

AUDITORIA TÉCNICA AOS
PROJECTOS DE INFRA-ESTRUTURAS
DA INTERVENÇÃO DO PROGRAMA
POLIS EM ALBUFEIRA E
ENQUADRAMENTO NA BACIA
HIDROGRÁFICA

Jul ho 2009

SOCIEDADE PARA O DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA POLIS EM ALBUFEIRA, S.A.

AUDITORIA TÉCNICA AOS PROJECTOS DE INFRA-ESTRUTURAS DA INTERVENÇÃO DO PROGRAMA POLIS EM ALBUFEIRA E ENQUADRAMENTO NA BACIA HIDROGRÁFICA



JULHO, 2009

ÍNDICE DO TEXTO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM EXISTENTE	9
2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	9
2.2 PRINCIPAIS INFRA-ESTRUTURAS DE DRENAGEM NA ÁREA DE INTERVENÇÃO	11
2.3 CARACTERIZAÇÃO SUMÁRIA DO TÚNEL	14
2.4 CARACTERIZAÇÃO SUMÁRIA DO CANEIRO.....	16
2.5 PRINCIPAIS INTERVENÇÕES DE PROJECTO E ACÇÕES EFECTUADAS NO ÂMBITO DO PROGRAMA POLIS, COM REFLEXOS NO SISTEMA DE DRENAGEM	18
3. AVALIAÇÃO SUMÁRIA DE CONTRIBUIÇÕES PLUVIAIS	20
3.1 BACIAS DE DRENAGEM.....	20
3.2 CAUDAIS PLUVIAIS.....	23
3.3 CAUDAIS DOMÉSTICOS (POPULAÇÃO RESIDENTE).....	26
4. ESTIMATIVA DA CAPACIDADE HIDRÁULICA MÁXIMA DAS PRINCIPAIS INFRA-ESTRUTURAS DE DRENAGEM E VERIFICAÇÃO FACE AOS CAUDAIS AFLUENTES	27
5. CARACTERIZAÇÃO DOS EVENTOS PLUVIOMÉTRICOS DE SETEMBRO DE 2008 E ESTIMATIVA DE HIETOGRAMAS DE PROJECTO	30
5.1 INFORMAÇÃO DISPONIBILIZADA PELO INSTITUTO DE METEOROLOGIA.....	30
5.2 HIETOGRAMAS DE PROJECTO	31
6. MODELAÇÃO DO COMPORTAMENTO DINÂMICO DAS PRINCIPAIS INFRA-ESTRUTURAS DE DRENAGEM	34
6.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	34
6.2 DESCRIÇÃO SUMÁRIA DO MOUSE	34
6.2.1 <i>Modelo de simulação MOUSE</i>	34
6.2.2 <i>Principais componentes do modelo</i>	35
6.3 INFRA-ESTRUTURAS MODELADAS	37
6.4 CONDIÇÕES DE FRONTEIRA E SOLICITAÇÕES AO SISTEMA.....	38
6.5 CENÁRIOS SIMULADOS	40
6.6 ANÁLISE DE RESULTADOS: DESEMPENHO HIDRÁULICO DO SISTEMA	43
6.6.1 <i>Cenário 1 - Situação Actual</i>	43
6.6.2 <i>Cenário 2 - Situação Proposta (recomendada)</i>	49
6.7 SÍNTESE DE RESULTADOS RISCOS DE INUNDAÇÃO.....	55
7. PRINCIPAIS CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	56
7.1 OBJECTIVOS DO ESTUDO E SINTESE DAS CONCLUSÕES PRINCIPAIS	56

7.2 RECOMENDAÇÕES DE CARÁCTER ESTRATÉGICO E DE DETALHE PARA O CONTROLO DOS RISCOS DE INUNDAÇÃO.....	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEXOS	63

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 – PLANTA GERAL DA ÁREA INTERVENCIÓNADA PELA POLISALBUFEIRA.	10
FIGURA 2.2 – VISTA DA RIBEIRA DE ALBUFEIRA A MONTANTE DA ZONA URBANA, ACTUALMENTE A SER CANALIZADA.....	10
FIGURA 2.3 – VISTA DA RUA CÂNDIDO DOS REIS, DURANTE AS INUNDAÇÕES DE SETEMBRO DE 2008.....	11
FIGURA 2.4 – VISTA DA PRAÇA ENG.º DUARTE PACHECO.	12
FIGURA 2.5 – VISTA DA RUA CÂNDIDO DOS REIS, PRÓXIMO DO PICADILLY COCKTAIL BAR E DO ESTABELECIMENTO COMERCIAL NAC.	12
FIGURA 2.6 – VISTA DA AV. 25 DE ABRIL.	13
FIGURA 2.7 – VISTA DA PRAÇA DOS PESCADORES, PELO LADO SUL.....	13
FIGURA 2.8 – VISTA DA PRAÇA DOS PESCADORES, DAS ESCADAS ROLANTES.....	13
FIGURA 2.9 – VISTA DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DOS PESCADORES.....	14
FIGURA 2.10 – VISTA DO CANAL DE ÁGUAS PLUVIAIS, DO LADO NASCENTE DA PRAÇA DOS PESCADORES.....	14
FIGURA 2.11 – VISTAS DO TÚNEL PARA MONTANTE, INCLUINDO PAREDE DESCARREGADORA E DESVIO (À DIREITA) PARA O CANEIRO.....	15
FIGURA 2.12 – VISTA DO COLECTOR DE DESVIO PARA O CANEIRO, NO TÚNEL.	15
FIGURA 2.13 – ESQUEMA ILUSTRATIVO DO INÍCIO DO EMISSÁRIO SUBMARINO, JUNTO DA SECÇÃO FINAL DO TÚNEL.	16
FIGURA 2.14 – ESTADO DE ASSOREAMENTO DE CÂMARAS DE VISITA DO CANEIRO, NA AV. 25 DE ABRIL.....	18
FIGURA 2.15 – VISTA DA CX F618 E DA PAREDE DESCARREGADORA AÍ EXISTENTE.	18
FIGURA 3.1- CÁLCULO EXPEDITO DO COEFICIENTE DE REDUÇÃO GLOBAL DO MÉTODO RACIONAL GENERALIZADO.	24
FIGURA 5.1 – HIETOGRAMAS DE PROJECTO PARA CHUVADAS COM PERÍODO DE RETORNO DE 5, 10, 50 E 100 ANOS E DURAÇÃO DE 4 HORAS.	34
FIGURA 6.1 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DAS INFRA-ESTRUTURAS MODELADAS, EM PLANTA.....	38
FIGURA 6.2 – AMPLITUDES DAS MARÉS.....	39
FIGURA 6.3 – CURVA - PADRÃO DE VARIAÇÃO DIÁRIA DE DESCARGAS DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS.	39

FIGURA 6.4 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO SISTEMA MODELADO PARA O CENÁRIO 1 (ACTUAL).....	42
FIGURA 6.5 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO SISTEMA MODELADO PARA O CENÁRIO 2 (RECOMENDADO).	42
FIGURA 6.6 – ALTURAS DE ESCOAMENTO NO TÚNEL, PARA TEMPO SECO, NA SITUAÇÃO ACTUAL.	43
FIGURA 6.7 – ALTURAS DE ESCOAMENTO NO CANEIRO, PARA TEMPO SECO, NA SITUAÇÃO ACTUAL.	44
FIGURA 6.8 – ALTURAS DE ESCOAMENTO NA ENTRADA PARA A ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DOS PESCADORES, PARA TEMPO SECO, NA SITUAÇÃO ACTUAL.	44
FIGURA 6.9 – ALTURAS DE ESCOAMENTO NO TÚNEL, PARA UMA PRECIPITAÇÃO COM PERÍODO DE RETORNO DE 5 ANOS, NA SITUAÇÃO ACTUAL.....	45
FIGURA 6.10 – ALTURAS DE ESCOAMENTO NO CANEIRO, PARA UMA PRECIPITAÇÃO COM PERÍODO DE RETORNO DE 5 ANOS, NA SITUAÇÃO ACTUAL.....	45
FIGURA 6.11 – ALTURAS DE ESCOAMENTO NO TÚNEL, PARA UMA PRECIPITAÇÃO COM PERÍODO DE RETORNO DE 50 ANOS, NA SITUAÇÃO ACTUAL.....	46
FIGURA 6.12 – ALTURAS DE ESCOAMENTO NO CANEIRO, PARA UMA PRECIPITAÇÃO COM PERÍODO DE RETORNO DE 50 ANOS, NA SITUAÇÃO ACTUAL.....	47
FIGURA 6.13 – ALTURAS DE ESCOAMENTO NA ENTRADA PARA A EE DOS PESCADORES, PARA UMA PRECIPITAÇÃO COM PERÍODO DE RETORNO DE 50 ANOS, NA SITUAÇÃO ACTUAL.....	47
FIGURA 6.14 – ALTURAS DE ESCOAMENTO NO TÚNEL, PARA UMA PRECIPITAÇÃO COM PERÍODO DE RETORNO DE 100 ANOS, NA SITUAÇÃO ACTUAL.....	48
FIGURA 6.15 – ALTURAS DE ESCOAMENTO NO CANEIRO, PARA UMA PRECIPITAÇÃO COM PERÍODO DE RETORNO DE 100 ANOS, NA SITUAÇÃO ACTUAL.....	48
FIGURA 6.16 – ALTURAS DE ESCOAMENTO NO TÚNEL, PARA UMA PRECIPITAÇÃO COM PERÍODO DE RETORNO DE 5 ANOS, NA SITUAÇÃO PROPOSTA.	50
FIGURA 6.17 – ALTURAS DE ESCOAMENTO NO TÚNEL, A JUSANTE DO LARGO ENG. DUARTE PACHECO, PARA UMA PRECIPITAÇÃO COM PERÍODO DE RETORNO DE 5 ANOS, NA SITUAÇÃO PROPOSTA.	50
FIGURA 6.18 – EXEMPLO DA EVOLUÇÃO DAS ALTURAS DE ESCOAMENTO NO CANEIRO, PARA UMA PRECIPITAÇÃO COM PERÍODO DE RETORNO DE 5 ANOS, NA SITUAÇÃO PROPOSTA.	51
FIGURA 6.19 – ALTURAS DE ESCOAMENTO NO CANEIRO, PARA UMA PRECIPITAÇÃO COM PERÍODO DE RETORNO DE 5 ANOS, NA SOLUÇÃO PROPOSTA FINAL.....	51
FIGURA 6.20 – ALTURAS DE ESCOAMENTO NO TÚNEL, PARA UMA PRECIPITAÇÃO COM PERÍODO DE RETORNO DE 50 ANOS, NA SITUAÇÃO PROPOSTA.	52
FIGURA 6.21 – ALTURAS DE ESCOAMENTO NO CANEIRO, PARA UMA PRECIPITAÇÃO COM PERÍODO DE RETORNO DE 50 ANOS, NA SITUAÇÃO PROPOSTA.	53
FIGURA 6.22 – ALTURAS DE ESCOAMENTO NO TÚNEL, PARA UMA PRECIPITAÇÃO COM PERÍODO DE RETORNO DE 100 ANOS, NA SITUAÇÃO PROPOSTA.	54
FIGURA 6.23 – ALTURAS DE ESCOAMENTO NO CANEIRO, PARA UMA PRECIPITAÇÃO COM PERÍODO DE RETORNO DE 100 ANOS, NA SITUAÇÃO PROPOSTA.	54

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 3.1 – CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DAS BACIAS DE DRENAGEM CONSIDERADAS.	21
QUADRO 3.2 – ESTIMATIVAS DO TEMPO DE CONCENTRAÇÃO, TC, PARA AS BACIAS DE DRENAGEM RURAIS.	22
QUADRO 3.3 – PARÂMETROS DAS CURVAS IDF (INAG, 2001), PARA DURAÇÕES DE 30 MIN A 6 H, NO POSTO UDOGRÁFICO DA PRAIA DA ROCHA.....	25
QUADRO 3.4 - DETERMINAÇÃO DOS COEFICIENTES DE REDUÇÃO GLOBAL DO MÉTODO RACIONAL GENERALIZADO, POR BACIA.	25
QUADRO 3.5 - CAUDAIS PLUVIAIS POR BACIA DA ÁREA DE ATENDIMENTO (T = 5, 50 E 100 ANOS).	26
QUADRO 3.6 – POPULAÇÕES E CAUDAIS DOMÉSTICOS ADOPTADOS PARA AS BACIAS DE DRENAGEM CONSIDERADAS.	27
QUADRO 4.1 – ESTIMATIVA DA CAPACIDADE HIDRÁULICA DAS INFRA-ESTRUTURAS EM ESTUDO PARA DIFERENTES COEFICIENTES DE RUGOSIDADE.	28
QUADRO 4.2 – CAUDAIS PLUVIAIS AFLUENTES A CADA TROÇO (T = 2, 5 E 50 ANOS).	29
QUADRO 5.1 – VALORES REFERENTES AOS HIETOGRAMAS DE PROJECTO (PARA DIVERSOS PERÍODOS DE RETORNO).....	32

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 – Desenho A1: Planta de localização e bacias de drenagem	
Anexo 2 – Desenho A2: Planta da área de intervenção do Programa Polis	
Anexo 3 – Desenho A3: Planta das principais infra-estruturas em estudo, na cidade de Albufeira	
Anexo 4 – Desenho A4: Planta de pormenor do caneiro	
Anexo 5 – Desenho A5: Planta de pormenor do túnel	
Anexo 6 – Desenho A6: Perfis longitudinais do caneiro	
Anexo 7 – Desenho A7: Perfis longitudinais do túnel	
Anexo 8 – Desenho A8: Extracto da zona final do túnel - Consulmar	

AUDITORIA TÉCNICA AOS PROJECTOS DE INFRA-ESTRUTURAS DA INTERVENÇÃO DO PROGRAMA POLIS E ENQUADRAMENTO NA BACIA HIDROGRÁFICA

1. INTRODUÇÃO

A Sociedade PolisAlbufeira foi constituída pelo Decreto-Lei nº 36/2001, de 8 de Fevereiro, para gerir na cidade de Albufeira a intervenção do Programa Polis – Programa de Requalificação Urbana e Valorização Ambiental de Cidades. A intervenção da PolisAlbufeira compreende o Centro Antigo da Cidade, a Ampliação e Requalificação do Espaço Balnear, e ainda, a Frente Mar.

A intervenção está praticamente concluída. De entre as actividades já realizadas inclui-se, designadamente, o tratamento e requalificação do Espaço Público do Centro Antigo da Cidade – Praça Eng.º Duarte Pacheco, Av. 25 de Abril, Praça dos Pescadores e Miradouro Pau da Bandeira, com criação de novos espaços públicos e melhoramentos dos arruamentos da área.

Pelo facto dos projectos desenvolvidos se inserirem em zonas sensíveis da cidade, especialmente críticas em termos de assoreamento de colectores e riscos de inundações (tal como se demonstrou na sequência das precipitações ocorridas em Setembro de 2008), a Comissão Liquidatária da PolisAlbufeira solicitou à empresa HIDRA, Hidráulica e Ambiente, Lda., a elaboração de uma auditoria técnica aos projectos de drenagem de águas pluviais e residuais referentes à intervenção efectuada no eixo central da cidade de Albufeira, constituído pelas Av. da Liberdade / Praça Eng.º Duarte Pacheco / Av. 25 de Abril / Praça dos Pescadores e Cais Herculano. A esta zona de intervenção corresponde uma área de cerca de 95 ha.

Neste contexto, o presente documento refere-se à análise das intervenções efectuadas no sistema de drenagem que serve o eixo central da cidade de Albufeira, sobretudo numa perspectiva da contribuição para a compreensão do comportamento hidráulico do sistema integrado. Dada a integração dos novos colectores com as infra-estruturas envolventes e com a bacia hidrográfica servida (com cerca de 2 500 ha), muito maior que a área específica sujeita a intervenção, entende-se que este estudo deve integrar, naturalmente, a análise da contribuição da totalidade da bacia hidrográfica e dos riscos de inundação, para diversos cenários ambientais. Como tal, o presente estudo incide sobre os seguintes aspectos:

- Análise e verificação dos projectos de drenagem na área de intervenção e da sua capacidade, face aos critérios legais e normativos.

- Avaliação sumária do potencial de geração de caudais pluviais (incluindo áreas, inclinações, percentagem de áreas impermeáveis e tempos de concentração das bacias contributivas).
- Análise do cadastro existente, na zona de intervenção, com recolha dos elementos disponíveis respeitantes ao estado de assoreamento de colectores e à existência de descarregadores.
- Simulação do comportamento dinâmico das infra-estruturas dos eixos principais de drenagem (Av. 25 de Abril e Rua 5 de Outubro), para eventos de precipitação de diversos períodos de retorno e maré variável, e análise de resultados e de riscos correspondentes. As simulações foram efectuadas recorrendo ao MOUSE (Modeling Urban Sewers), desenvolvido pelo Danish Hydraulic Institute (DHI), na Dinamarca.
- Elaboração de recomendações de carácter estratégico e de mais detalhe para o controlo dos riscos de inundação.

O trabalho foi desenvolvido atendendo aos elementos fornecidos referentes à cidade de Albufeira, nomeadamente:

- “Elaboração de projectos de Infra-estruturas ao abrigo do Protocolo com a CMA (Remodelação da Praça dos Pescadores e Cais Herculano / Tratamento e Valorização da Av. da Liberdade / Remodelação da Praça Eng. Duarte Pacheco e da Av. 25 de Abril)” – Projecto de Execução de Infra-estruturas de Rede de Águas Residuais Pluviais: Zona 4.1 (nProjectos, 2005).
- “Elaboração de projectos de Infra-estruturas ao abrigo do Protocolo com a CMA (Remodelação da Praça dos Pescadores e Cais Herculano / Tratamento e Valorização da Av. da Liberdade / Remodelação da Praça Eng. Duarte Pacheco e da Av. 25 de Abril)” – Projecto de Execução de Infra-estruturas de Rede de Águas Residuais Pluviais: Zona 1 e 2 (nProjectos, 2006).
- Projecto de Execução das Infra-estruturas Urbanas das Águas Pluviais, do Largo Eng.º Duarte Pacheco (Biodesign, 2005).
- “Elaboração de projectos de Infra-estruturas ao abrigo do Protocolo com a CMA (Remodelação da Praça dos Pescadores e Cais Herculano / Tratamento e Valorização da Av. da Liberdade / Remodelação da Praça Eng. Duarte Pacheco e da Av. 25 de Abril)” – Levantamento do túnel da Ribeira de Albufeira (nProjectos, 2006).
- “Elaboração de projectos de Infra-estruturas ao abrigo do Protocolo com a CMA (Remodelação da Praça dos Pescadores e Cais Herculano / Tratamento e Valorização da Av. da Liberdade / Remodelação da Praça Eng. Duarte Pacheco e da Av. 25 de Abril)” – Inspeção ao túnel (nProjectos, 2005).
- Planta, corte e secções da câmara de carga do Emissário Submarino (Consulmar, 2004).
- “Auditoria Técnica aos Projectos e Obras Polis Albufeira” – 2º Nível de Trabalhos (IST, Dezembro 2008).
- Cadastro parcial do caniço.
- Cartas Militares 1:25 000.
- Planta de enquadramento da área de intervenção do Polis Albufeira.

- Informação Meteorológica sobre as ocorrências meteorológicas de Setembro de 2008.
- Informação sobre os dados de exploração da Estação Elevatória dos Pescadores, em Agosto de 2008.

Não foi disponibilizado, em tempo útil, o cadastro completo das infra-estruturas de drenagem existentes nem cartas topográficas à escala 1:1000.

Este documento encontra-se organizado em 7 capítulos. No capítulo 2 procede-se à descrição geral do sistema de drenagem existente. O capítulo 3 diz respeito à avaliação sumária das contribuições pluviais e o capítulo 4 à estimativa da capacidade hidráulica máxima das principais infra-estruturas de drenagem. No capítulo 5 apresenta-se uma caracterização dos eventos pluviométricos de Setembro de 2008 e a estimativa dos hietogramas de projecto. O capítulo 6 refere-se à modelação do comportamento hidro-dinâmico das principais infra-estruturas de drenagem em estudo. Por último, no capítulo 7, faz-se uma síntese conclusiva do estudo efectuado, apresentando-se as principais recomendações.

2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM EXISTENTE

2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A intervenção da PolisAlbufeira abrange uma área de aproximadamente 95 ha, tal como se ilustra na Figura 2.1. Anteriormente à intervenção, esta área já se encontrava maioritariamente impermeabilizada.

A área intervencionada fica localizada a jusante de uma bacia hidrográfica de razoáveis dimensões, a bacia hidrográfica da Ribeira de Albufeira (com cerca de 2 500 ha), com inclinações consideráveis em parte da sua extensão. A montante da zona urbana a linha de água está a ser canalizada (como se pode verificar na Figura 2.2).

Nos Desenhos A1 e A2, em Anexo, são apresentados, respectivamente, a planta de localização e bacias de drenagem, e a planta da área de intervenção do Programa Polis.



Figura 2.1 – Planta geral da área intervencionada pela PolisAlbufeira.



Figura 2.2 – Vista da Ribeira de Albufeira a montante da zona urbana, actualmente a ser canalizada.

O local do sistema de drenagem na zona intervencionada é, do ponto de vista do comportamento hidráulico e dos riscos de inundações, uma zona particularmente sensível pelas seguintes razões principais:

- encontra-se a jusante da bacia hidrográfica de várias centenas de hectares, com inclinação considerável e com um grau significativo de impermeabilização;
- desenvolve-se em zona plana, com reduzida energia disponível para que se processe o escoamento gravítico e se assegurem condições de auto-limpeza;

- o regime de escoamento nos colectores encontra-se condicionado pelos níveis de maré.

