Junho de 1999.

Mendes, A., Oliveira, R.P. (2012), Conseguem os modelos climáticos simular a precipitação diária máxima anual e horária máxima observada em Portugal Continental?, Congresso da Água, APRH, Lisboa

Neto, A. (2015), *Gestão de ativos de sistemas de drenagem com informação do risco - contributo para a quantificação das consequências das falhas*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, IST, abril

O´Loughlin, G.; Beecham, S.; Lees, S.; Rose, L.; Nocholas, D. – On-site stormwater detention systems in Sydney. NOVATECH 95 – International Conference on Innovative Technologies in Urban Storm Drainage, pp.549-556, Lyon, França, 1995.

Oliveira P. E., "Inundações na cidade de Lisboa: implicações da melhoria do sistema de drenagem artificial após os anos 60," 2005.

Pratt C.J.; Powell J.M. – A new U.K. approach for the design of sub-surface infiltration systems. Proceedings 6th International Conference on urban Storm Drainage, Volume 1, pp.987-992, Niagara Falls, Canada, Setembro de 1993.

Roediger (2009), Vacuum Systems - Technologies for the evacuation of wastewater

Rossman, L. (2005), Storm Water Management Model User's Manual Version 5.0, EUA

Sansalone, J. – In situ performance of passive treatment system for metal element source control. Proceedings NOVATECH 98 – International Conference on Innovative Technologies in Urban Storm Drainage, Volume 2, pp.489-496, Lyon, França, 1998.

Schutze M, To TB, Jumar U, Butler D (2002), Multi-objective control of urban wastewater systems, International Federation of Automatic Control 15th IFAC World Congress, Barcelona, 21 a 26 de julho

Sebastião, A., Leitão, J.P., Ferreira, F., Matos, J. (2006), Monitorização e gestão avançada de sistemas de drenagem urbana, XII SILUBESA, Figueira da Foz, 13 a 17 de março

SIMTEJO (2008), Projetor de Execução do Sistema Elevatório das Agências e Emissários Associados da Frente de Drenagem Terreiro do Paço – Cais do Sodré.

SIMTEJO, Obras de Drenagem e Interceção de Águas Residuais da Bacia do Rio Seco (D12) – com solução de câmara de válvulas de maré – Estudo Prévio (Setembro 2008) e Projeto de Execução (Dezembro 2008).

SIMTEJO, Apoio Técnico à SIMTEJO: Projecto de Execução (Janeiro/Fevereiro 2009) e Intervenções Associadas aos Descarregadores D10, D11/D14 e D13 – Projecto de Execução (Março 2009).

Shaw, L. – Best management practices for urban stormwater runoff control. in Integrated Stormwater Management, Edited: R.Fied, M. O´Shea & Kee Chin, LEWIS Publishers, pp. 191- 205, USA, 1993.

Somaratne, N.M.; Argue, J.R.– On site stormwater detention in sands and clays in Adelaide, South Australia. Proceedings 5th International Conference on urban Storm Drainage, Volume 2, pp.871-879, Osaka, Japão, Julho de 1990.

Sousa, V., Ferreira, F., Meireles, I., Almeida, N., Matos, J. (2013), CCTV inspections: Quantification of protocol and inspector uncertainty. 7th International Conference on Sewer Processes and Networks, 28 - 30 August, Sheffield, UK

SPRINT (1995) – Extensão: Aplicação da Análise Hidráulica à reabilitação em Drenagem Urbana nos Estados Membros – Relatório sobre a construção e Verificação do Modelo e Análise de Soluções Alternativas

SRES (2000), Emissions Scenarios, A Special Report of IPCC Working Group III, Intergovernmental Panel on Climate Change

Stenmark, C.– Local infiltration of urban stormwater in cold climat. Proceedings 5th International Conference on urban Storm Drainage, Volume 2, pp.809-814, Osaka, Japão, Julho de 1990.

Valiron, F.; Tabuchi, J.P. – Maîtrise de la pollution urbaine par temps de pluie – Etat de l´Art . Edição: Tec & Doc., Lavoisier, 563 p., Paris, 1992.