De acordo com os relatos de habitantes locais, nos eventos pluviométricos de Setembro de 2008 a altura da água nas secções mais críticas (na Rua Cândido dos Reis, junto ao estabelecimento comercial NAC, Picadilly Cocktail bar e Hotel Califórnia), terá ascendido a cerca de 1 m. De notar que este arruamento tem uma cota topográfica claramente inferior à da Av. 25 de Abril (a diferença é, em determinados locais, superior a 1 m). Assim, e atendendo à altimetria local, terão sido menos significativas as alturas de água na Praça Eng.º Duarte Pacheco, na Av. 25 de Abril e na Praça dos Pescadores. Na Figura 2.2 apresenta-se uma fotografia da Rua Cândido dos Reis, durante as inundações de Setembro de 2008, onde é possível observar o elevado nível atingido pelas águas.



Figura 2.3 – Vista da Rua Cândido dos Reis, durante as inundações de Setembro de 2008.

Para as inundações verificadas, que tiveram impacte económico e social significativo, terão contribuído designadamente as seguintes circunstâncias: *a)* precipitação intensa com elevado período de retorno; *b)* assoreamento de colectores e *c)* bacias contributivas (zona norte) de elevada inclinação média (com reduzidos tempos de concentração). Nesse quadro, é provável que tenham tido impacte praticamente nulo nas inundações, as intervenções efectuadas no âmbito do Programa Polis, em Albufeira.

2.2 PRINCIPAIS INFRA-ESTRUTURAS DE DRENAGEM NA ÁREA DE INTERVENÇÃO

A zona em estudo é composta por dois colectores principais, nomeadamente o túnel que se desenvolve ao longo da Av. da Liberdade e o caneiro que tem início no Largo Eng. Duarte Pacheco e se desenvolve pela Av. 25 de Abril, atravessa a Praça de Pescadores e descarrega no meio receptor. Na Praça dos Pescadores existe ainda um canal de escoamento de águas pluviais, secção rectangular, que serve para drenar as águas da praça e que tem ligação ao caneiro (na Cx. F1612). Em tempo de chuva, este canal poderá desempenhar funções de “mini-reservatório”, na medida em que poderá armazenar os volumes correspondentes ao escoamento superficial da

própria Praça, e ainda alguns dos caudais transportados pelo caneiro (que não sejam descarregados no meio receptor por limitações associadas à maré ou aos próprios descarregadores existentes no Caneiro).

Em tempo seco, o túnel desvia os caudais escoados para o caneiro, no Largo Eng. Duarte Pacheco, e a jusante, na Praça dos Pescadores, o caneiro desvia aqueles caudais para a Estação Elevatória dos Pescadores. As águas de drenagem que não são desviadas, respectivamente, para o caneiro e para a estação elevatória, são descarregadas directamente para o meio receptor.

A Figura 2.4 refere-se à Praça Eng.º Duarte Pacheco. A Figura 2.5 diz respeito à Rua Cândido dos Reis, especialmente sensível em termos de riscos de inundações, dada as reduzidas cotas topográficas do pavimento.



Figura 2.4 – Vista da Praça Eng.º Duarte Pacheco.



Figura 2.5 – Vista da Rua Cândido dos Reis, próximo do Picadilly Cocktail Bar e do estabelecimento comercial NAC.

A Figura 2.6 corresponde à Av. 25 de Abril, vista da Praça dos Pescadores. A Figura 2.7 e a Figura 2.8 dizem respeito, respectivamente, à praça dos Pescadores, vista de sul (lado do mar) e vista das escadas rolantes de acesso ao Miradouro Pau da Bandeira. Nesta última fotografia é

ainda visível o revestimento colocado sobre o canal (ou “mini-reservatório”) existente na Praça dos Pescadores, constituído por traves de madeira.



Figura 2.6 – Vista da Av. 25 de Abril.



Figura 2.7 – Vista da Praça dos Pescadores, pelo lado sul.



Figura 2.8 – Vista da Praça dos Pescadores, das escadas rolantes.

A Figura 2.9 ilustra a Estação Elevatória dos Pescadores, enquanto a Figura 2.10 se reporta ao canal de escoamento de águas pluviais que atravessa, de lado nascente, a Praça dos Pescadores.



Figura 2.9 – Vista da Estação Elevatória dos Pescadores.



Figura 2.10 – Vista do canal de águas pluviais, do lado nascente da Praça dos Pescadores.

2.3 CARACTERIZAÇÃO SUMÁRIA DO TÚNEL

A infra-estrutura de drenagem aqui designada como “túnel” corresponde à canalização da Ribeira de Albufeira, desde o cruzamento com a Av. dos Descobrimentos até ao Oceano Atlântico, incluindo o troço que se desenvolve a jusante do Largo Eng. Duarte Pacheco (túnel propriamente dito).

Foram efectuados levantamentos do túnel, solicitados pela PolisAlbufeira, com vista ao traçado do perfil longitudinal a montante do desvio para o Caneiro e à identificação de eventuais problemas estruturais ou que condicionem a sua manutenção (nProjectos, 2006). Resumidamente, foram detectadas câmaras de visita sem acesso à superfície, depósitos de areias/entulho, deficiências pontuais na parte superior do túnel (betão degradado), soleiras partidas, fissuras no tecto e uma feira de tijolos na soleira. No âmbito da realização destes trabalhos foram tiradas diversas fotografias ilustrativas do túnel, apresentando-se na Figura 2.11 e na Figura 2.12 duas vistas do túnel para montante, incluindo a parede descarregadora (na qual, anteriormente a Setembro de 2008, se encontrava instalada uma válvula mural – tipo “açude”). A

montante deste descarregador, que apresenta uma altura de cerca de 1,2 m, encontra-se um colector de desvio para o Caneiro com um diâmetro de 400 mm.



Figura 2.11 – Vistas do túnel para montante, incluindo parede descarregadora e desvio (à direita) para o caneiro.

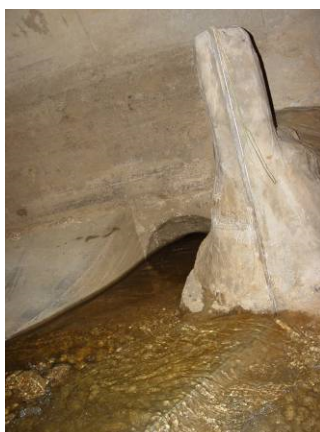


Figura 2.12 – Vista do colector de desvio para o caneiro, no túnel.

Desconhece-se o alinhamento exacto e o perfil longitudinal do túnel a jusante do Largo Eng. Duarte Pacheco dado que o trabalho de campo realizado não incluiu aquele troço.

Nos Desenhos 5 e 7, em Anexo, apresentam-se, respectivamente, a planta de enquadramento do túnel e o correspondente perfil longitudinal.

Na secção de jusante, já na praia, encontra-se a ser executado um emissário submarino, com 1000 mm de diâmetro, que se destina a drenar os caudais afluentes e evitar, assim, a potencial contaminação das águas costeiras por algum esgoto de origem não pluvial que seja conduzido ao túnel, em virtude do sistema de drenagem poder não ser totalmente separativo. Na Figura 2.13 apresenta-se um esquema ilustrativo do início do emissário submarino, em construção na secção final do túnel (as cotas topográficas são referidas ao zero hidrográfico).

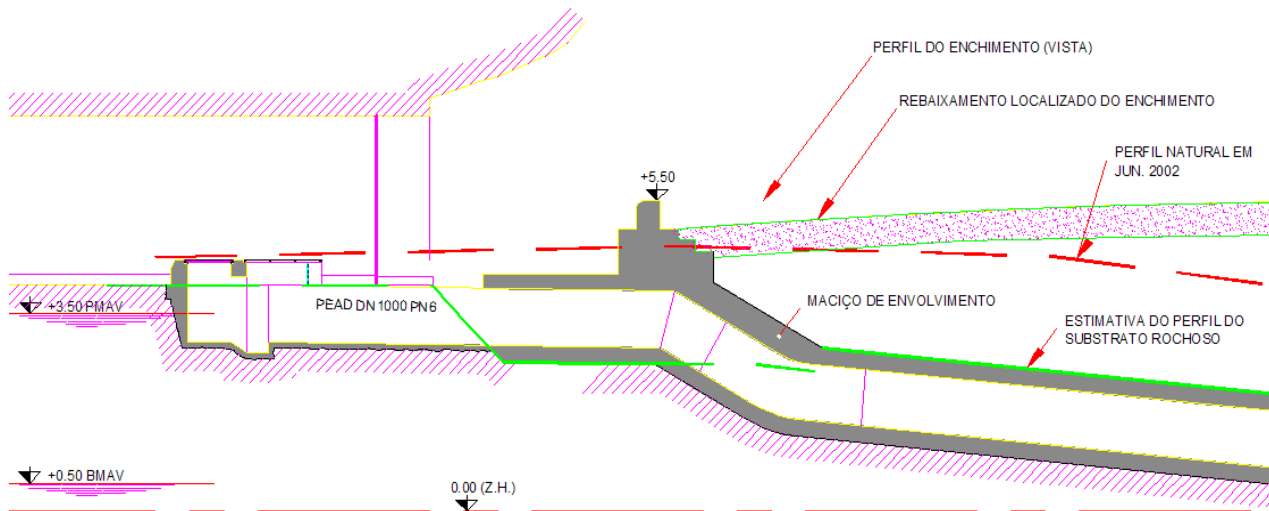


Figura 2.13 – Esquema ilustrativo do início do emissário submarino, junto da secção final do túnel.

Embora não tenha sido possível consultar o projecto de execução do emissário submarino (apenas o desenho correspondente à câmara de carga, localizada na praia - Consulmar, 2004), estima-se que este emissário tenha uma capacidade mínima (em condições de máxima preia-mar de águas vivas – MPMVA) de cerca de $1.3 \text{ m}^3/\text{s}$. Admitiu-se, para o cálculo, um coeficiente de rugosidade de Manning-Strickler de $80 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, a cota da crista do descarregador de 5,5 m (referida ao zero hidrográfico) e uma MPMVA de 4 m.

2.4 CARACTERIZAÇÃO SUMÁRIA DO CANEIRO

A infra-estrutura de drenagem designada como “caneiro” corresponde, originalmente, ao traçado da Ribeira de Albufeira. O caneiro tem início no Largo Eng. Duarte Pacheco e desenvolve-se ao longo da Av. 25 de Abril até à Praça dos Pescadores, e posteriormente até ao meio receptor.

O caneiro recebe caudais provenientes do túnel (desviados através do colector de 400 mm de diâmetro) e de uma bacia de drenagem de cerca de 40 ha, já na zona urbana, que não apresenta um carácter separativo na sua totalidade. Ao caneiro afluem, assim, águas residuais domésticas e pluviais.

O caneiro foi construído na década de 1980, dispondo de três secções rectangulares de $0,8 \text{ m} \times 1,0 \text{ m}$, e apresentando uma área total de cerca de 2 m^2 . Recentemente, esta infra-estrutura sofreu intervenções significativas (cuja execução coincidiu com a acção da PolisAlbufeira nessa área), justificadas atendendo ao estado de degradação parcial daquela infra-estrutura, da responsabilidade da Câmara Municipal de Albufeira, no âmbito das quais grande parte dos troços originais do caneiro foram substituídos por tubagens de 630 mm de diâmetro, em PEAD corrugado. Deste modo, actualmente o caneiro é constituído pelos seguintes seis troços:

1. Inicia-se no Largo Eng. Duarte Pacheco e apresenta uma secção circular de 630 mm de diâmetro, em PEAD corrugado.
2. Entre a cx.F2058 e a cx. F2078; apresenta uma secção correspondente a um braço do caneiro original (que se encontrava em boas condições).
3. Entre a cx. F2078 e a cx. F2095; apresenta uma secção circular de 630 mm de diâmetro, em PEAD corrugado.
4. Entre a cx. F2095 e a cx. F1503; apresenta duas secções circulares de 630 mm de diâmetro, em PEAD corrugado.
5. Entre a cx. F1503 e a cx. F1618 (onde se concretiza o desvio dos caudais de tempo seco para a EE dos Pescadores); apresenta três secções circulares de 630 mm de diâmetro, em PEAD corrugado.
6. A jusante da cx. F1618, com descarga no oceano Atlântico sob o pontão existente; constituído por um colector de betão de 2m x 1m.

Nos Desenhos 4 e 6, em Anexo, apresentam-se, respectivamente, a planta de pormenor do caneiro e o respectivo perfil longitudinal.

Em conformidade com trabalhos de campo realizados em Dezembro de 2008 (IST, 2008), existem septos longitudinais nas câmaras de visita F2078, F1503 e F1509. Adicionalmente, o caneiro encontra-se muito assoreado, com diversos detritos e pedras de dimensão razoável, cuja proveniência pode estar associada à ligação ao túnel.

A Sociedade PolisAlbufeira também levou a cabo trabalhos de campo imediatamente após as inundações de Setembro de 2008, que permitiram constatar o assoreamento do caneiro e os detritos aí existentes (ver, a título exemplificativo, a Figura 2.14), bem como a existência de uma parede descarregadora localizada na cx. F1618 (ilustrada na Figura 2.15), com uma altura bastante relevante face à dimensão dos colectores afluentes e da secção que se desenvolve a jusante desta câmara de visita, até ao meio receptor. Estima-se que a cota da crista deste descarregador fosse superior a 1,3 m.

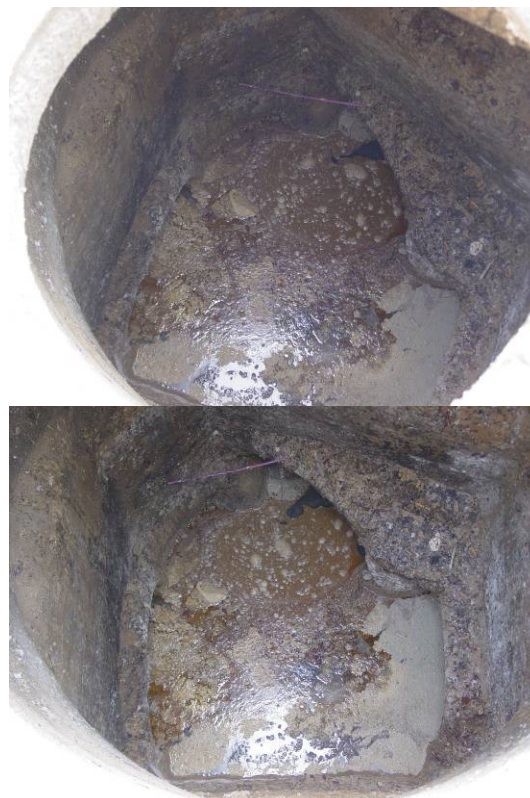


Figura 2.14 – Estado de assoreamento de câmaras de visita do caneiro, na Av. 25 de Abril.



Figura 2.15 – Vista da Cx F618 e da parede descarregadora aí existente.

2.5 PRINCIPAIS INTERVENÇÕES DE PROJECTO E ACÇÕES EFECTUADAS NO ÂMBITO DO PROGRAMA POLIS, COM REFLEXOS NO SISTEMA DE DRENAGEM

As principais intervenções efectuadas ao abrigo do programa Polis, com reflexo no sistema de drenagem, dizem respeito à construção de pequenos troços domésticos ou pluviais (incluindo

colectores e canaletes destinados à drenagem das escorrências superficiais), ao longo da Av. da Liberdade, no Largo Eng.º Duarte Pacheco, ao longo da Av. 25 de Abril e na Praça dos Pescadores, numa óptica de separação tendencial dos sistemas pluvial e doméstico. Estas intervenções representam uma pequena parte da totalidade do sistema de drenagem e estão agrupadas nos seguintes três projectos de execução, cuja breve análise (verificação da capacidade hidráulica dos colectores e asseguramento dos critérios legais e normativos em vigor) se apresenta nos parágrafos seguintes. No Desenho A3 do Anexo 3, indicam-se, em planta, as infra-estruturas projectadas no âmbito de cada um destes estudos.

AV. LIBERDADE (N-PROJECTOS, 2006)

O projecto contempla a execução de uma rede de drenagem de águas pluviais a implantar ao longo da Av. da Liberdade, com início na Cx.P1 (localizada aproximadamente a 35 m do cruzamento com a Av. dos Descobridores), e que se desenvolve paralelamente ao túnel. A rede é constituída por sete troços independentes, com ligação ao túnel, numa extensão total de cerca de 500 m e 400 mm de diâmetro.

Os caudais foram calculados pelo método racional, para períodos de retorno de 50 anos, aplicando as curvas IDF constante no regulamento em vigor, ou seja, no Decreto-Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto. A sua determinação afigura-se correctamente efectuada.

O dimensionamento hidráulico recorreu à aplicação da fórmula de Manning-Strickler e verifica os critérios regulamentares (embora seja omissa num pequeno troço, PE23-PE21).

LARGO ENG.º DUARTE PACHECO (BIODESIGN, 2005)

O projecto contempla a execução de uma rede de drenagem de águas pluviais a implantar no Largo Eng.º Duarte Pacheco e ao longo da Av. 25 de Abril. A rede é constituída por colectores de 300 mm de diâmetro (numa extensão total de cerca de 150 m), câmaras de visita circulares e rectangulares e sistemas de canaletes com ligação ao Caneiro. Os canaletes são de betão reforçado com fibra de vidro, com 10 e 15 cm de largura, cobertos com grelhas, com câmaras de visita rectangulares em cada extremidade para efectuar operações de limpeza, e apresentam um declive contínuo de 0.6 %,

Os caudais foram calculados pelo método racional, para períodos de retorno de 10 anos, aplicando curvas IDF específicas. O dimensionamento hidráulico dos colectores afigura-se correcto e verifica os critérios regulamentares (apesar de não serem apresentados os cálculos para os canaletes).

Salienta-se que, atendendo à reduzida largura dos canaletes, é possível a sua colmatação rápida e frequente, o que poderá ter ocorrido durante as inundações de Setembro de 2008 (embora, dada a intensidade das precipitações ocorridas, este aspecto seja de reduzida importância no impacto e extensão das consequências daqueles eventos pluviométricos). Posteriormente, a equipa

responsável pelo Polis procedeu à construção, na Av 25 de Abril e na Praça dos Pescadores, de sumidouros amplos para ultrapassar os inconvenientes potenciais dos canaletes existentes.

PRAÇA PESCADORES (N-PROJECTOS, 2006)

O projecto contempla a execução de uma rede de drenagem de águas pluviais a implantar ao longo do Cais Herculano (zona 1), Praça dos Pescadores (zona 2) e final da Av. 25 de Abril (zona 3).

Na zona 1, a rede é constituída por quatro troços de colectores com ligação final ao caneiro (numa câmara de visita localizada a montante do desvio para a estação elevatória dos Pescadores), com um comprimento total de cerca de 230 m. Nas zonas 2 e 3, a rede é constituída por quatro troços de colectores com ligação final ao caneiro (igualmente numa câmara de visita localizada a montante do desvio para a estação elevatória dos Pescadores), com um comprimento total de cerca de 225 m. Os diâmetros interiores dos colectores variam entre 200 e 430 mm.

As escorrências superficiais são recolhidas por grelhas e canaletes em betão polímero, ligadas aos colectores (num desenvolvimento total de 310 m).

Os caudais foram calculados pelo método racional, para períodos de retorno de 50 anos, aplicando as curvas IDF constantes no Decreto-Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto. A sua determinação afigura-se correcta.

Para o dimensionamento hidráulico recorreu-se à aplicação da fórmula de Manning-Strickler, verificando-se o cumprimento dos critérios regulamentares.

OUTROS ASPECTOS RELEVANTES

Do ponto de vista operacional, tiveram impactos que agravaram as inundações excepcionais de Setembro de 2008, o estado de assoreamento do caneiro, e a existência de um muro descarregador, D2, de altura significativa, constituindo um obstáculo à livre circulação dos caudais pluviais.

3. AVALIAÇÃO SUMÁRIA DE CONTRIBUIÇÕES PLUVIAIS

3.1 BACIAS DE DRENAGEM

A bacia hidrográfica da Ribeira de Albufeira, contributiva para a área em estudo, integra catorze bacias de drenagem (identificadas no Desenho 1), numa área total de 2 478 ha. As características principais das bacias de drenagem (área, percentagem de áreas impermeáveis, inclinação média e tempo de concentração) constam do Quadro 3.1.

Quadro 3.1 – Características principais das bacias de drenagem consideradas.

Bacia	Área imperme. [%]	Incl. terreno [%]	Área total [km ²]	tc t.concent. [min]
Túnel				
Ba1	0.10	0.97%	24.18	144.88
Ba1.0	0.00	0.00%	0.07	23.08
Ba1.1a	0.15	6.20%	0.04	24.55
Ba1.1b	0.90	8.46%	0.01	6.08
Ba1.2a	0.05	5.85%	0.07	22.30
Ba1.2b	0.25	5.85%	0.01	11.33
Ba1.9	0.90	10.80%	0.01	6.25
TOTAL	-	-	24.38	-
Caneiro				
Ba1.3	0.60	6.85%	0.17	14.25
Ba1.4	0.80	7.29%	0.13	15.83
Ba1.5	0.60	7.70%	0.03	10.79
Ba1.6	0.60	14.32%	0.03	6.92
Ba1.7	0.90	0.03%	0.01	11.29
Ba1.8	0.90	10.80%	0.02	7.00
Ba1.10	0.90	0.67%	0.02	11.75
TOTAL	-	-	0.39	-

Nas bacias rurais (bacias Ba1, Ba1.0, Ba1.1a, Ba1.2a), o tempo de concentração foi calculado através de várias expressões para tal usualmente aplicadas, nomeadamente, a fórmula de Témez, de Picking, de Kirpich, de CHPW, de Snyder modificado, do US Corpo f Engineers e de Rossi, cujas expressões de cálculo se apresentam de seguida. O valor adoptado para o tempo de concentração de cada bacia foi obtido através da média dos diversos tempos obtidos, desprezando os extremos (valores máximo e mínimo). Os resultados obtidos constam do Quadro 3.2.

Fórmula de Témez

$$T_c = 0,3 \times \left[\frac{L}{i^{0,25}} \right]^{0,76} \quad (1)$$

Fórmula de Picking

$$T_c = 5,3 \times \left[\frac{L^2}{i} \right]^{0,333} \quad (2)$$

Fórmula de Kirpich

$$T_c = 0,39 \times \left[\frac{L^2}{i} \right]^{0,385} \quad (3)$$

Fórmula do CHPW/Pickering

$$T_c = \left[\frac{0,871 \times L^3}{\Delta H} \right]^{0,385} \quad (4)$$

Fórmula de Snyder modificado

$$T_c = 0,60 \times \left[\frac{L}{2 \times i^{0,5}} \right]^{0,38} \quad (5)$$

Fórmula do US Corpo f Engineers

$$T_c = 0,30 \times \left[\frac{L}{i^{0,25}} \right]^{0,5} \quad (6)$$

Fórmula de Rossi

$$T_c = 0,77 \times \left[\frac{L}{i^{0,5}} \right]^{0,295} \quad (7)$$

sendo:

- L - comprimento da linha de água principal [km];
- i - declividade [%];
- ΔH - diferença de cotas na bacia [m].

Quadro 3.2 – Estimativas do tempo de concentração, t_c , para as bacias de drenagem rurais.

Método	Valor					
	Ba1	Ba1.0	Ba1.1a	Ba1.1b	Ba1.2a	Ba1.2b
Fórmula de Témez	3.62	0.29	0.31	0.10	0.29	0.11
Fórmula de Picking	1.70	0.13	0.14	0.05	0.13	0.05
Fórmula de Kirpich	11.89	0.63	0.68	0.21	0.59	0.22
Fórmula de CHPW	2.02	0.11	0.12	0.04	0.10	0.04
Fórmula de Snyder	2.49	0.58	0.61	0.34	0.56	0.34
Fórmula do US Corp of Engineers	3.50	0.29	0.31	0.10	0.29	0.11
Fórmula de Rossi	2.85	0.92	0.95	0.61	0.90	0.61
Tc adoptado(h)	2.41	0.38	0.41	0.16	0.37	0.17
Tc adoptado(min)	145	23	25	10	22	10

Para as restantes bacias de drenagem, inseridas na malha urbana, o tempo de concentração foi calculado pela adição do tempo inicial (que depende da inclinação do terreno e da percentagem de áreas impermeáveis da bacia) ao tempo de percurso (estimado admitindo uma velocidade de escoamento, nos colectores, de cerca de 2 m/s).

3.2 CAUDAIS PLUVIAIS

Para estimar caudais de origem pluvial em zona urbana, o método mais utilizado, e ainda hoje consagrado na maior parte dos regulamentos Europeus, é o Método Racional, que permite uma utilização expedita. Este método, que consta do Decreto-Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto, pode ser traduzido matematicamente pela seguinte expressão:

$$Q_{pl} = C \times I \times A \quad (8)$$

sendo:

- Q_{pl} - caudal de ponta pluvial [l/s];
- C - coeficiente do método racional [-];
- I - intensidade de precipitação [l/(s.ha)];
- A - área da bacia de drenagem [ha].

Embora não haja consenso relativamente ao campo de aplicação do método racional, pode citar-se, como referência, que a sua utilização se deve restringir a bacias com áreas inferiores a cerca de 200 a 2000 ha. De facto, a simplicidade de aplicação do método racional não permite, em regra, assegurar um elevado grau de rigor (COSTA, 1983), razão pela qual se propôs o Método Racional Generalizado, que permite ultrapassar algumas das limitações do Método Racional.

No presente estudo, os caudais pluviais foram calculados pelo Método Racional Generalizado, que tem também por base o princípio da linearidade entre a precipitação útil e o caudal de ponta. Este método, aplicável a bacias com qualquer percentagem de áreas impermeáveis, é traduzido pela expressão seguinte (COSTA, 1956):

$$Q = \frac{2V_1}{V} \times \frac{t}{t_c} \times \psi \times CIA = C_1 \cdot I \cdot A \quad (9)$$

em que:

- Q - caudal pluvial a determinar [m³/s];
- V_1 - volume correspondente à parte ascendente do hidrograma [m³];
- V - volume total do hidrograma [m³];
- t - duração da precipitação de projecto [h];
- t_c - tempo de concentração da bacia [h];
- C - coeficiente de redução [-];
- C_1 - coeficiente de redução global [-];
- A - área da bacia a montante do colector a dimensionar (ha);
- I - intensidade de precipitação da chuvada de cálculo (m³/ha.s);
- ψ - coeficiente volumétrico (ou de regolfo) [-].

Na Figura 3.1 apresentam-se relações gráficas que permitem calcular, de forma expedita, o coeficiente de redução global do Método Racional Generalizado: o modo como este método é tabelado e apresentado permite determinar o valor do coeficiente de redução global C_1 , para uma

dada percentagem de áreas impermeáveis da bacia e um determinado valor do coeficiente de escoamento, em função do tipo e inclinação do terreno e da percentagem de áreas impermeáveis. A inclinação do terreno foi definida recorrendo a um Modelo Digital de Terreno (MDT), disponível para *download* no site de Internet do United States Geological Survey (USGS), a partir do qual se calculou o declive médio do terreno em cada sub-bacia.

A intensidade média de precipitação deve ser avaliada para condições críticas, ou seja, deve admitir-se que toda a área da bacia contribui para o caudal avaliado na secção de interesse, o que, por definição, acontece a partir do instante em que a duração da chuvada iguala o tempo de concentração na bacia. Para durações inferiores ao tempo de concentração, nem toda a bacia contribui para o caudal de ponta máximo. Para durações superiores, é menor a intensidade média de precipitação e, portanto, menor o caudal correspondente.

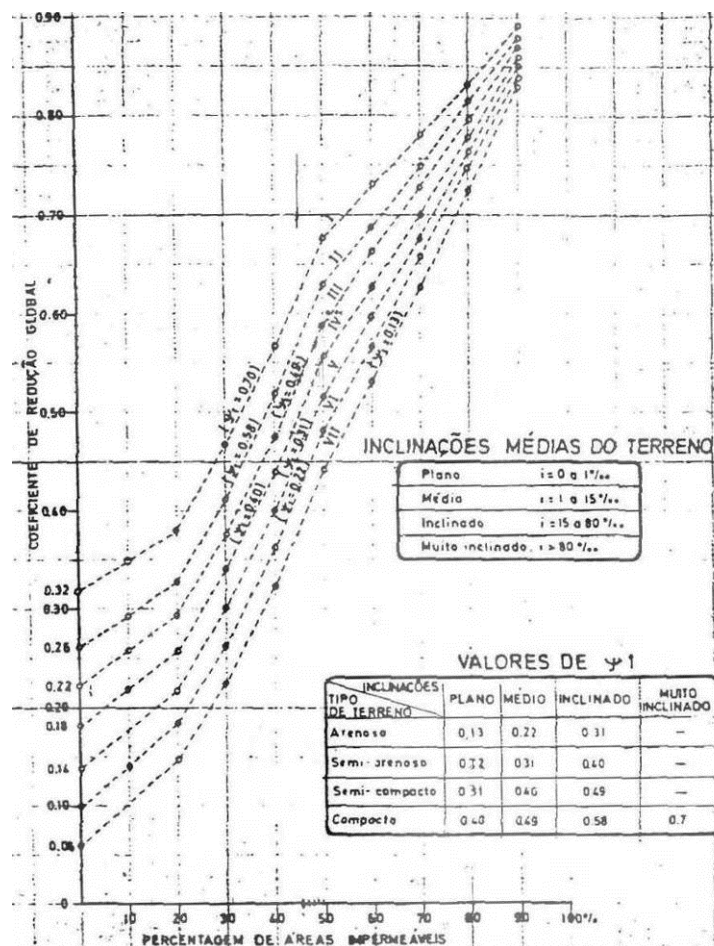


Figura 3.1- Cálculo expedito do coeficiente de redução global do Método Racional Generalizado.

A intensidade média da precipitação, para determinada duração e período de retorno, pode ser obtida tendo em conta a curva apropriada de Intensidade-Duração-Frequência (curva I-D-F). Neste estudo, recorreu-se às curvas propostas pelo INAG num trabalho denominado “Análise dos Fenómenos Extremos: Precipitações intensas em Portugal Continental” (INAG, 2001), o mais recente e abrangente estudo do género realizado para Portugal. No Quadro 3.3 apresentam-

se os parâmetros das curvas IDF para diferentes períodos de retorno), para durações de 30 minutos a 6 horas, no posto udográfico da Praia da Rocha.

Quadro 3.3 – Parâmetros das curvas IDF (INAG, 2001), para durações de 30 min a 6 h, no posto udográfico da Praia da Rocha.

T [anos]	a [-]	b [-]
2	254.91	-0.684
5	366.91	-0.700
10	441.75	-0.706
20	513.84	-0.711
50	607.46	-0.715
100	677.76	-0.718
500	840.56	-0.723

Assim, a intensidade de precipitação foi avaliada para uma duração igual ao tempo de concentração (t_c), a partir da expressão seguinte e dos parâmetros a e b definidos em função do período de retorno considerado:

$$I = a \times t_c^b \quad (10)$$

No Quadro 3.4 apresentam-se os valores considerados na determinação dos coeficientes de redução global do Método Racional Generalizado (C_1), por bacia, designadamente: área da bacia, declive médio do terreno, tipo de terreno (admitido compacto, C), coeficiente Ψ_1 , percentagem de áreas impermeáveis e coeficiente C_1 .

Quadro 3.4 - Determinação dos coeficientes de redução global do Método Racional Generalizado, por bacia.

Bacia [-]	A [km ²]	i_b [%]	T.terr. [-]	Ψ_1 [-]	AI [%]	C_1 [-]
Ba1	24.18	0.97%	C	0.49	10%	0.26
Ba1.0	0.07	0.00%	C	0.40	0%	0.18
Ba1.1a	0.04	6.20%	C	0.58	15%	0.31
Ba1.1b	0.01	8.46%	C	0.70	90%	0.89
Ba1.2a	0.07	5.85%	C	0.58	5%	0.28
Ba1.2b	0.01	5.85%	C	0.58	25%	0.37
Ba1.3	0.17	6.85%	C	0.58	60%	0.69
Ba1.4	0.13	7.29%	C	0.58	80%	0.82
Ba1.5	0.03	7.70%	C	0.58	60%	0.69
Ba1.6	0.03	14.32%	C	0.70	60%	0.73
Ba1.7	0.01	0.03%	C	0.40	90%	0.86
Ba1.8	0.02	10.80%	C	0.70	90%	0.89
Ba1.9	0.01	10.80%	C	0.70	90%	0.89
Ba1.10	0.02	0.67%	C	0.49	90%	0.87

O Quadro 3.5 reporta-se à determinação dos caudais pluviais por bacia, para os períodos de retorno de 5, 50 e 100 anos. Os valores apresentados dizem respeito à área da bacia, coeficiente de redução C_1 , tempo inicial, comprimento do troço, tempo de percurso, tempo de concentração, intensidade da precipitação e caudal pluvial.

Quadro 3.5 - Caudais pluviais por bacia da área de atendimento (T = 5, 50 e 100 anos).

Bacia	Área total [km ²]	C_1 [-]	t_i t.inicial [min]	Comp. troço [m]	t_p t.percurso [min]	t_c t.concent. [min]	T = 5 anos		T = 50 anos		T = 100 anos	
							I [mm/h]	Qpluv [l/s]	I [mm/h]	Qpluv [l/s]	I [mm/h]	Qpluv [l/s]
Ba1	24.18	0.26	-	8300.0	-	144.9	11.27	19 571	17.31	30 071	19.03	33 054
Ba1.0	0.07	0.18	-	500.0	-	23.1	40.76	135	64.39	213	71.16	235
Ba1.1a	0.04	0.31	-	510.0	-	24.6	39.04	150	61.60	237	68.08	262
Ba1.1b	0.01	0.89	5.0	130.0	1.1	6.1	103.67	143	167.05	231	185.38	256
Ba1.2a	0.07	0.28	-	550.0	-	22.3	41.76	215	66.00	340	72.95	376
Ba1.2b	0.01	0.37	10.0	160.0	1.3	11.3	67.07	78	107.07	124	118.59	137
Ba1.3	0.17	0.69	7.5	810.0	6.8	14.3	57.13	1 803	90.90	2 868	100.61	3 175
Ba1.4	0.13	0.82	7.5	1000.0	8.3	15.8	53.07	1 614	84.30	2 564	93.28	2 837
Ba1.5	0.03	0.69	7.5	395.0	3.3	10.8	69.41	341	110.88	545	122.83	604
Ba1.6	0.03	0.73	5.0	230.0	1.9	6.9	94.76	505	152.40	813	169.06	902
Ba1.7	0.01	0.86	10.0	155.0	1.3	11.3	67.24	119	107.35	190	118.90	210
Ba1.8	0.02	0.89	5.0	240.0	2.0	7.0	93.97	438	151.10	705	167.61	782
Ba1.9	0.01	0.89	5.0	150.0	1.3	6.3	101.73	251	163.86	404	181.82	448
Ba1.10	0.02	0.87	10.0	210.0	1.8	11.8	65.39	272	104.34	433	115.56	480

3.3 CAUDAIS DOMÉSTICOS (POPULAÇÃO RESIDENTE)

Para estimar a população residente em cada uma das bacias de drenagem consideradas, foi considerado o valor de população obtido pela BGRI do INE, de acordo com a distribuição constante nos censos de 2001, para a cidade de Albufeira, distribuído proporcionalmente em função da taxa de ocupação, em planta, das respectivas bacias.

Para efeitos de modelação foram consideradas capitações de águas residuais de 160 L/(hab.dia), admitindo-se ainda caudais de infiltração correspondentes a 50% do caudal médio, em tempo seco.

No Quadro 3.6 apresentam-se, para as bacias consideradas, os valores de população residente, população fictícia (que se estima em três vezes a população residente e que se admite incluir a população flutuante) e os caudais médios e de ponta, de tempo seco, correspondentes. De referir que, nas bacias para as quais se não apresentam os valores de população, apenas se teve em conta a contribuição pluvial.

Quadro 3.6 – Populações e caudais domésticos adoptados para as bacias de drenagem consideradas.

Bacias [-]	População residente [hab]	População fictícia [hab]	Q_{mdDOM} [L/s]	Q_{ponta} [L/s]
Ba1	589	1 767	1.09	6.00
Ba1.0	0	0	0.00	0.00
Ba1.1a	54	163	0.10	0.55
Ba1.1b	41	122	0.08	0.41
Ba1.2a	27	82	0.05	0.28
Ba1.2b	14	41	0.03	0.14
Ba1.3	804	2 412	1.49	8.19
Ba1.4	761	2 283	1.41	7.75
Ba1.5	146	439	0.27	1.49
Ba1.6	149	447	0.28	1.52
Ba1.7	3	9	0.01	0.03
Ba1.8	137	412	0.25	1.40
Ba1.9	73	218	0.13	0.74
Ba1.10	118	355	0.22	1.21
Total	2 917	8 750	5.40	29.71

Salienta-se que se estimou com credibilidade população flutuante, dada a ausência de informação, embora se admita que esta seja várias vezes superior à população residente, em particular nos meses de Julho e Agosto. Em todo o caso, a magnitude dos caudais domésticos é seguramente várias vezes inferior à dos caudais pluviais, pelo que se considera que, para efeito deste estudo, a determinação exacta dos caudais domésticos na totalidade da bacia contributiva não se torna relevante.

4. ESTIMATIVA DA CAPACIDADE HIDRÁULICA MÁXIMA DAS PRINCIPAIS INFRA-ESTRUTURAS DE DRENAGEM E VERIFICAÇÃO FACE AOS CAUDAIS AFLUENTES

A estimativa da capacidade hidráulica máxima das principais infra-estruturas de drenagem (caneiro e túnel) foi efectuada atendendo aos perfis longitudinais dessas infra-estruturas (Anexos 6 e 7) e admitindo, para as secções não circulares, os diâmetros equivalentes respectivos.

Foi aplicada a fórmula de Manning-Strickler e considerados três valores distintos do coeficiente K_S , de modo a traduzir, em certa medida, o efeito do assoreamento dos colectores. Os resultados obtidos constam do Quadro 4.1.

Naturalmente que o assoreamento terá ainda reflexos na redução da secção disponível para o escoamento, resultando em capacidades hidráulicas inferiores, embora tal não tenha sido considerado nestes cálculos. Outro factor que condiciona fortemente a capacidade hidráulica do caneiro e do túnel é o nível de maré no meio receptor, considerado para efeitos de modelação dinâmica do comportamento do sistema de drenagem, mas desprezado nestes cálculos preliminares de capacidade hidráulica máxima das principais infra-estruturas de drenagem.

Quadro 4.1 – Estimativa da capacidade hidráulica das infra-estruturas em estudo para diferentes coeficientes de rugosidade.

Troço [-]	nº col. [-]	D _{equiv.} [mm]	i _{mín} [m/m]	i _{máx} [m/m]	K _s [m ^{1/3} /s]= 50		K _s [m ^{1/3} /s]= 70		K _s [m ^{1/3} /s]= 90		
					Q _{sc}		Q _{sc}		Q _{sc}		
					i _{mín} [m ³ /s]	i _{máx} [m ³ /s]	i _{mín} [m ³ /s]	i _{máx} [m ³ /s]	i _{mín} [m ³ /s]	i _{máx} [m ³ /s]	
Túnel											
PE0 - PE2.2	1	3400	1.67%	7.05%	52.6	108.2	73.7	151.5	94.8	194.7	
PE2.2 - PE2.3	1	3900	1.76%	1.76%	77.8	77.8	109.0	109.0	140.1	140.1	
PE2.3 - PE15	1	3400	0.61%	1.90%	31.9	56.2	44.6	78.7	57.3	101.1	
PE15 - PE15.5	1	3400	0.75%	2.00%	35.2	57.6	49.3	80.6	63.4	103.7	
PE15.5 - PE24	1	3400	0.95%	1.43%	39.8	48.7	55.7	68.1	71.6	87.6	
PE24 - PE24.4	1	3400	0.51%	1.00%	29.0	40.7	40.6	57.0	52.1	73.3	
PE24.4 - PE24.5	1	3400	1.17%	1.17%	44.1	44.1	61.8	61.8	79.4	79.4	
PE24.5 - Descarga1	1	3400	0.21%	1.00%	18.9	40.8	26.4	57.1	34.0	73.5	
Caneiro											
Ent. Túnel - F2042	1	400	0.32%	0.32%	0.076	0.076	0.106	0.106	0.137	0.137	
F2042 - F2058	1	630	0.32%	0.32%	0.255	0.255	0.357	0.357	0.459	0.459	
F2058 - F2059	1	1000	0.32%	0.32%	0.875	0.875	1.225	1.225	1.574	1.574	
F2059 - F2078	1	1100	0.32%	0.32%	1.128	1.128	1.579	1.579	2.030	2.030	
F2078 - F2095	1	630	0.10%	0.57%	0.144	0.342	0.201	0.479	0.259	0.615	
F2095 - F1503	2	630	0.08%	0.08%	0.259	0.259	0.362	0.362	0.466	0.466	
F1503 - F1622	3	630	0.30%	0.14%	0.747	0.518	1.046	0.725	1.344	0.933	
F1622 - F1618	3	630	1.01%	1.01%	1.368	1.368	1.915	1.915	2.462	2.462	
F1618 - F1611	1	1600	0.42%	0.42%	3.521	3.521	4.930	4.930	6.338	6.338	
F1611 - Descarga2	1	1600	0.09%	0.80%	1.610	4.881	2.254	6.834	2.898	8.787	

No Quadro 4.2 apresentam-se, para três períodos de retorno exemplificativos (2, 5 e 50 anos), os caudais pluviais afluentes a cada troço, atendendo às respectivas bacias contributivas.

Quadro 4.2 – Caudais pluviais afluentes a cada troço (T = 2, 5 e 50 anos).