Van Alphen J., Martini F., Loat R., Slomp R., Passchier R. - Flood risk mapping in Europe, experiences and best practices, Journal of Flood Risk Management, vol. 2, no. 4, pp. 285–292, Dec. 2009.

Vieira, A.R.R (2006), Controlo da Poluição de Águas Residuais em Tempo de Chuva, tese de Mestrado, IST, Lisboa, Maio.

ANEXOS

ANEXO I - Programa 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. Os resultados desta análise são apresentados no Quadro A. 2. Recomenda-se a verificação do estado de conservação da rede de coletores da zona abrangida pelas intervenções deste programa e a sua substituição ou reabilitação caso se detetem problemas estruturais e/ou hidráulicos. Recomenda-se fortemente a substituição de todos os coletores em cascões.

Quadro A. 1 - Análise das intervenções previstas no programa Uma praça em cada bairro e necessidade de articulação com o PGDL

Fase	Junta de Freguesia	Praça	Resultado da análise
1	Alcântara	Largo do Calvário / Largo das Fontaínhas	Não avançar
	Alvalade	Av. da Igreja	Avançar. Não conflitua com o disposto no PGDL
	Arroios	Praça do Chile	Avançar. Não conflitua com o disposto no PGDL
	Avenidas Novas	Picoas	Avançar. Não conflitua com o disposto no PGDL
		Saldanha	Avançar. Não conflitua com o disposto no PGDL
	Benfica	Largo da Igreja de Benfica	Avançar. Não conflitua com o disposto no PGDL
	São Domingos de Benfica	Rossio de Palma	Avançar. Não conflitua com o disposto no PGDL
	Campolide	Rua de Campolide	Avançar. Não conflitua com o disposto no PGDL
	Estrela	Largo de Santos	Articulação com SIMTEJO
	São Vicente	Largo da Graça	Avançar. Não conflitua com o disposto no PGDL
2	Areeiro	Avenida de Roma	Avançar. Não conflitua com o disposto no PGDL
	Arroios	Largo do Leão	Avançar. Não conflitua com o disposto no PGDL
	Beato	Alameda do Beato	Avançar. Não conflitua com o disposto no PGDL
	Belém	Rua de Belém	Após reunião tida com SRU Ocidental (12Fev15) não é necessária articulação particular
	Campo de Ourique	Largo da Igreja de Santa Isabel	Avançar. Não conflitua com o disposto no PGDL
	Estrela	Largo de Alcântara	Não avançar
	Lumiar	Alameda das Linhas de Torres/ Rua do Lumiar	Avançar. Não conflitua com o disposto no PGDL
	São Domingos de Benfica	Alameda Manuel Ricardo Espírito Santo	Avançar. Não conflitua com o disposto no PGDL
	Santo António	Largo do Rato	A capacidade do coletor vindo da Rua das Amoreiras com destino à Rua de S. Bento deve ser reforçada, conforme PGDL. Substituição de coletores.
	Santo António Ajuda	Praça da Alegria	Avançar. Não conflitua com o disposto no PGDL
		Largo da Boa Hora	Avançar. Não conflitua com o disposto no PGDL

Fase	Junta de Freguesia	Praça	Resultado da análise
3	Ajuda Carnide	Largo do Rio Seco	Avançar. Não conflitua com o disposto no PGDL
		Rua Padre Américo	Avançar. Não conflitua com o disposto no PGDL
	Marvila	Rua Actriz Palmira Bastos	Avançar. Não conflitua com o disposto no PGDL
	Olivais	Praça Viscondessa dos Olivais	Avançar. Não conflitua com o disposto no PGDL
	Penha de França	Parada do Alto de São João	Avançar. Não conflitua com o disposto no PGDL
	Parque das Nações	Rua da Centieira	Avançar. Não conflitua com o disposto no PGDL
	Misericórdia	Largo do Conde Barão	Depende dos limites da área de intervenção
	Santa Clara	Largo do Ministro	Avançar. Não conflitua com o disposto no PGDL
	Santa Maria Maior	Praça da Figueira	A intervenção junto ao Hotel Mundial deverá prever a melhoria das condições de escoamento nas caixas de visita. Avançar, se a intervenção for apenas de mobiliário urbano

ANEXO II - Planos de Pavimentação e Acessibilidade Pedonal de Lisboa

O Plano de Pavimentação pretende repavimentar arruamentos e realizar pequenas recargas e tapa buracos na cidade de Lisboa até 2017. Está prevista a intervenção em 195 arruamentos identificados pelas freguesias da cidade como prioritários, tendo já sido reabilitadas 17 vias. 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 (2008) e o resultado é apresentado no Quadro A. 2 e na Figura A. 1. 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. Recomenda-se fortemente a substituição de todos os coletores em cascões.