Troço [-]	Bacias afluentes	Qpluv (m3/s)		
		T = 2 anos	T = 5 anos	T = 50 anos
Túnel		Túnel		
PE0 - PE2.2	entra Ba1, Ba1.0	14.8	19.7	30.3
PE2.2 - PE2.3	-	14.8	19.7	30.3
PE2.3 - PE15	-	14.8	19.7	30.3
PE15 - PE15.5	-	14.8	19.7	30.3
PE15.5 - PE24	entra Ba1.2a	15.0	19.9	30.6
PE24 - PE24.4	entra Ba1.1a	15.1	20.1	30.9
PE24.4 - PE24.5	entra Ba2.1b	15.1	20.1	31.0
PE24.5 - Descarga1	entra Ba1.1b e Ba1.9	15.4	20.5	31.6
Caneiro		Caneiro		
Ent. Túnel - F2042	caudal desviado do túnel	0.366	0.366	0.366
F2042 - F2058	-	0.366	0.366	0.366
F2058 - F2059	entra Ba1.3 e Ba1.10	1.9	2.4	3.7
F2059 - F2078	-	1.9	2.4	3.7
F2078 - F2095	entra Ba1.4	3.0	4.1	6.2
F2095 - F1503	-	3.0	4.1	6.2
F1503 - F1622	entra Ba1.6 e Ba1.7	3.0	4.7	7.2
F1622 - F1618	entra Ba1.5	3.3	5.0	7.8
F1618 - F1611	entra Ba1.8	3.6	5.5	8.5
F1611 - Descarga2	-	3.6	5.5	8.5

Da comparação dos dois quadros anteriores, podem apresentar-se os seguintes comentários:

- A capacidade hidráulica do túnel, no cenário mais desfavorável (para um coeficiente K_S de $50 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$), é suficiente para fazer face aos caudais afluentes gerados por precipitações com período de retorno de 5 anos (exceptuando, eventualmente, os troços finais com declive inferior a 0.3%).
- Se o túnel estiver limpo (ou seja, para um coeficiente K_S de $90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$), a sua capacidade hidráulica é claramente satisfatória, mesmo para precipitações com período de retorno de 50 anos.
- Quanto ao caneiro, o caudal desviado do túnel (considerando a existência de uma parede descarregadora com 1,2 m de altura, estimado em cerca de 366 l/s) excede a capacidade hidráulica dos troços iniciais do caneiro, concretamente do colector de ligação entre as duas infra-estruturas (de 400 mm de diâmetro), que se apresentará continuamente em carga, bem como dos troços do caneiro constituídos por uma tubagem de 630 mm de diâmetro.
- Mesmo admitindo que o caneiro se encontra totalmente limpo e desprezando o efeito de maré, a sua capacidade hidráulica é insuficiente para receber a totalidade dos caudais gerados nas bacias de drenagem contributivas, mesmo para chuvadas com período de retorno de 2 anos. Daqui se evidencia, novamente, a necessidade daquelas bacias disporem de um sistema de drenagem separativo, que desvie para o túnel, sempre que as cotas topográficas o permitam, o maior volume de caudais pluviais possível. Uma análise detalhada desta

problemática só será possível concretizar uma vez conhecido, em detalhe, o levantamento cadastral de todas as infra-estruturas existentes na área em estudo.

- Nas condições actuais, o caneiro funcionará em carga, mesmo para precipitações de reduzida intensidade.

5. CARACTERIZAÇÃO DOS EVENTOS PLUVIOMÉTRICOS DE SETEMBRO DE 2008 E ESTIMATIVA DE HIETOGRAMAS DE PROJECTO

5.1 INFORMAÇÃO DISPONIBILIZADA PELO INSTITUTO DE METEOROLOGIA

Foi solicitada ao Instituto de Meteorologia informação referente aos eventos pluviométricos ocorridos nos dias 22 e 29 de Setembro de 2008, que estiveram na origem das graves inundações na zona baixa de Albufeira.

A informação disponibilizada por aquele Instituto baseou-se na análise das informações disponíveis, designadamente cartas sinópticas do tempo, imagens de Radar Meteorológico, dados do Sistema de Detecção e Localização de Descargas Eléctricas Atmosféricas e observações das Estações Meteorológicas. Deste modo, consideram que, na cidade de Albufeira e no dia 22 de Setembro de 2008:

- tenha ocorrido precipitação forte durante a madrugada;
- a quantidade de precipitação tenha atingido um valor da ordem dos **50 mm**;
- a intensidade máxima de precipitação tenha atingido pontualmente 8 a 10 mm em 10 minutos, durante a madrugada.

Referem ainda que, na Estação Meteorológica de Faro/Aeroporto, a Estação Meteorológica mais próxima da zona de Albufeira com dados e com apuramentos climatológicos disponíveis, a quantidade de precipitação registada no dia 22 de Setembro de 2008 foi de 10.6 mm.

Relativamente ao dia 29 de Setembro de 2008, consideram que:

- tenha ocorrido precipitação na madrugada e início da manhã;
- a quantidade de precipitação tenha atingido um valor de **50 a 60 mm**;
- a intensidade máxima de precipitação tenha atingido pontualmente os 10 mm em 10 minutos, ou mesmo superior, no final da madrugada.

Referem ainda que, na Estação Meteorológica de Faro/Aeroporto, a quantidade de precipitação registada foi de 55.8 mm. No entanto, devido a falhas de observação no período de ocorrência de

precipitação, estima-se que a quantidade de precipitação possa ter atingido um valor da ordem de 70 mm.

A fim de realçar o facto destes fenómenos pluviométricos serem excepcionalmente intensos, note-se que o valor normal da quantidade de precipitação para o mês de Setembro (valor médio da quantidade total de precipitação no mês, no período de referência de 1965-1990) é de 14,0 mm. No mês de Setembro de 2008, foram registados 147.3 mm.

Se se tiver apenas em consideração o valor normal da quantidade de precipitação para a 3ª década do mês de Setembro (valor médio da quantidade total de precipitação entre os dias 21 a 30 de Setembro, no período de referência de 1966-1990), que ascende a 9.0 mm, a relevância daquelas precipitações é evidente: na 3ª década do mês de Setembro de 2008 foram registados 144,3 mm.

5.2 HIETOGRAMAS DE PROJECTO

No âmbito do presente estudo procedeu-se à estimativa de hietogramas de projecto com vista à simulação do comportamento hidráulico do sistema face aos eventos de precipitação ocorridos. A forma dos hietogramas admitidos (Matos, 1987) resulta da análise de registos de precipitação obtidos em Portugal e indica como a precipitação de um dado acontecimento pluvioso poderá se encontrar distribuída ao longo do tempo. As principais características dos hietogramas são as seguintes:

- duração total de 4 horas (volume máximo deduzido a partir das curvas IDF para o período de retorno escolhido);
- período intenso centrado (neste caso, de 60 minutos) e de intensidade constante;
- relação volumétrica entre os períodos que antecedem e precedem o período de maior intensidade (o volume de precipitação que antecede o período de maior intensidade é 1,5 vezes o volume que precede o período de maior intensidade).

Uma vez que não se conhecem os hietogramas correspondentes às precipitações registadas nos dias 22 e 29 de Setembro, admitiu-se a forma dos hietogramas de projecto anteriormente descritos (em conformidade com Matos, 1987), bem como as curvas IDF propostas pelo INAG (2001) que constam do Quadro 3.3 (para durações de 30 minutos a 6 horas, no posto udoográfico da Praia da Rocha). No Quadro 5.1 apresentam-se os resultados obtidos, para períodos de retorno entre 2 e 100 anos, incluindo a quantidade total de precipitação em cada evento, expressa em milímetros.

Quadro 5.1 – Valores referentes aos hietogramas de projecto (para diversos períodos de retorno).

Tempo [min]	Intensidade [mm/10 min]					
	Período retorno (anos)					
	2	5	10	20	50	100
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.063	0.080	0.091	0.102	0.117	0.127
20	0.189	0.239	0.274	0.306	0.350	0.381
30	0.315	0.399	0.457	0.510	0.584	0.635
40	0.442	0.559	0.640	0.714	0.817	0.889
50	0.568	0.718	0.823	0.919	1.050	1.143
60	0.694	0.878	1.006	1.123	1.284	1.397
70	0.820	1.037	1.189	1.327	1.517	1.651
80	0.946	1.197	1.372	1.531	1.751	1.905
90	1.072	1.356	1.555	1.735	1.984	2.159
100	2.582	3.481	4.089	4.660	5.420	5.973
110	2.582	3.481	4.089	4.660	5.420	5.973
120	2.582	3.481	4.089	4.660	5.420	5.973
130	2.582	3.481	4.089	4.660	5.420	5.973
140	2.582	3.481	4.089	4.660	5.420	5.973
150	2.582	3.481	4.089	4.660	5.420	5.973
160	0.715	0.904	1.036	1.157	1.323	1.439
170	0.631	0.798	0.914	1.021	1.167	1.270
180	0.547	0.691	0.793	0.885	1.012	1.101
190	0.463	0.585	0.671	0.748	0.856	0.931
200	0.379	0.479	0.549	0.612	0.700	0.762
210	0.294	0.372	0.427	0.476	0.545	0.593
220	0.210	0.266	0.305	0.340	0.389	0.423
230	0.126	0.160	0.183	0.204	0.233	0.254
240	0.042	0.053	0.061	0.068	0.078	0.085
Total (mm)	24	32	37	42	48	53

Com base nos valores obtidos, admite-se que o hietograma estimado para o período de retorno de 50 anos, que apresenta uma quantidade total de precipitação de 48 mm, possa ser utilizado para efeitos de modelação dinâmica do evento ocorrido na cidade de Albufeira no dia 22 de Setembro de 2008. Refere-se, contudo, que a intensidade máxima de precipitação correspondente a este hietograma é de 5,4 mm/10 min, inferior aos 8 a 10 mm/10 min considerados pelo Instituto de Meteorologia.

De igual modo, admite-se que o hietograma estimado para o período de retorno de 100 anos, que apresenta uma quantidade total de precipitação de 53 mm, possa ser utilizado para efeitos de modelação dinâmica do evento ocorrido na cidade de Albufeira no dia 29 de Setembro de 2008.

Na Figura 5.1 apresentam-se os hietogramas de projecto considerados mais relevantes para o presente estudo, nomeadamente para períodos de retorno de 5, 10, 50 e 100 anos.

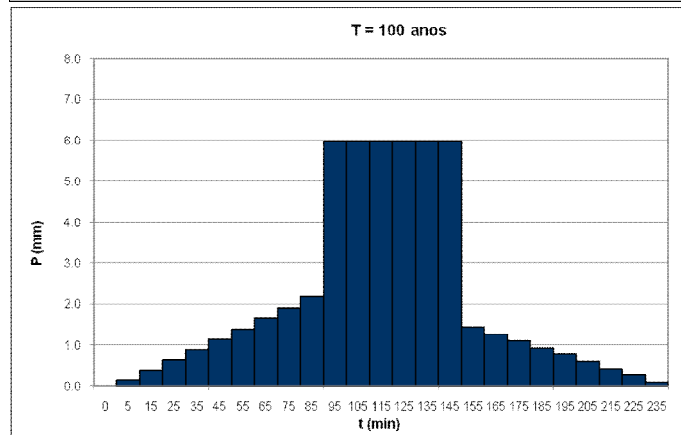
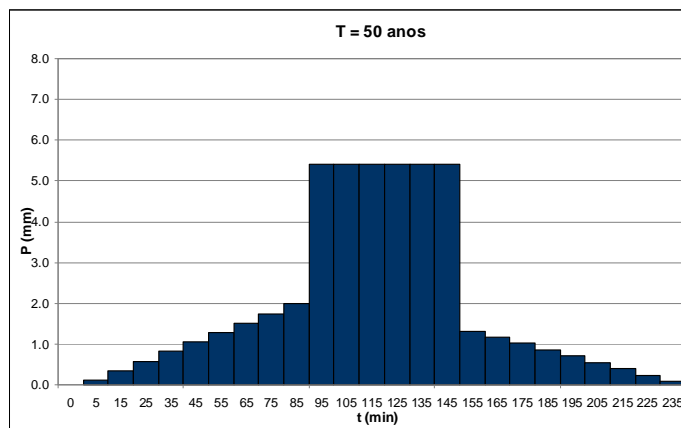
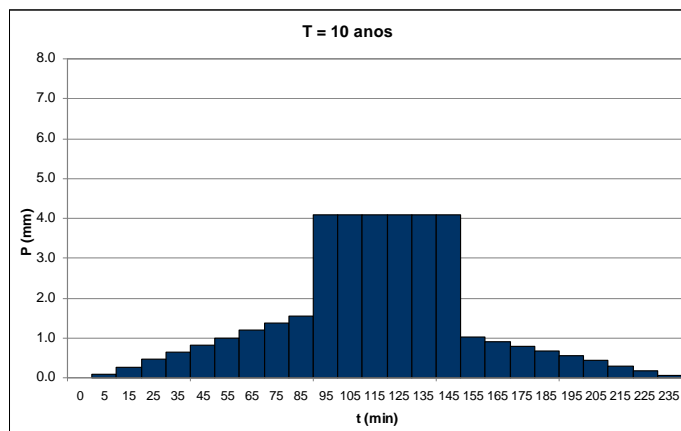
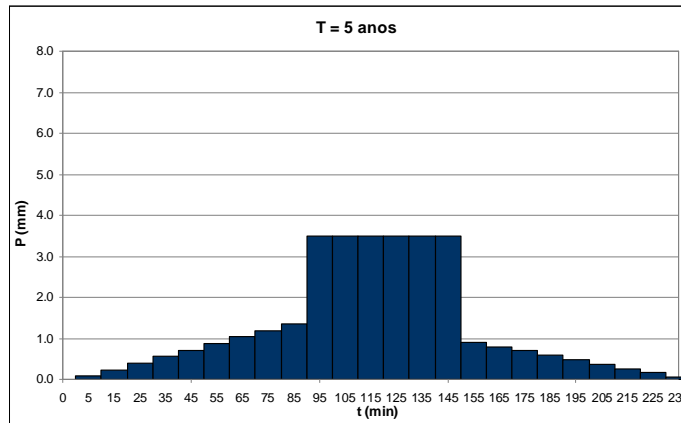


Figura 5.1 – Hietogramas de projecto para chuvadas com período de retorno de 5, 10, 50 e 100 anos e duração de 4 horas.

6. MODELAÇÃO DO COMPORTAMENTO DINÂMICO DAS PRINCIPAIS INFRA-ESTRUTURAS DE DRENAGEM

6.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O presente capítulo reporta-se à simulação do comportamento hidro-dinâmico das infra-estruturas dos eixos principais de drenagem (Av. da Liberdade, Largo Eng.º Duarte Pacheco, Av. 25 de Abril e Praça dos Pescadores), para eventos de precipitação de diversos períodos de retorno e maré variável, e análise de resultados e de riscos correspondentes.

Para a simulação recorreu-se a *software* de grande aplicação internacional, o MOUSE (Modeling Package for Urban Drainage and Sewers Systems), desenvolvido pelo Danish Hydraulic Institute (DHI), e à informação disponibilizada pela Sociedade PolisAlbufeira. Este software permite avaliar o comportamento de redes, com escoamentos sob pressão ou em superfície livre, para diversos cenários de solicitações de forma dinâmica.

O desenvolvimento do modelo teve por base a caracterização das infra-estruturas existentes e o levantamento de informação topológica relevante, bem como a definição de dados de base (sobretudo no que se refere a contribuições pluviais).

6.2 DESCRIÇÃO SUMÁRIA DO MOUSE

6.2.1 MODELO DE SIMULAÇÃO MOUSE

O modelo MOUSE (Modelling of Urban Sewers) é um programa de cálculo automático que simula o escoamento não permanente, possibilitando a modelação da interligação entre a hidrologia e a hidrodinâmica dos sistemas de drenagem urbana, tendo sido desenvolvido ao longo de mais de uma década pelo DHI (Danish Hydraulic Institute).

O programa pode ser aplicado à modelação do escoamento superficial, escoamento com superfície livre em canais ou colectores e escoamentos sob pressão, permitindo a modelação da qualidade da água e do transporte de sedimentos.

O processo computacional baseia-se nas equações da continuidade e de conservação do momento (equações de Saint Venant) para o escoamento com superfície livre. É aplicável a escoamentos verticalmente homogéneos, que se podem considerar frequentemente no escoamento em colectores urbanos com escoamento com superfície livre, ou em colectores de

descarga com possibilidade de entrada em carga devido a variações do nível de água do meio receptor.

O software MOUSE 2003 (versão utilizada neste estudo), é composto por 10 sub-modelos que se descrevem, de forma resumida nos parágrafos seguintes:

- **MOUSE Runoff:** O sub-modelo “Surface Runoff” simula o escoamento superficial na bacia hidrográfica.
- **MOUSE HD:** O sub-modelo HD (“Hydrodynamic Pipe Flow”) destina-se ao estudo da propagação do escoamento não permanente numa rede de colectores, em superfície livre ou sob pressão.
- **MOUSE RDII:** O sub-modelo RDII (“Rainfall Dependent Inflow e Infiltration Module”) permite a modelação do ciclo da água para intervalos de tempo longos e contínuos, em bacias rurais e urbanas.
- **MOUSE RTC:** O sub-modelo RTC (“Real Time Control”) permite definir regras para actuação de vários dispositivos de controlo do escoamento, em tempo real, numa rede de drenagem urbana.
- **MOUSE ONLINE:** O sub-modelo “Online” permite efectuar simulações que tenham por base previsões meteorológicas, completando o modelo RTC como parte integrante do sistema.
- **MOUSE GIS:** O sub-modelo GIS (“Geographic Information System”) é uma aplicação do MOUSE que se baseia no software ArcView da ESRI, no qual se potencia a interligação da informação contida em bases de dados de sistemas de informação geográfica (SIG) com o MOUSE.
- **MIKE VIEW:** O Mike View é uma ferramenta de visualização e análise de dados obtidos após cada “corrida” do MOUSE.
- **MOUSE LTS:** O sub-modelo LTS (“Long Term Statistic”) serve para efectuar a simulação em contínuo e a análise estatística do comportamento das redes de drenagem.
- **MOUSE GANDALF:** O sub-modelo GANDALF, a partir de medições feitas por diversos sensores ou estimadas pela aplicação de regras empíricas ou expressões de regressão, processa, controla e apresenta as séries de dados de operação de sistemas de drenagem urbana.
- **MOUSE TRAP:** O sub-modelo TRAP (“Sediment Transport and Water Quality”) simula o transporte de sedimentos e a qualidade da água no escoamento superficial e no interior das redes de drenagem.

6.2.2 PRINCIPAIS COMPONENTES DO MODELO

Para iniciar a utilização do programa MOUSE é necessário efectuar uma caracterização física de todos os componentes do sistema de drenagem que se pretende simular, tais como colectores e câmaras de visita, bacias de drenagem, descarregadores e sistemas elevatórios, sendo ainda possível incluir instrumentos de regulação (controlo em tempo real), variações do nível de água

no meio receptor (*i.e.*, maré) e afluências constantes ou variáveis no tempo (*i.e.*, capitações ou precipitação), com variações caracterizadas de acordo com um padrão definido. Nos parágrafos seguintes descrevem-se os dados necessários para a caracterização, no modelo, dos colectores, câmaras de visita, descarregadores e bacias de drenagem.

COLECTORES

Os colectores são representados por trechos definidos entre dois “nós”, admitindo-se o escoamento unidimensional (os “nós” podem representar diversas estruturas como: câmaras de visita, bacias de retenção, bacias de descarregamento ou dispositivos de descarga). Os colectores são igualmente caracterizados através de:

- Comprimento – calculado assumindo uma linha recta entre dois “nós”. Este facto corresponde a uma simplificação pois, para efeitos de modelação, nem todas as mudanças de direcção do colector foram consideradas, pelo que as distâncias não correspondem aos comprimentos reais mas a uma aproximação por defeito. No entanto, dado que as diferenças não são significativas, esta simplificação é considerada aceitável.
- Declive médio – constante ao longo do trecho e calculado a partir da diferença de cotas entre dois “nós”. Representa, tal como para o comprimento, uma aproximação considerada aceitável, uma vez que mudanças de declive e sobretudo quedas entre nós podem não ter sido contabilizadas.

Por motivos de simplificação de traçado, a definição dos troços foi levada a cabo tendo em atenção alterações de declive médio, diâmetro e junções entre colectores, sendo os nós geralmente definidos como câmaras de visita.

CÂMARAS DE VISITA

As câmaras de visita consideradas no programa MOUSE apresentam secção circular, sendo caracterizadas a partir dos seguintes elementos:

- Coordenadas xx e yy – utilizadas para efectuar o cálculo do comprimento dos colectores.
- Diâmetro – simplificada, considera-se o diâmetro constante ao longo de toda a câmara.
- Cota de terreno e Cota de soleira – utilizadas para a determinação do volume da câmara de visita para que, em caso de acumulação de água (devido a efeitos de regolfo) possa ser considerada a situação de entrada em carga, com saída de água para o exterior.
- Forma da secção de saída – relaciona-se com a perda de carga introduzida pela câmara de visita.

DESCARREGADORES

Para caracterizar descarregadores, que se encontram sempre associados a “nós”, é necessário especificar o destino do volume descarregado (para outra estrutura ou para o exterior do

sistema), sendo igualmente necessário fornecer a cota e a largura da crista do descarregador. O caudal descarregado pode ser estimado a partir de uma relação com a carga de água sobre a crista do descarregador fornecida pelo utilizador, ou através de fórmula geral aplicável a descarregadores já incluída no programa, deduzida a partir da condição de altura crítica, correspondente ao número de Froude igual a um, em conjugação com o princípio da conservação da energia do escoamento.

BACIAS DE DRENAGEM

As bacias de drenagem foram descritas tendo em conta os diversos parâmetros utilizados pelo modelo hidrológico considerado (modelo A), que incluem designadamente os seguintes:

- identificação da bacia;
- localização da câmara de visita que recebe os efluentes da bacia (coordenadas xx e yy desse nó);
- área total da bacia de drenagem, em hectares;
- população servida por bacia (habitantes);
- percentagem de áreas impermeáveis;
- parâmetro que traduz as perdas iniciais que resultam de fenómenos de encharcamento inicial e enchimento de depressões naturais (considera-se, por omissão, o valor de 6×10^{-4} m);
- coeficiente de redução que tem em conta a evapotranspiração (considera-se igualmente o valor por omissão de 0,90);
- curvas tempo/área, que traduzem a forma da bacia (curva do tipo 1 para bacias rectangulares, do tipo 2 para bacias triangulares divergentes e do tipo 3 para bacias triangulares convergentes);
- tempo de concentração, determinado pela adição entre o tempo inicial e o tempo de percurso.

6.3 INFRA-ESTRUTURAS MODELADAS

A informação utilizada na construção do modelo do sistema teve por base, nomeadamente, a informação disponibilizada pela Sociedade PolisAlbufeira, nomeadamente localização e perfil longitudinal do caneiro e do túnel; os projectos de execução de infra-estruturas de drenagem de águas residuais pluviais promovidos pelo Polis (enumerados no capítulo 1).

O modelo desenvolvido inclui, como colectores principais, o túnel que se desenvolve ao longo da Av. da Liberdade, bem como o caneiro que se desenvolve desde o Largo Eng.º Duarte Pacheco, ao longo da Av. 25 de Abril, até à Praça dos Pescadores e ao Cais Herculano. Foi ainda considerada a secção rectangular tipo reservatório que se desenvolve na Praça de Pescadores, bem como a Estação Elevatória dos Pescadores (que dispõe de 2+1 grupos electrobomba com as seguintes características: altura manométrica de 22 m; caudal nominal de 216 m³/h). Na Figura 6.1 apresenta-se a planta de Albufeira com a representação esquemática das infra-estruturas modeladas.



Figura 6.1 – Representação esquemática das infra-estruturas modeladas, em planta.

Foram ainda admitidas, na construção do modelo, algumas entradas provenientes das bacias de drenagem contributivas, de modo a considerar as diversas afluências de caudal ao longo dos colectores modelados.

6.4 CONDIÇÕES DE FRONTEIRA E SOLICITAÇÕES AO SISTEMA

CONDIÇÕES DE FRONTEIRA

As condições de fronteira a considerar resultam, basicamente, da influência da maré na descarga final dos colectores no meio receptor. Os níveis de maré considerados, na descarga no meio receptor, foram retirados da tabela das marés de 2008, para o mês de Setembro. A amplitude de maré considerada pode ser visualizada na Figura 6.2.

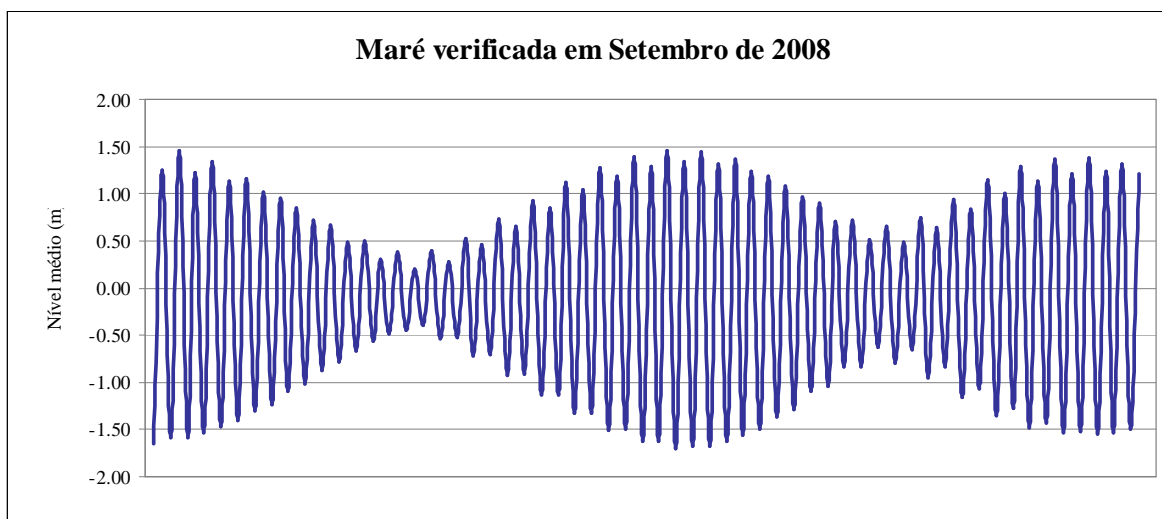


Figura 6.2 – Amplitudes das marés.

SOLICITAÇÕES AO SISTEMA

Para proceder à simulação é necessário definir as solicitações ao sistema, designadamente no que se refere às afluências ao sistema de origem doméstica e pluvial (preferencialmente, com base em registos de precipitações).

No que se refere às contribuições de origem doméstica, torna-se necessário caracterizar a curva de variação diária de descargas de águas residuais (similar à curva de consumos e que traduz as oscilações de afluência de águas residuais domésticas à rede de drenagem ao longo do dia). Na Figura 6.3 é apresentado o padrão ou curva de variação diária de descargas de águas residuais doméstica admitida. Este padrão de descarga de águas residuais para os colectores, que apresenta valores mínimos entre as 0 e as 6 horas e valores máximos de caudal entre as 7 e as 9 horas, resulta da adaptação da curva padrão de consumos apresentada em DGRN (1991).

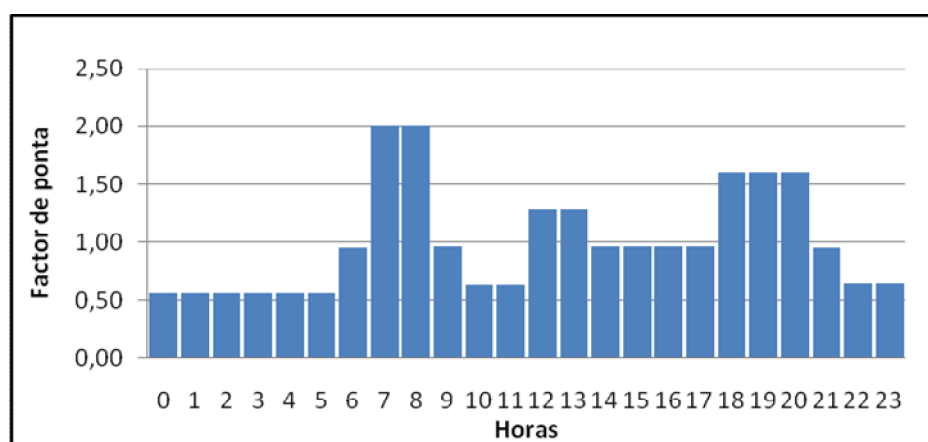


Figura 6.3 – Curva - padrão de variação diária de descargas de águas residuais domésticas.

Relativamente às afluências pluviais, foram considerados eventos pluviométricos com diferentes períodos de retorno, nomeadamente, 5, 50 e 100 anos, através dos hietogramas de precipitação

calculados no subcapítulo 5.2. tal como justificado no subcapítulo 5.2, as chuvadas com período de retorno de 50 e 100 anos foram modeladas por forma a traduzir as precipitações ocorridas nos dias 22 e 29 de Setembro de 2008, respectivamente. A chuvada com período de retorno de 5 anos foi modelada de modo a verificar o comportamento do sistema de drenagem face a eventos de precipitações de menor intensidade.

No que diz respeito às afluências domésticas, foi considerado, no âmbito da modelação matemática, um caudal correspondente ao dobro da caudal de ponta de tempo seco (ou seja, ao dobro da população residente) adoptadas para as bacias drenadas em estudo (Quadro 3.6).

6.5 CENÁRIOS SIMULADOS

A análise do sistema foi realizada para duas situações distintas, nomeadamente para o sistema de drenagem existente (situação actual) e para o sistema de drenagem que resultará da concretização, em campo, de algumas medidas de beneficiação propostas no âmbito do presente estudo (situação proposta). A definição destas intervenções, com vista à beneficiação do comportamento hidráulico do sistema de drenagem, resulta da análise do comportamento do sistema de drenagem actual, recorrendo à modelação, e da identificação das principais causas dos problemas detectados.

Foram assim considerados os seguintes dois cenários:

CENÁRIO 1 – SITUAÇÃO ACTUAL:

Sistema de drenagem existente por ocasião da ocorrência das inundações de Setembro de 2008, considerando a ligação entre o túnel e o caneiro e a existência de dois descarregadores. O primeiro descarregador (D1) encontra-se implantado no túnel (no Largo Eng. Duarte Pacheco), apresenta uma altura de 1,20 m, e destina-se, conceptualmente, a desviar o caudal de tempo seco para o caneiro (admitiu-se que na parede descarregadora se encontrava instalada uma válvula mural). O segundo descarregador (D2), que se estima ter uma altura de 0,50 m, encontra-se implantado no interior do caneiro (na Praça dos Pescadores) de modo a desviar os caudais de tempo seco para a estação elevatória dos Pescadores. Em tempo de chuva, ambos os descarregadores descarregam os excedentes directamente no meio receptor, nomeadamente através das descargas Dcs1 e Dcs2.

CENÁRIO 2 – SITUAÇÃO PROPOSTA:

Sistema de drenagem beneficiado, através da implementação das seguintes intervenções: a) tamponamento do desvio do túnel para o caneiro e conseqüentemente a destruição do muro descarregador D1; b) diminuição da altura do descarregador D2 de 0,50 m para 0,20 m; e c) construção de outro colector de 630 mm de diâmetro nos troços do caneiro que apresentam apenas um colector. Neste cenário é ainda simulado o canal de escoamento de

águas pluviais que atravessa, de lado nascente, a Praça dos Pescadores, bem como o descarregador a montante do emissário submarino actualmente em construção (D3), que se ilustra na Figura 2.13 e apresenta uma cota de crista de 3,42 m (referido ao nível médio das águas do mar).

Para cada um dos cenários, a simulação do comportamento hidráulico do sistema modelado foi realizada para períodos de três dias, em que o primeiro é desprezado (por corresponder ao tempo “de arranque” do modelo, de forma a simular as condições iniciais).

A análise dos resultados obtidos por modelação dinâmica, apresentada em detalhe no subcapítulo 6.6, foi realizada dando ênfase à problemática associada à ocorrência de inundações (através das alturas de escoamento, para verificar a eventual entrada em carga dos colectores e, consequentemente, os riscos de inundação). Foram ainda analisados, nomeadamente, os seguintes aspectos:

- velocidades de escoamento, de modo a aferir se as condições de auto-limpeza são verificadas e se as velocidades regulamentares, mínima e máxima, são cumpridas;
- volumes totais produzidos e descarregados.

Para qualquer um dos cenários foram ainda admitidos, na construção do modelo, aflúências de caudais adicionais, provenientes das diversas bacias de drenagem consideradas.

Na Figura 6.4 e na Figura 6.5 representa-se, de forma esquemática, o sistema modelado, respectivamente, para o Cenário 1 e para o Cenário 2, na qual se indicam os pontos de ligação das diferentes bacias de drenagem, os colectores modelados, a localização dos descarregadores e da estação elevatória.

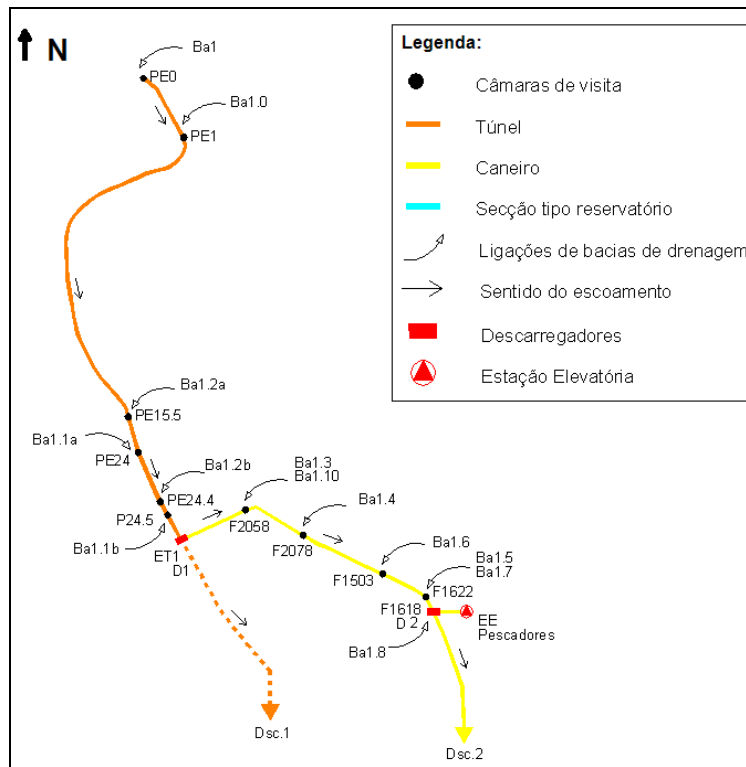


Figura 6.4 – Representação esquemática do sistema modelado para o Cenário 1 (actual).

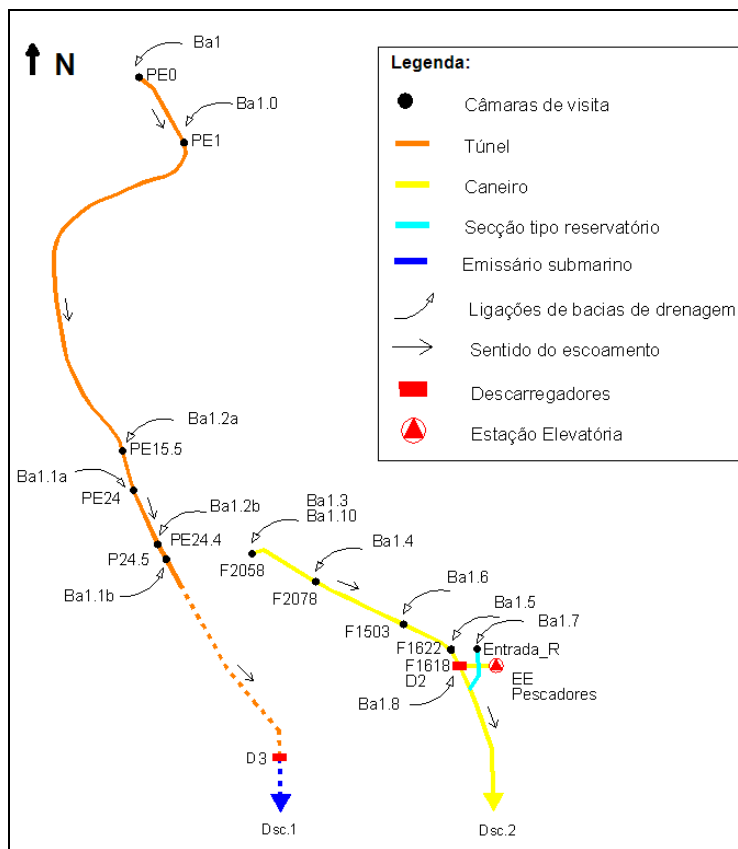


Figura 6.5 – Representação esquemática do sistema modelado para o Cenário 2 (recomendado).

6.6 ANÁLISE DE RESULTADOS: DESEMPENHO HIDRÁULICO DO SISTEMA

6.6.1 CENÁRIO 1 - SITUAÇÃO ACTUAL

SIMULAÇÃO EM TEMPO SECO

Esta simulação foi efectuada com o objectivo de simular o comportamento hidráulico do sistema em tempo seco (considerando os caudais de ponta gerados pela população servida).

Verifica-se que todo o caudal afluyente ao túnel é desviado para o caneiro pelo descarregador D1, e que a totalidade do caudal transportada pelo caneiro é conduzida à estação elevatória dos Pescadores, não ocorrendo descargas directas no meio receptor. As alturas de escoamento são reduzidas em todos os troços modelados, claramente inferiores a meia secção, como se pode constatar na Figura 6.6, Figura 6.7 e Figura 6.8.

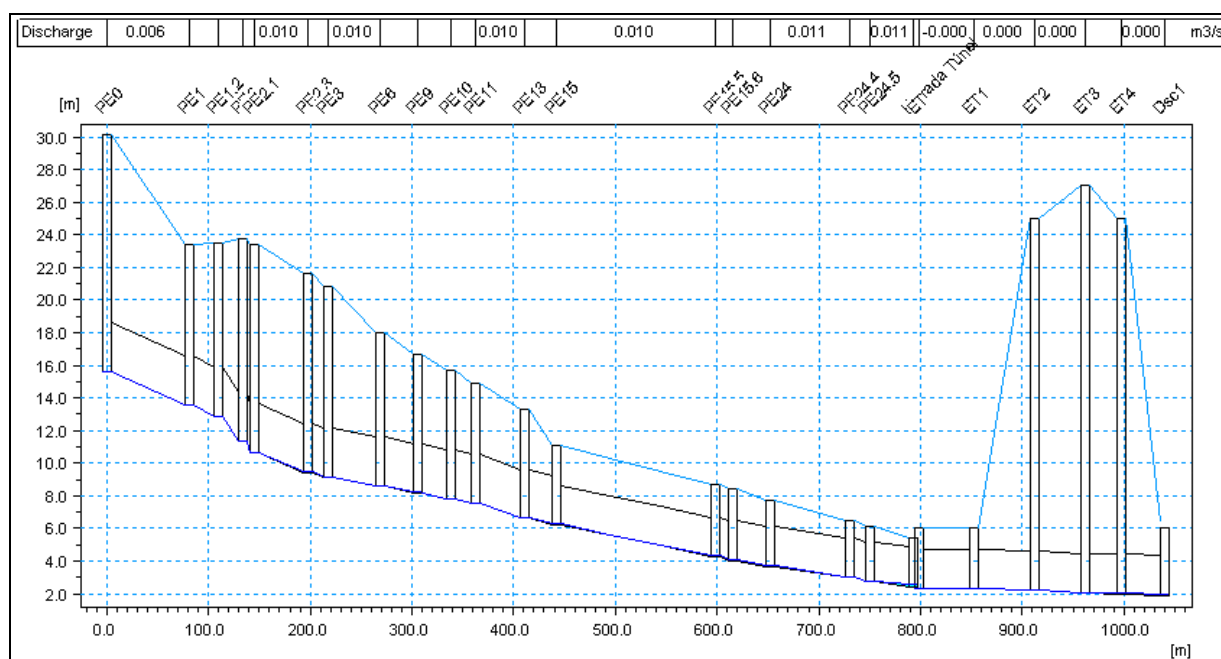


Figura 6.6 – Alturas de escoamento no túnel, para tempo seco, na situação actual.

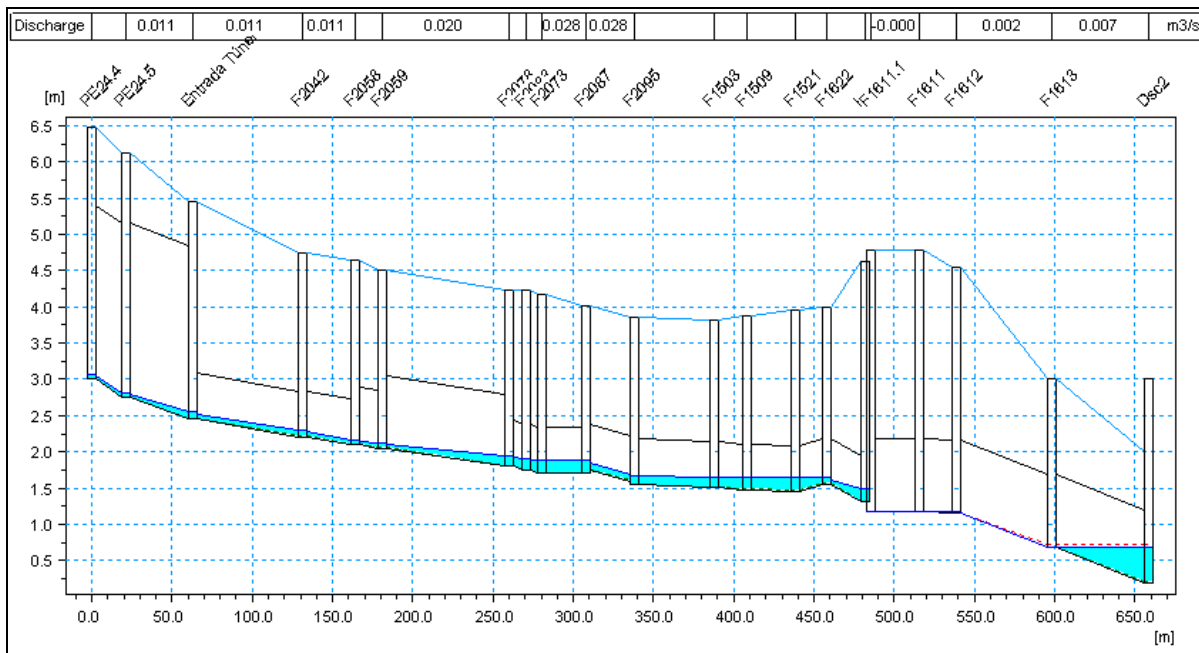


Figura 6.7 – Alturas de escoamento no caneiro, para tempo seco, na situação actual.

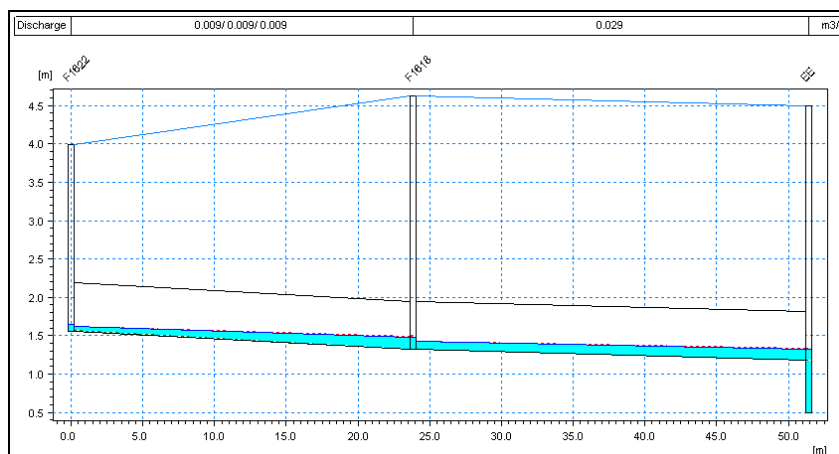


Figura 6.8 – Alturas de escoamento na entrada para a estação elevatória dos Pescadores, para tempo seco, na situação actual.

Contudo, a velocidade mínima regulamentar não é assegurada nem no túnel nem no caneiro, observando-se velocidades entre 0,3 e 0,6 m/s (o que contribui para o assoreamento daquelas infra-estruturas).