Quadro A. 2 - Cruzamento do PGDL com o Plano de Pavimentação

Freguesia	Arruamento
Ajuda	Calçada da Boa Hora
Alcântara	Rua Luis de Camões Rua 1º de Maio
Campo de Ourique	Rua Maria Pia Rua do Sol ao Rato
Estrela	Travessa do Tesouro
S. Domingos de Benfica	Estrada das Laranjeiras
Santo António	Rua S. Filipe de Neri
São Vicente	Calçada da Graça
Arroios	Calçada de Arroios Travessa da Cruz do Desterro Travessa S. Bernardino Travessa das Recolhidas
Santa Maria Maior	Rua do Salvador Rua dos Remédios Rua das Olarias Largo das Olarias
Alvalade	Av. Brasil
Beato	Rua Gualdim Pais
Lumiar	Estrada do Lumiar

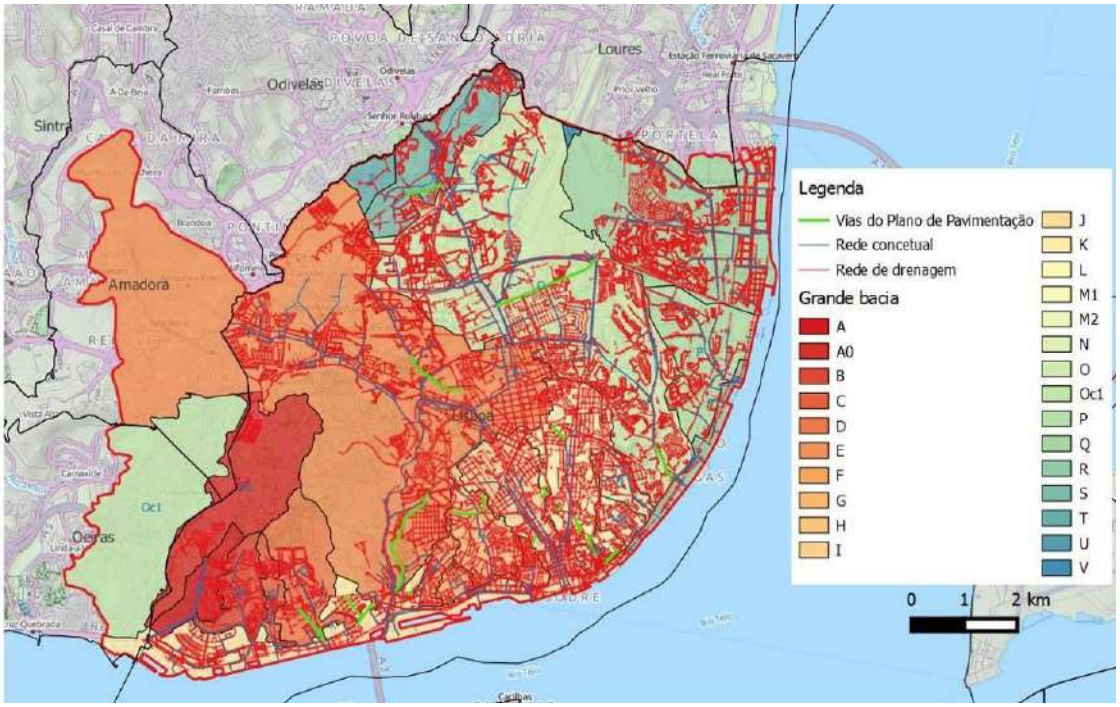


Figura A. 1 - Vias a ser intervencionadas no âmbito do Plano de Pavimentação após cruzamento com o PGDL