SIMULAÇÃO PARA A CHUVADA COM PERÍODO DE RETORNO DE 5 ANOS

De modo a simular o comportamento hidráulico do sistema face a eventos pluviométricos relativamente frequentes, de menor intensidade, modelou-se uma chuvada com duração de 4 horas e período de retorno de 5 anos, em que a quantidade de precipitação total é de cerca de 32 mm.

Para esta chuvada, em conformidade com os resultados obtidos pelo modelo, o volume descarregado no meio receptor é de cerca de 73 300 m³, sendo 85% deste valor transportado pelo túnel.

Verifica-se que todos os troços do túnel funcionam em superfície livre, embora o caneiro entre em carga a montante do descarregador D2, ocorrendo extravasamentos pelas câmaras de visita F2059 e F2978, situadas a jusante do Largo Eng. Duarte Pacheco (como se ilustra, respectivamente, na Figura 6.9 e na Figura 6.10).

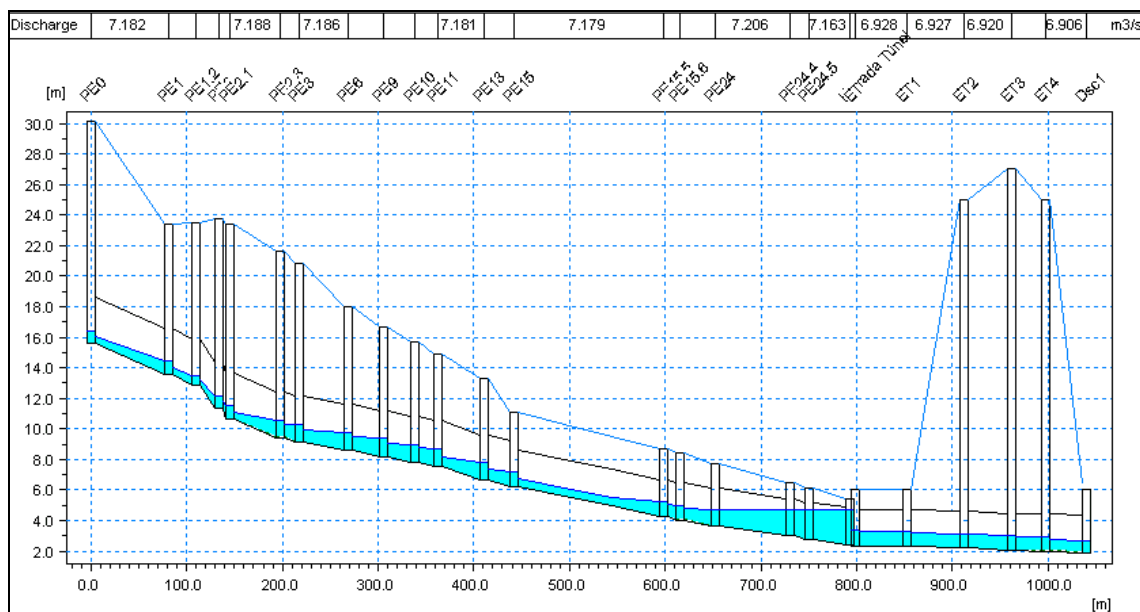


Figura 6.9 – Alturas de escoamento no túnel, para uma precipitação com período de retorno de 5 anos, na situação actual.

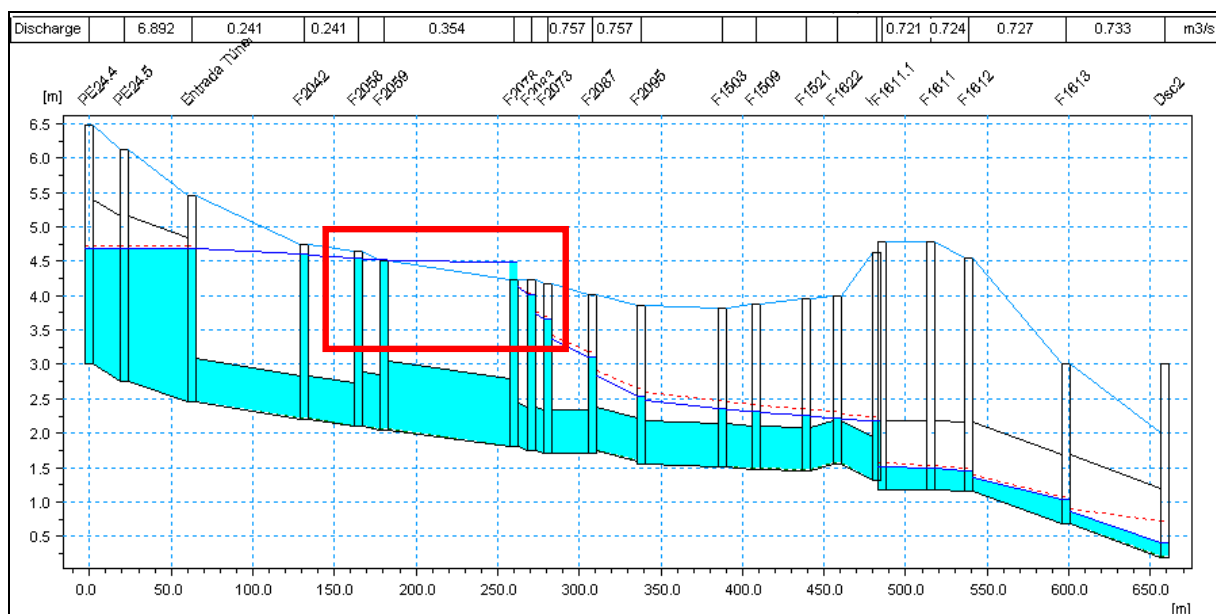


Figura 6.10 – Alturas de escoamento no caneiro, para uma precipitação com período de retorno de 5 anos, na situação actual.

As velocidades de escoamento nos troços modelados verificam os critérios regulamentares.

SIMULAÇÃO PARA A CHUVADA COM PERÍODO DE RETORNO DE 50 ANOS

Analisou-se o comportamento hidráulico-ambiental do sistema face a uma chuvada com duração de 4 horas e período de retorno de 50 anos (em conformidade com o hietograma de projecto apresentado na Figura 3.3), de forma a simular um evento de precipitação similar ao ocorrido no dia 22 de Setembro de 2008, na cidade de Albufeira.

De acordo com os resultados obtidos pelo modelo, para uma chuvada com período de retorno de 50 anos o volume descarregado no meio receptor é de cerca de 113 800 m³, sendo que 88% deste valor é contribuição do túnel, que se desenvolve ao longo da Av. da Liberdade.

Verifica-se a entrada em carga no túnel apenas no troço a montante do descarregador de desvio para o caneiro, como se ilustra na Figura 6.11. Quanto ao caneiro, o seu funcionamento é em carga até à câmara de visita em que se concretiza o desvio para a EE dos Pescadores (até ao D2), ocorrendo extravasamentos pelas câmaras de visita F2042, F2058, F2059 e F2078, localizadas no Largo Eng. Duarte Pacheco (Figura 6.12). Nestas figuras, a linha a vermelho representa a altura piezométrica máxima atingida nestes cenários (que, nos troços de jusante, é condicionada pelo nível da maré).

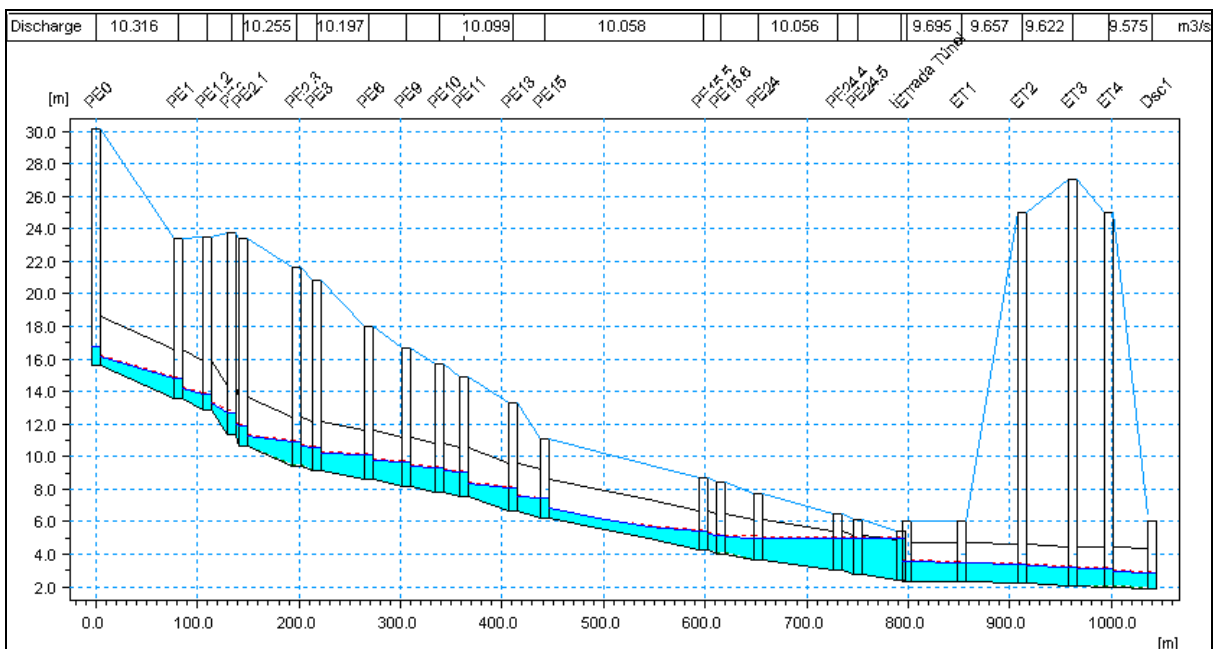


Figura 6.11 – Alturas de escoamento no túnel, para uma precipitação com período de retorno de 50 anos, na situação actual.

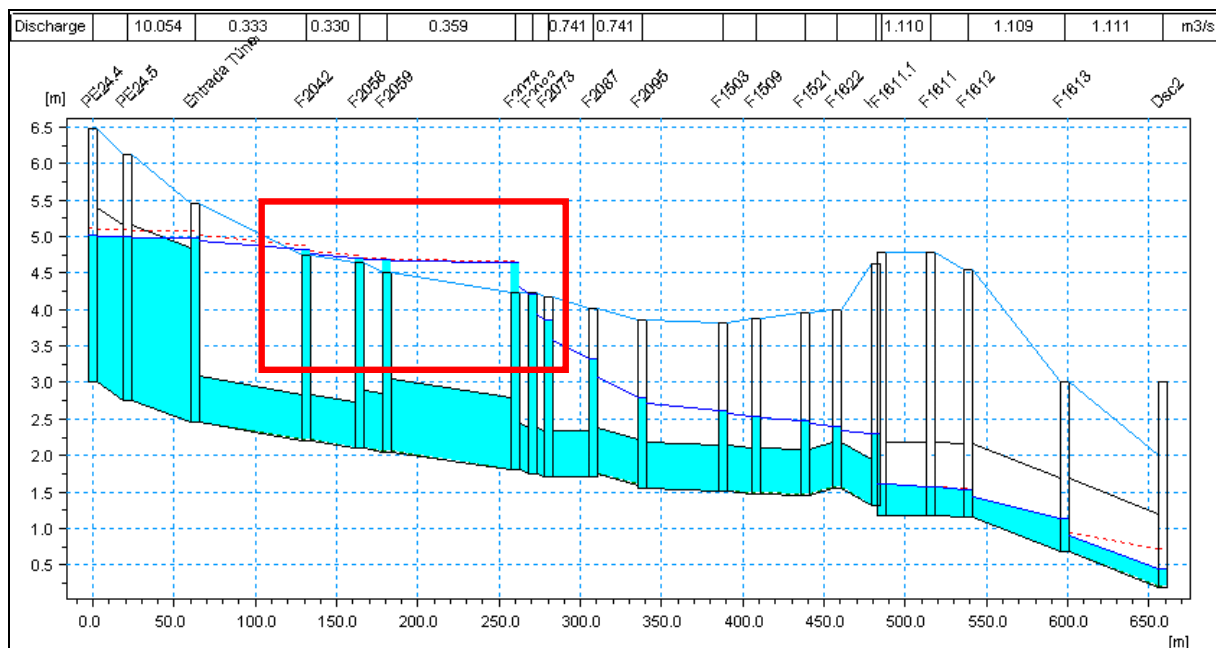


Figura 6.12 – Alturas de escoamento no caneiro, para uma precipitação com período de retorno de 50 anos, na situação actual.

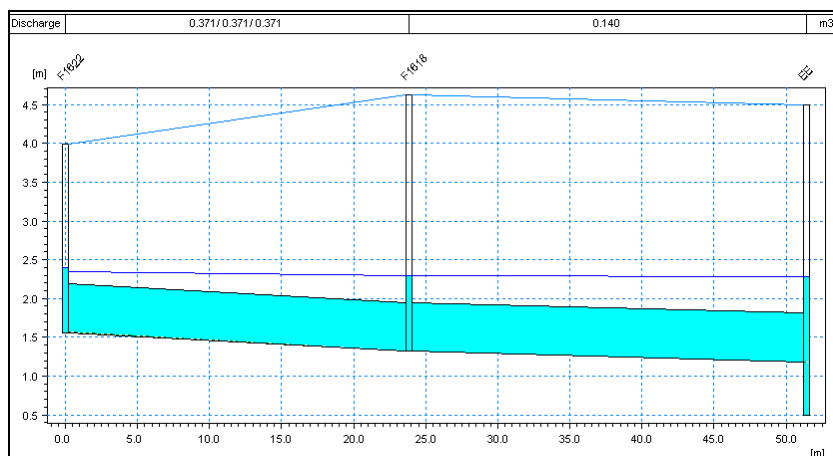


Figura 6.13 – Alturas de escoamento na entrada para a EE dos Pescadores, para uma precipitação com período de retorno de 50 anos, na situação actual.

No que diz respeito às velocidades, verifica-se que as velocidades máxima e mínima regulamentares são verificadas nos troços modelados.

SIMULAÇÃO PARA A CHUVADA COM PERÍODO DE RETORNO DE 100 ANOS

Analisou-se o comportamento hidráulico-ambiental do sistema face a uma chuvada com duração de 4 horas e período de retorno de 100 anos), de forma a simular um evento de precipitação similar ao ocorrido no dia 29 de Setembro de 2008, na cidade de Albufeira.

De acordo com os resultados obtidos pelo modelo, para uma chuvada com período de retorno de 100 anos o volume descarregado no meio receptor é de cerca de 125 160 m³, sendo que 88% deste valor é contribuição do túnel, que se desenvolve ao longo da Av. da Liberdade.

Verifica-se a entrada em carga no túnel nos troços a montante do descarregador de desvio para o caneiro (D1), como se pode observa na Figura 6.14. Todos os troços do caneiro localizados a montante do descarregador D2 entram em carga, havendo extravasamentos pelas câmaras de visita F2042, F2058, F2059, F2078 e F2083, localizadas no Largo Eng. Duarte Pacheco e na Av. 25 de Abril (o que se ilustra na Figura 6.15).

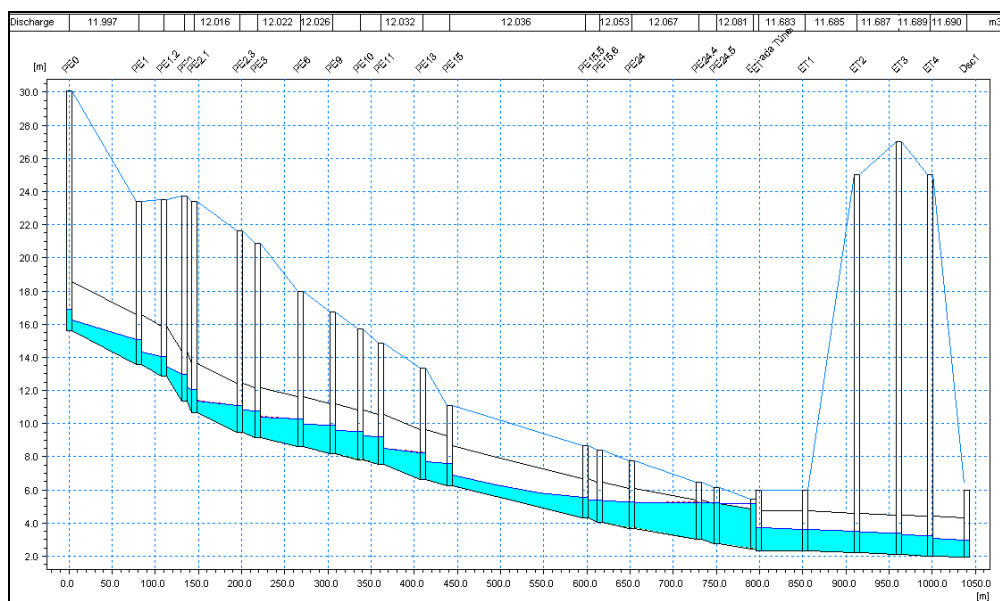


Figura 6.14 – Alturas de escoamento no túnel, para uma precipitação com período de retorno de 100 anos, na situação actual.

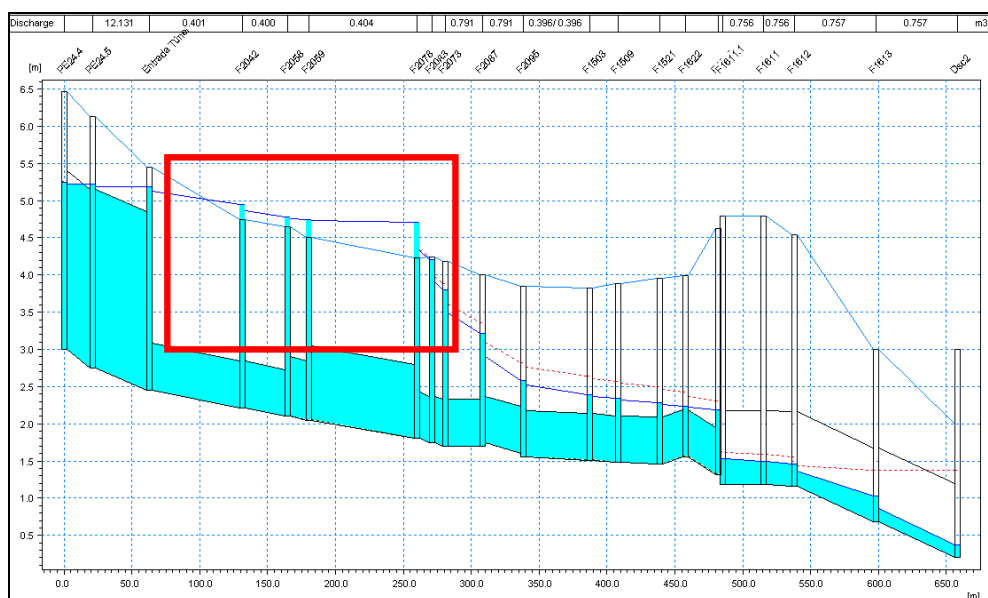


Figura 6.15 – Alturas de escoamento no caneiro, para uma precipitação com período de retorno de 100 anos, na situação actual.

As velocidades de escoamento nos troços modelados verificam os critérios regulamentares.

6.6.2 CENÁRIO 2 - SITUAÇÃO PROPOSTA (RECOMENDADA)

SIMULAÇÃO EM TEMPO SECO

Os resultados da simulação em tempo seco efectuada para o Cenário 1 (considerando os caudais de ponta gerados pela população residente, e já incluindo todas as medidas de beneficiação propostas), bem como as respectivas conclusões, não diferem dos obtidos para no Cenário 1 - Situação actual.

SIMULAÇÃO PARA A CHUVADA COM PERÍODO DE RETORNO DE 5 ANOS

Iniciou-se a modelação matemática do sistema de drenagem sujeito a algumas medidas de beneficiação com o evento de 5 anos de período de retorno e duração de 4 horas.

De acordo com os resultados obtidos pelo modelo, o volume descarregado no meio receptor pelo caneiro e pelo emissário submarino é de cerca de 48 080 m³, sendo o volume remanescente (cerca de 26 880 m³) descarregado superficialmente, pela praia (o caudal de ponta excede a capacidade hidráulica do emissário submarino).

A jusante do Largo Eng. Duarte Pacheco, o túnel funciona praticamente a secção cheia (apenas um dos troços entra em carga) devido ao efeito do descarregador D3 (tal como apresentado na Figura 6.16). Na realidade, de acordo com o projecto da Consulmar (2004), a cota da crista deste descarregador é de 3.42 m (linha a amarelo na Figura 6.17). Considerando uma secção do túnel de 2,4 m x 3,7 m bem como uma cota de soleira final do túnel de 1,92 m, a cota de coroa do túnel na sua secção final estima-se em 4,32 m (linha a verde na Figura 6.17). Deste modo, o túnel funcionará como reservatório, aumentando o volume descarregado através do emissário submarino, dispondo de uma secção livre para o escoamento, na sua extremidade, de apenas 0.9 m.

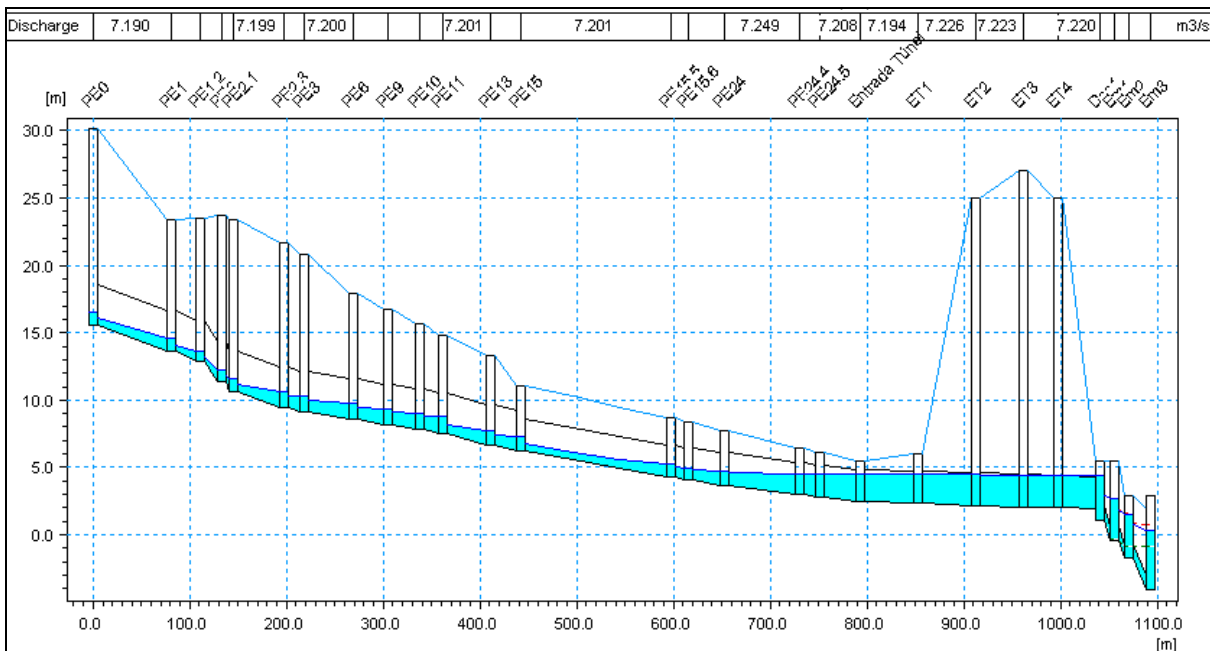


Figura 6.16 – Alturas de escoamento no túnel, para uma precipitação com período de retorno de 5 anos, na situação proposta.

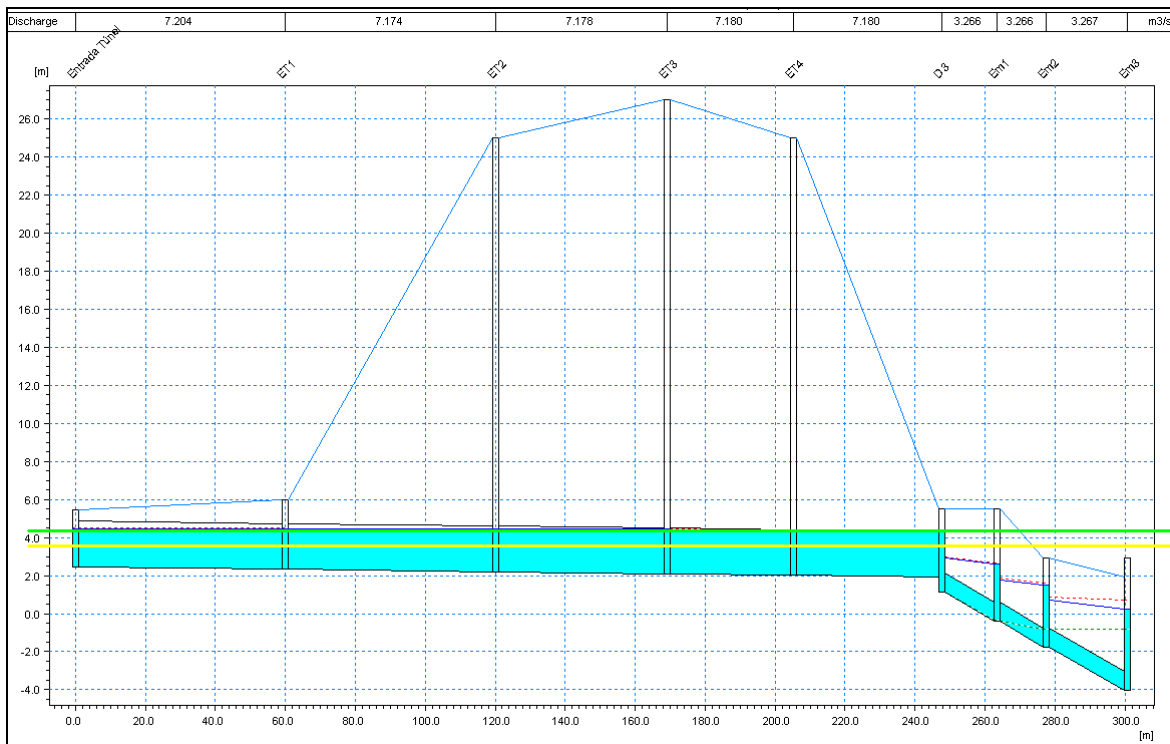


Figura 6.17 – Alturas de escoamento no túnel, a jusante do Largo Eng. Duarte Pacheco, para uma precipitação com período de retorno de 5 anos, na situação proposta.

No caneiro, apesar das alturas de escoamento serem inferiores às obtidas na situação actual, este continua a funcionar em carga até à zona de desvio para a estação elevatória dos Pescadores, embora só ocorra extravasamentos pela câmara de visita F2078 (como ilustrado na Figura 6.18).

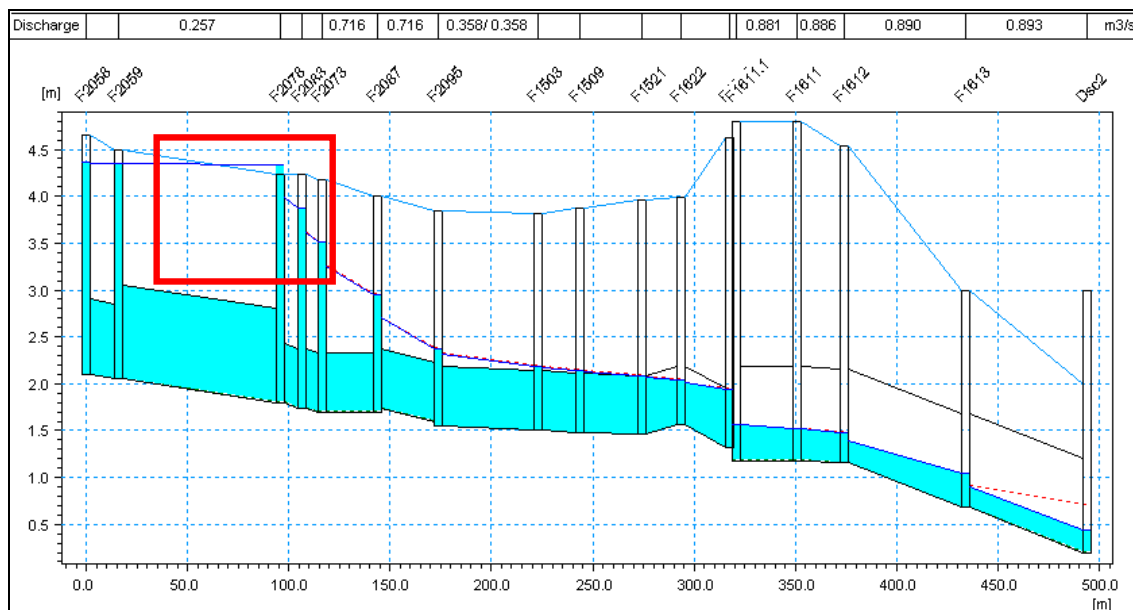


Figura 6.18 – Exemplo da evolução das alturas de escoamento no caneiro, para uma precipitação com período de retorno de 5 anos, na situação proposta.

Uma medida de beneficiação do sistema de drenagem que resulta desta análise, com vista a evitar os extravasamentos verificados no caneiro, incide no aumento da capacidade hidráulica dos troços 1 e 3 daquela infra-estrutura (constituídos por um colector de 630 mm de diâmetro), através da construção de um segundo colector de 630 mm de diâmetro. Esta intervenção foi então integrada no modelo, no Cenário 2, voltando-se a proceder à simulação para uma chuvada com período de retorno de 5 anos. Os resultados obtidos apenas diferem no caneiro, que entra em carga até ao descarregador D2 mas sem se verificar a ocorrência de extravasamentos pelas câmaras de visita. Os resultados podem ser visualizados na Figura 6.19.

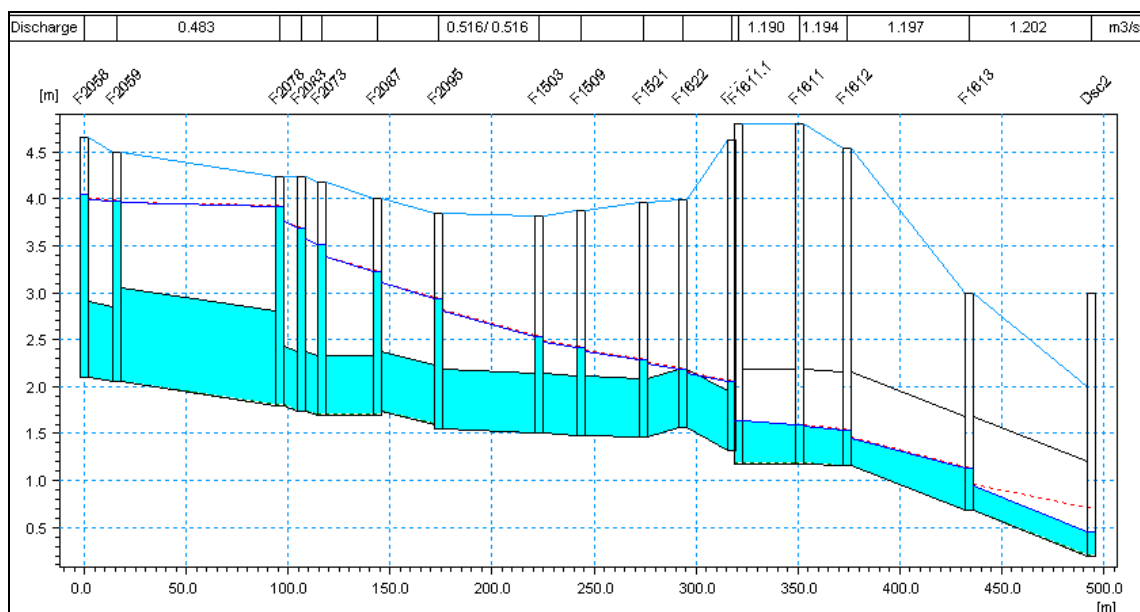


Figura 6.19 – Alturas de escoamento no caneiro, para uma precipitação com período de retorno de 5 anos, na solução proposta final.

Nestas circunstâncias, as velocidades de escoamento regulamentares são verificadas em todos os troços modelados.

SIMULAÇÃO PARA A CHUVADA COM PERÍODO DE RETORNO DE 50 ANOS

Foi modelado o comportamento hidráulico do sistema de drenagem para um evento de pluviométrico similar ao ocorrido no dia 22 de Setembro de 2008 (chuvada com duração de 4 horas e período de retorno de 50 anos).

De acordo com os resultados obtidos, o volume descarregado no meio receptor pelo caneiro e pelo emissário submarino é de cerca de 57 830 m³, sendo o volume remanescente (cerca de 57 600 m³) descarregado superficialmente, pela praia (o caudal de ponta excede a capacidade hidráulica do emissário submarino).

Verifica-se que o túnel entra em carga a jusante do Largo Eng.º Duarte Pacheco devido ao efeito do descarregador D3 (Figura 6.20). Quanto ao caneiro, embora este funcione em carga até ao descarregador D2, não se verifica qualquer extravasamento, logo não se prevê a ocorrência de inundações (Figura 6.21).

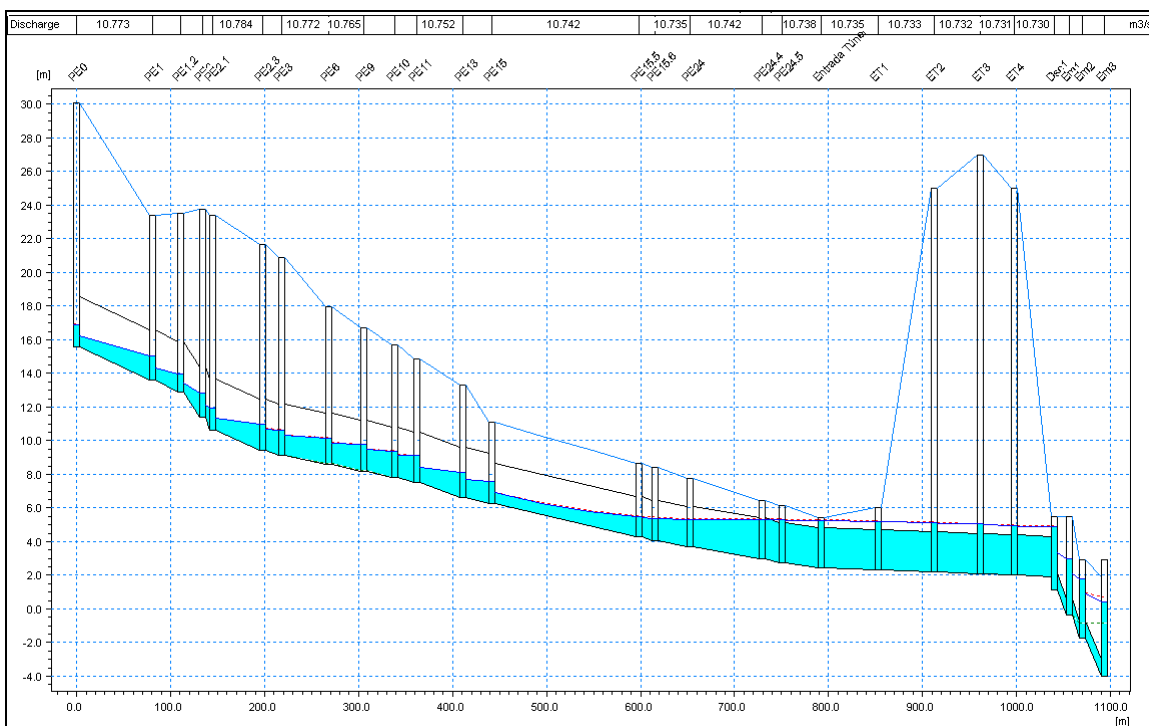


Figura 6.20 – Alturas de escoamento no túnel, para uma precipitação com período de retorno de 50 anos, na situação proposta.

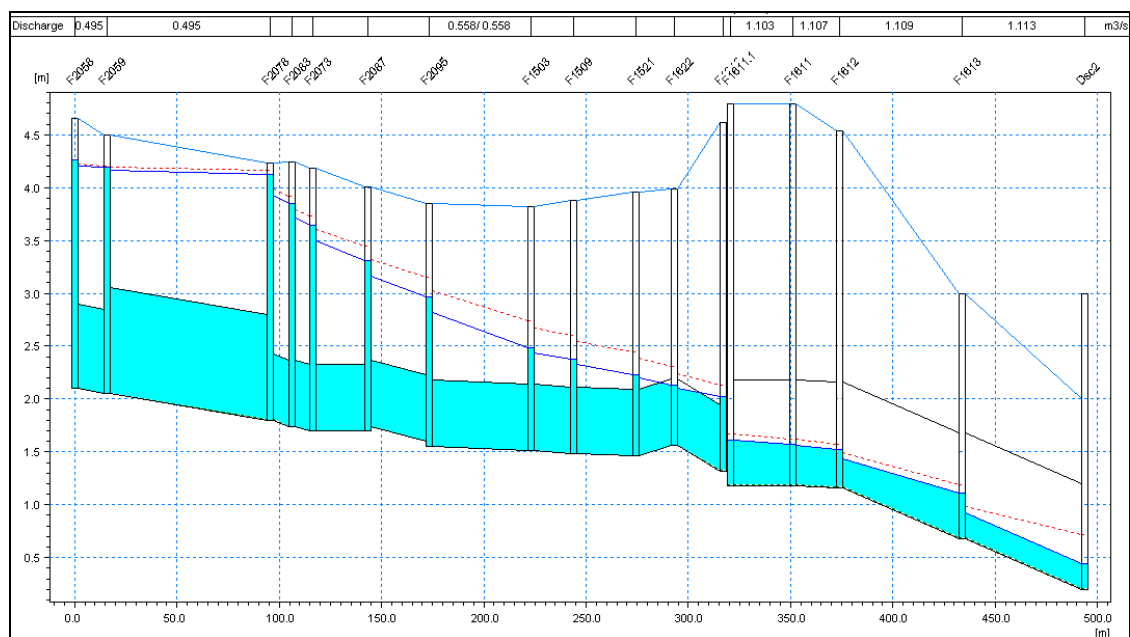


Figura 6.21 – Alturas de escoamento no caneiro, para uma precipitação com período de retorno de 50 anos, na situação proposta.

As velocidades de escoamento regulamentares são verificadas em todos os troços modelados.

SIMULAÇÃO PARA A CHUVADA COM PERÍODO DE RETORNO DE 100 ANOS

Analisou-se o comportamento hidráulico do sistema face a uma chuvada com duração de 4 horas e período de retorno de 100 anos a fim de simular o evento de precipitação ocorrido no dia 29 de Setembro de 2008.

Atendendo aos resultados da modelação, o volume descarregado no meio receptor pelo caneiro e pelo emissário submarino é de cerca de 66 700 m³, sendo o volume remanescente (cerca de 60 200 m³) descarregado superficialmente, pela praia (o caudal de ponta excede a capacidade hidráulica do emissário submarino).

Verifica-se que o túnel entra em carga a jusante do Largo Eng.º Duarte Pacheco devido ao efeito do descarregador D3 (Figura 6.22), chegando mesmo a ocorrer extravasamentos pela câmara de visita situada nesse Largo (designadas por Entrada túnel). O caneiro funciona igualmente em carga até ao descarregador D2 (Figura 6.23).

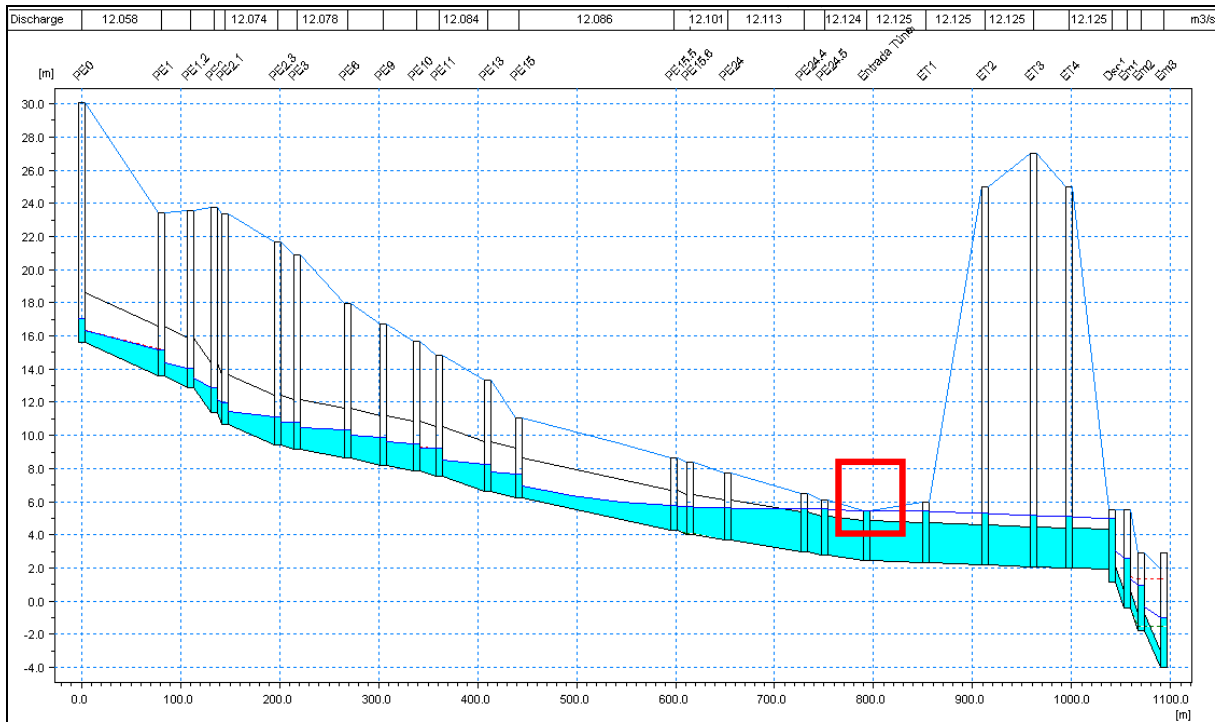


Figura 6.22 – Alturas de escoamento no túnel, para uma precipitação com período de retorno de 100 anos, na situação proposta.

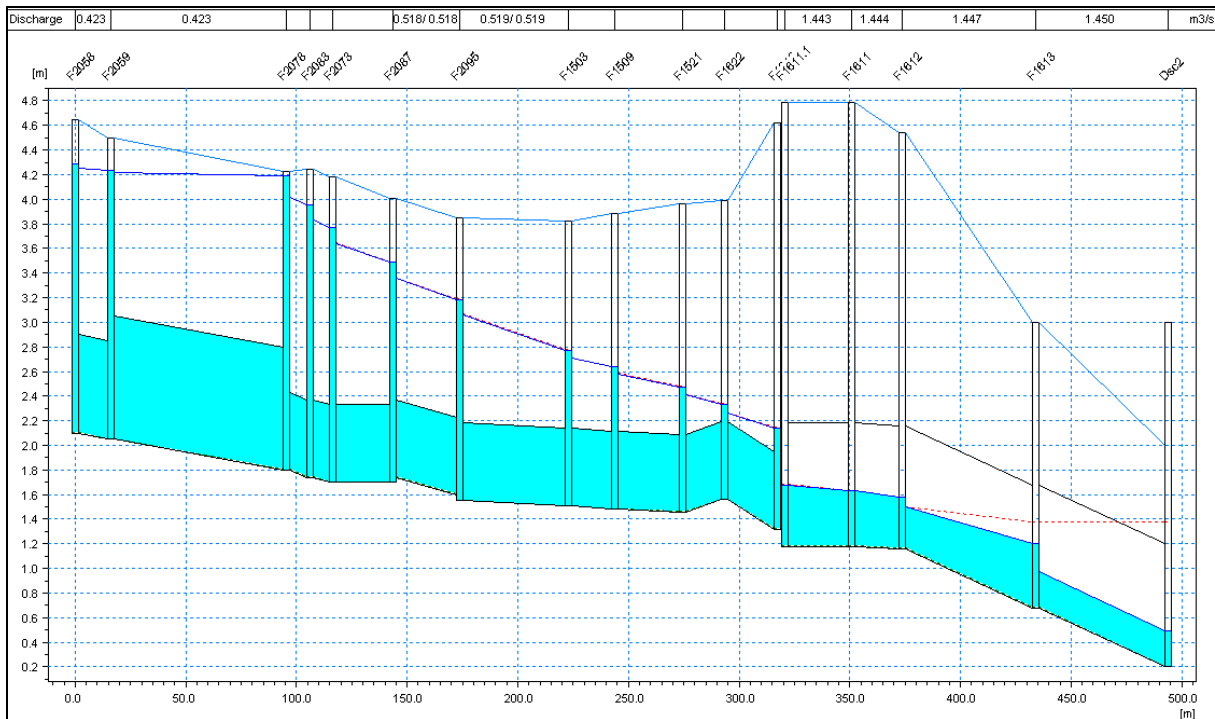


Figura 6.23 – Alturas de escoamento no caneiro, para uma precipitação com período de retorno de 100 anos, na situação proposta.

As velocidades de escoamento regulamentares são verificadas em todos os troços modelados.

6.7 SÍNTESE DE RESULTADOS RISCOS DE INUNDAÇÃO

Na situação actual (Cenário 1) verifica-se que, em tempo seco, considerando que todos os colectores se encontram limpos, o sistema possui capacidade de transporte e de armazenamento suficiente para fazer face às afluições ao sistema, não ocorrendo entradas em cargas nos colectores e, por conseguinte, não havendo lugar a descargas directas no meio receptor. A velocidade mínima regulamentar não é assegurada nem no túnel nem no caneiro, o que contribui para o assoreamento daquelas infra-estruturas.

Em tempo de chuva, mesmo para os eventos de menor intensidade ($T = 5$ anos), os elevados caudais pluviais afluentes ao sistema provocam um aumento significativo das alturas de escoamento, o que resulta em descargas para o meio receptor e entrada em carga dos colectores, chegando a ocorrer alguns extravasamentos pelas câmaras de visita do caneiro, nomeadamente por F2042, F2058, F2059, F2078 e F2083). As velocidades de escoamento regulamentares são verificadas em todos os troços modelados.

Para a situação proposta ou recomenda (Cenário 2) verifica-se que, em tempo seco, o sistema possui capacidade de transporte e de armazenamento suficiente para fazer face às afluições ao sistema, não ocorrendo entradas em cargas nos colectores e não havendo lugar a descargas directas no meio receptor. Em tempo de chuva, os elevados caudais pluviais afluentes ao sistema, provocam um aumento significativo das alturas de escoamento, resultando em descargas para o meio receptor e na entrada pontual em carga, de colectores. No entanto, contrariamente ao observado no Cenário 1, só se observaram extravasamentos para precipitações com períodos de retorno de 100 anos. Estas ocorrências podem verificar-se, de acordo com o modelo e opostamente ao que ocorria no Cenário 1, através do túnel no Largo Eng. Duarte Pacheco (em resultado do descarregador D3). Atendendo à reduzida cota piezométrica obtida nesse local crítico, crê-se que esta situação pode ser contornada com a utilização de tampas estanques nas câmaras de visita aí localizadas.

Em resumo, é possível concluir que as intervenções de beneficiação propostas (i.e. *o tamponamento do desvio do túnel para o caneiro e consequentemente a destruição do muro descarregador D1, a diminuição da altura do descarregador D2 para 0,20 m e a instalação de alguns troços de 630 mm de diâmetro no interior do caneiro*), reduziriam significativamente os riscos de inundação. Contudo, nas situações mais gravosas, correspondentes a precipitações de período de retorno elevado, a capacidade do sistema é limitada e a ocorrência de inundações será sempre difícil de evitar totalmente.

Salienta-se que o modelo não simula escoamento de superfície, pelo que, nesse aspecto, é conservativo no que se refere às máximas alturas de inundação, visto a água descarregada ter tendência a espalhar-se imediatamente pela área envolvente. Adicionalmente, na construção do modelo não se considerou a existência de assoreamentos, que resultam em redução da secção disponível para o escoamento. Assim, devem ser previstas operações cíclicas de limpeza e de

manutenção nos trechos críticos, de forma a não serem agravados os riscos de inundação na zona.

É importante referir que durante os eventos ocorridos em Setembro de 2008 os níveis de maré não foram muito elevados (valores máximos de 0,72 m no dia 22 de Setembro e de 1,38 m no dia 29, referido ao nível médio das águas do mar), estando aquém das MPMVA (da ordem dos 3,91 m), pelo que as respectivas consequências, em termos de riscos e amplitudes das inundações, poderiam ter sido mais gravosas.

Por último, refere-se que, para os resultados da simulação dinâmica ganharem maior credibilidade, seria interessante que se procedesse à calibração e validação do modelo, que pode ser levada a cabo recorrendo a trabalho de campo específico, com monitorização de variáveis hidráulicas (alturas, velocidades e caudais) em pelo menos 3 a 4 secções estratégicas.

7. PRINCIPAIS CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

7.1 OBJECTIVOS DO ESTUDO E SINTESE DAS CONCLUSÕES PRINCIPAIS

O presente documento tem por objectivo principal a análise das intervenções efectuadas no sistema de drenagem que serve o eixo central da cidade de Albufeira, visando a compreensão do comportamento hidráulico do sistema integrado. No âmbito da auditoria, verificou-se serem adequados e aceitáveis os critérios de concepção e dimensionamento das infra-estruturas construídas nas áreas de intervenção, designadamente, a consideração de período de retorno para os caudais de projecto entre 10 e 50 anos. No entanto, atendendo à integração dos novos colectores com as infra-estruturas envolventes e com a bacia hidrográfica servida (com cerca de 2 500 ha), inclinada e de área muito superior à da zona intervencionada ao abrigo do Programa Polis (inferior a 95 ha), entendeu-se que este estudo devia também analisar a totalidade da bacia hidrográfica e correspondentes riscos de inundação, para diversos cenários ambientais.

A área de intervenção da Sociedade PolisAlbufeira incidiu numa zona já anteriormente impermeabilizada, não se podendo considerar esta entidade como directamente responsável pelas intervenções efectuadas no caniço (substituição de secções existentes por tubagens de 630 mm de diâmetro).

Face ao exposto, no âmbito do desenvolvimento deste estudo recorreu-se à modelação dinâmica das principais infra-estruturas de drenagem (designadamente o túnel, que se desenvolve ao longo da Av. da Liberdade, e o caniço, com início no Largo Eng. Duarte Pacheco e que se desenvolve pela Av. 25 de Abril até à Praça de Pescadores, descarregando então no meio receptor). As simulações foram levadas a cabo por aplicação do programa *MOUSE*, desenvolvido pelo Danish Hydraulic Institute. Esta abordagem teve como finalidade a análise do comportamento das infra-estruturas actuais e a proposta de diversas medidas de beneficiação do sistema.

O modelo foi corrido face a diversas situações de afluência, nomeadamente para precipitações com período de retorno de 5, 50 e 100 anos (nestes dois últimos casos, de forma a simular eventos pluviométricos similares aos que estiveram na origem das inundações ocorridas em Setembro de 2008), bem como para tempo seco. Na construção do modelo e para a situação verificada quando ocorreram as inundações, considerou-se a ligação entre o túnel e o caneiro e a existência de dois descarregadores, localizados no túnel e no caneiro.

Os resultados do modelo, permitem concluir o seguinte:

- Em tempo seco, a totalidade do caudal afluente ao túnel é desviado para o caneiro sendo posteriormente à estação elevatória dos Pescadores, pelo que não ocorrem descargas directas no meio receptor. As alturas de escoamento são reduzidas em todos os troços modelados, claramente inferiores a meia secção, e a velocidade mínima regulamentar não é assegurada nem no túnel nem no caneiro, o que naturalmente contribui para o assoreamento daquelas infra-estruturas.
- Em tempo de chuva, para um evento com período de retorno de 5 anos e 4 h de duração, o escoamento no túnel processa-se em superfície livre, embora o caneiro entre em carga a montante do descarregador D2, ocorrendo extravasamentos pelas câmaras de visita F2059 e F2978, situadas a jusante do Largo Eng. Duarte Pacheco. As velocidades regulamentares são asseguradas.
- Para um evento com período de retorno de 50 anos e 4 h de duração, verifica-se a entrada em carga no túnel no troço a montante do descarregador D1. O caneiro entra em carga até à câmara de visita em que se concretiza o desvio para a EE dos Pescadores (até ao D2), ocorrendo extravasamentos pelas câmaras de visita F2042, F2058, F2059 e F2078, localizadas no Largo Eng. Duarte Pacheco
- Considerando um evento com período de retorno de 100 anos e 4 h de duração, verifica-se a entrada em carga no túnel nos troços a montante do descarregador D1. Todos os troços do caneiro localizados a montante do descarregador D2 entram em carga, havendo extravasamentos pelas câmaras de visita F2042, F2058, F2059, F2078 e F2083, localizadas no Largo Eng. Duarte Pacheco e na Av. 25 de Abril.

Atendendo ainda à capacidade hidráulica máxima das principais infra-estruturas de drenagem e aos caudais afluentes potenciais (que se estimam no capítulo 4), conclui-se que:

- A capacidade hidráulica do túnel é suficiente para fazer face aos caudais afluentes gerados por precipitações com período de retorno de 5 anos. Considerando que o túnel não se encontra assoreado, tem capacidade hidráulica claramente satisfatória para precipitações com período de retorno de 50 anos.
- Nas condições actuais, o caneiro funcionará em carga, mesmo para precipitações de reduzida intensidade. O caudal desviado do túnel (estimado em cerca de 366 l/s) excede a capacidade hidráulica dos troços iniciais do caneiro, concretamente do colector de ligação entre as duas infra-estruturas (de 400 mm de diâmetro), que se apresentará continuamente em carga, bem como dos troços do caneiro constituídos por uma tubagem de 630 mm de diâmetro.

- Mesmo admitindo que o caneiro se encontra totalmente limpo e desprezando o efeito de maré, a respectiva capacidade hidráulica é insuficiente para drenar a totalidade dos caudais gerados nas bacias de drenagem contributivas, mesmo para chuvadas com período de retorno de 2 anos. Daqui se evidencia a necessidade daquelas bacias disporem de um sistema de drenagem separativo, que desvie para o túnel, sempre que as cotas topográficas o permitirem, o maior volume possível de caudais pluviais.

É importante referir que, durante os eventos ocorridos em Setembro de 2008, os níveis de maré não foram muito elevados (valores máximos de 0.72 m no dia 22 de Setembro e de 1.38 m no dia 29), pelo que as respectivas consequências, em termos de riscos das inundações, poderiam ter sido mais gravosas.

Adicionalmente, há que ter em conta os efeitos das alterações climáticas esperadas para os países mediterrâneos e, em concreto, para Portugal. Os projectos SIAM estimam a possibilidade de se verificar um aumento da temperatura média de 3,5 a 6 °C, um acréscimo acentuado de intensidades de precipitação para eventos de médio ou elevado período de retorno, bem como uma subida significativa de várias dezenas de centímetros dos níveis de maré (Santos *et al.*, 2002; Santos *et al.*, 2006), para 2050. Essas circunstâncias concorrem para o agravamento de riscos de inundações, assim como dos riscos de contaminação de meios receptores.

7.2 RECOMENDAÇÕES DE CARÁCTER ESTRATÉGICO E DE DETALHE PARA O CONTROLO DOS RISCOS DE INUNDAÇÃO

Com base nas conclusões referentes ao desempenho hidráulico do sistema de drenagem existente, que têm em conta os resultados da simulação dinâmica, recomenda-se a concretização das seguintes intervenções estratégicas e de detalhe destinadas ao controlo dos riscos de inundação:

- a) O controlo dos caudais pluviais, com vista à mitigação das inundações, deve ser efectuado, preferencialmente, nas zonas de montante da bacia de drenagem da Ribeira de Albufeira, nomeadamente pela implementação de soluções de controlo na origem, que englobam soluções estruturais e não estruturais, com o objectivo de promover a infiltração *in-situ* ou a retenção para efeitos de regularização de caudal, permitindo uma maior aproximação ao ciclo hidrológico natural. Na zona baixa da cidade de Albufeira, na zona de jusante da bacia de drenagem, é mais difícil e complexo controlar directa e totalmente os riscos de inundações, atendendo aos elevados caudais pluviais aí afluentes, à topografia local, à ocupação urbana e aos efeitos de maré.
- b) Devem ser previstas operações cíclicas de limpeza e de manutenção no túnel e no caneiro, com ênfase nos trechos críticos, de menores declives, ou onde se situem os descarregadores. Os sumidouros e canaletes existentes na zona baixa de Albufeira, destinados à drenagem das escorrências superficiais, devem ser mantidos e limpos com regularidade, sobretudo no período de Verão.

- c) Deve proceder-se ao levantamento cadastral detalhado da rede de drenagem, de modo a dispor de dados rigorosos das infra-estruturas de drenagem, e ao seu carácter unitário, separativo ou pseudo-separativo, para efeitos de futuras intervenções ou acções de controlo.
- d) A curto prazo, deve proceder-se ao tamponamento do desvio do túnel para o caneiro e destruir o muro descarregador D1, existente no túnel. Esta intervenção não apresentará desvantagens ambientais, no que se refere aos riscos de contaminação dos meios receptores, atendendo à existência de um emissário submarino e ao facto da rede a montante ser separativa. Estima-se, em conformidade com o exposto no âmbito do capítulo 2.3, que o emissário tenha uma capacidade mínima (em condições de MPMVA) de cerca de 1,3 m³/s.
- e) No caneiro, deve ser reduzida a altura do descarregador D2 para 0,20 m (suficiente para garantir o transporte dos caudais de tempo seco para a estação elevatória dos Pescadores), e instalado um segundo colector de 630 mm de diâmetro, nos troços daquela infra-estrutura que apresentem apenas uma tubagem.

No caso da zona baixa de Albufeira, prevê-se que a aplicação das medidas d) e e) anteriormente descritas não seja suficiente para reduzir totalmente, de forma sustentada, os riscos de inundação.

Deste modo, recomenda-se a análise das condições de instalação de um sistema de aviso e alerta na zona baixa de Albufeira, concretizado através da monitorização, em tempo real, dos níveis de água no caneiro (e, eventualmente, no túnel), associados a sensores de inundação localizados nos locais críticos, nomeadamente na Rua Cândido dos Reis. O sistema de monitorização e aviso deverá incluir o registo, em contínuo, da precipitação e das condições do escoamento em locais críticos; a transmissão de dados e o tratamento da informação recolhida, o accionamento do sistema de aviso, luminoso ou sonoro, em caso de inundação (ou de descargas de excedentes contaminados). Através deste tipo de sistema será possível ganhar “know how” reduzir os prejuízos materiais e sociais associados à ocorrência de inundações, a custos controlados.

Refere-se que a Directiva das Águas Balneares (de 2006) promove a implementação de mecanismos de previsão e alerta da qualidade das águas balneares, apoiados na medição do caudal e da qualidade, fomentando a informação atempada ao público e a prevenção da saúde pública. Estes mecanismos permitem actuar correctamente face à ocorrência de: a) descargas directas de excedentes (com riscos associados de contaminação e poluição dos meios receptores); b) escoamento superficial de caudais que não afluem ao sistema de drenagem (por insuficiente capacidade dos dispositivos interceptores ou por entrada em carga da rede de colectores); e e) inundações, situação gravosa no que se refere a danos materiais e questões de saúde pública.

A fim de aferir a eficácia das medidas de beneficiação propostas, nomeadamente as descritas nos pontos d) e e) foram introduzidas essas alterações no modelo e procedeu-se, então, à simulação da designada “situação proposta”. Neste cenário foi também simulado o comportamento do canal de escoamento de águas pluviais que atravessa, de lado nascente, a Praça dos Pescadores, o emissário submarino e o descarregador que se situa imediatamente a montante (D3).

No caso da solução proposta, os resultados obtidos face às diversas solicitações (tempo seco e tempo de chuva para diversos cenários) permitem concluir que:

- O descarregador D3, que se encontra na extremidade de jusante do túnel, proporcionará o armazenamento de caudais no interior daquela infra-estrutura. Deste modo, o túnel funcionará como uma bacia de retenção (em terminologia anglo-saxónica, “online sewer storage”), aumentando, face à maior carga disponível, o volume descarregado através do emissário submarino.
- Em tempo seco, o sistema possui capacidade de transporte e de armazenamento suficiente para fazer face às afluências ao sistema, não ocorrendo entradas em carga dos colectores nem descargas directas poluídas no meio receptor.
- Em tempo de chuva, os elevados caudais pluviais afluentes ao sistema podem provocar um aumento significativo das alturas de escoamento, resultando em descargas para o meio receptor e na entrada em carga dos colectores. No entanto, só se verificam extravasamentos para precipitações com períodos de retorno de 100 anos. Estas ocorrências podem verificar-se, de acordo com o modelo, através do túnel, no Largo Eng. Duarte Pacheco, em resultado da existência do descarregador D3. Atendendo à reduzida cota piezométrica do escoamento nesse local crítico, crê-se que esta situação pode ser controlada com a utilização de tampas estanques.

Conclui-se que as intervenções efectuadas no âmbito do POLIS não têm impacto significativo em termos de geração de caudais, face à contribuição da totalidade da bacia, e que os critérios de projecto considerados para o dimensionamento das infra-estruturas foram os adequados. É possível concluir, também, que as intervenções de reabilitação propostas neste estudo, embora muito localizadas e pontuais, resultam numa melhoria do comportamento global do sistema e reduzirão significativamente os riscos de inundação. Contudo, nas situações mais gravosas, correspondentes a precipitações de período de retorno elevado, conjugados com elevados níveis de maré, a ocorrência de inundações será difícil de evitar, pelo que se pode justificar a implementação adicional de um sistema de aviso e alerta.

Lisboa, Julho de 2009

Joana Amorim
(Eng^a. Civil, Mestre em Hidráulica
e Recursos Hídricos)

Filipa Ferreira
(Eng^a. Civil, PhD)

José de Saldanha Matos
(Eng. Civil, PhD)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Biodesign (2005) - *Projecto de Execução das Infra-estruturas Urbanas das Águas Pluviais, do Largo Eng.º Duarte Pacheco.*
- IST (2008) - *Auditoria Técnica aos Projectos e Obras Polis Albufeira – 2º Nível de Trabalhos.* Lisboa.
- nProjectos (2005) - *Elaboração de projectos de Infra-estruturas ao abrigo do Protocolo com a CMA (Remodelação da Praça dos Pescadores e Cais Herculano / Tratamento e Valorização da Av. da Liberdade / Remodelação da Praça Eng. Duarte Pacheco e da Av. 25 de Abril) – Projecto de Execução de Infra-estruturas de Rede de Águas Residuais Pluviais: Zona 4.1.*
- nProjectos (2005a) - *Elaboração de projectos de Infra-estruturas ao abrigo do Protocolo com a CMA (Remodelação da Praça dos Pescadores e Cais Herculano / Tratamento e Valorização da Av. da Liberdade / Remodelação da Praça Eng. Duarte Pacheco e da Av. 25 de Abril) – Inspeção ao túnel.*
- nProjectos (2006) - *Elaboração de projectos de Infra-estruturas ao abrigo do Protocolo com a CMA (Remodelação da Praça dos Pescadores e Cais Herculano / Tratamento e Valorização da Av. da Liberdade / Remodelação da Praça Eng. Duarte Pacheco e da Av. 25 de Abril) – Projecto de Execução de Infra-estruturas de Rede de Águas Residuais Pluviais: Zona 1 e 2.*
- nProjectos (2006a) - *Elaboração de projectos de Infra-estruturas ao abrigo do Protocolo com a CMA (Remodelação da Praça dos Pescadores e Cais Herculano / Tratamento e Valorização da Av. da Liberdade / Remodelação da Praça Eng. Duarte Pacheco e da Av. 25 de Abril) – Levantamento do túnel da Ribeira de Albufeira.*
- Santos, F.D.; Forbes, K.; Moita, R. (2002) - *Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures (SIAM Project).* Gradiva, Lisboa, Portugal.
- Santos, F.D; Pedro Miranda (2006) - *Alterações Climáticas: Cenários, Impactos e medidas de adaptação.* Projecto SIAM2. Gradiva, Lisboa, Portugal.

ANEXOS

Anexo 1 – Planta de localização e bacias de drenagem

Anexo 2 – Planta da área de intervenção do Programa Polis

Anexo 3 – Planta das principais infra-estruturas em estudo, na cidade de Albufeira

Anexo 4 – Planta de pormenor do túnel

Anexo 5 – Planta de pormenor do caneiro

Anexo 6 – Perfil longitudinal do túnel

Anexo 7 – Perfil longitudinal do caneiro

Anexo 8 – Extracto da zona final do túnel – Consulmar