

ANEXO I

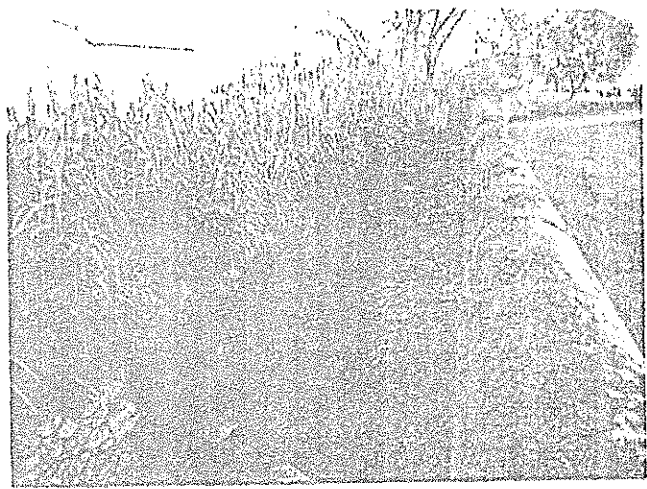


12009
64/15
@

CÂMARA MUNICIPAL DE SETÚBAL
DEPARTAMENTO DE URBANISMO

DEFESA CONTRA CHEIAS NA CIDADE DE SETÚBAL
RIBEIRA DA FIGUEIRA

REGULARIZAÇÃO DO TROÇO FINAL A CÉU ABERTO DA RIBEIRA DA FIGUEIRA, PASSAGEM
HIDRÁULICA DOS ARCOS E BACIA DE RETENÇÃO



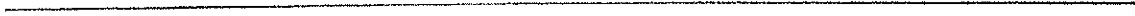
ESTUDO PRÉVIO

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

Dezembro 2016

ADUSADO
engenharia, lda

4



5064
63/15
②

ÍNDICE DE TEXTO

	Págs.
1 INTRODUÇÃO.....	X
2 CONTEXTO DO ESTUDO	3
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO	8
4 ESTUDO HIDROLÓGICO. MÉTODOS ADOPTADOS NO ESTUDO HIDRÁULICO	23
4.1 Consideração inicial	23
4.2 Tempo de concentração.....	23
4.3 Precipitação	28
4.3.1 Estimativa da precipitação diária máxima anual na bacia hidrográfica para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 50 e 100 anos.....	28
4.3.2 Evento de precipitação com duração igual ao tempo de concentração da bacia hidrográfica	29
4.3.3 Hietogramas da precipitação.....	31
4.4 Caudais de ponta e hidrogramas de cheia	34
4.4.1 Fórmula Racional.....	34
4.4.2 Hidrogramas de cheia calculados com o HEC-HMS	35
5 SOLUÇÃO INTEGRADA DE DEFESA CONTRA CHEIAS.....	38
5.1 Enquadramento.....	38
5.2 Ribeira da Figueira não regularizada. Avaliação da capacidade de transporte a montante do aqueduto do arco.....	40
5.3 Regularização do troço a céu aberto da ribeira da Figueira. Avaliação da capacidade de transporte a montante do aqueduto do arco	50
5.4 Ribeira da Figueira não regularizada. Avaliação da capacidade de transporte	

4

desde o aqueduto do arco até ao troço canalizado	63
5.5 Pré-dimensionamento do volume de amortecimento necessário.....	68
5.5.1 Consideração inicial	68
5.5.2 Volume de armazenamento necessário	68
5.6 Regularização do troço a céu aberto da ribeira da Figueira.....	70
5.6.1 Enquadramento.....	70
5.6.2 Simulação do escoamento da cheia centenária	70
5.6.3 Regularização da ribeira e dimensionamento do volume e geometria do descarregador	76
5.6.4 Órgão de descarga da bacia de amortecimento	89
5.7 Dimensionamento das valas de escoamento	90
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	92

5005
162715
①

FIGURAS NO TEXTO

Figura 2.1 Inundação da Av. Mariano de Carvalho (esq.) e da Rua do Arcos (dir.) no dia 18.02.15.	3
Figura 2.2 Inundação do Bairro de Montalvão (esq.) e Colapso do muro da Ribeira da Figueira (dir.) na cheia de 18.02.2008.	3
Figura 2.3 Inundação do Bairro de Montalvão (esq.) e do Largo de Jesus (dir.) no dia 18.02.15.	4
Figura 2.4 Solução para defesa contra cheias na cidade de Setúbal (CENÁRIO 3 – in "Defesa contra cheias na cidade de Setúbal. Estudo Prévio (2009)". ATKINS. INAG)	7
Figura 3.1 Delimitação da bacia hidrográfica do Livramento e das respetivas sub-bacias hidrográficas da Figueira e de São Paulo até ao início dos troços canalizados.	8
Figura 3.2 Localização do início dos troços canalizados das várias ribeiras e coletor da ribeira de São Paulo (in "Defesa contra cheias na cidade de Setúbal. Estudo Prévio (2009)". ATKINS. INAG).	9
Figura 3.3 Entrada da ribeira de São Paulo na rede de drenagem da cidade – Parque vaniceiros.	10
Figura 3.4 Bacia hidrográfica da Figueira referida à secção inicial do troço canalizado	10
Figura 3.5 Bacia urbanas e respetiva entrada no troço canalizado da Ribeira do Livramento (in "Defesa contra cheias na cidade de Setúbal. Estudo Prévio (2009)". ATKINS. INAG).	11
Figura 3.6 Bacia hidrográfica da Figueira e área das bacias urbanas.	12
Figura 3.7 Perfil longitudinal da ribeira da Figueira (a montante do troço coberto)	13
Figura 3.8 Planta da linha de água da Figueira.	14
Figura 3.9 Habitação, margem esquerda da linha de água.	14
Figura 3.10 Passagem hidráulica do muro. a) vista de montante, b) vista de jusante.	15
Figura 3.11 Pequenas passagens hidráulicas para peões. a) passagem hidráulica 1, b) passagem hidráulica 2.	15
Figura 3.12 Passagem hidráulica da rotunda: a) vista de montante; b) vista de jusante; c) vista para montante-canal regularizado, d) vista para jusante-canal regularizado.	16
Figura 3.13 Passagem superior para peões.	16
Figura 3.14 Passagem hidráulica da estrada. a) vista de montante, b) vista de jusante, c) vista para montante-canal regularizado, d) descarga na ribeira da Figueira.	17
Figura 3.15 Passagem hidráulica aqueduto quinhentista, vista de montante.	18
Figura 3.16 Infraestruturas da margem esquerda da linha de água a) Habitação, b) hortas,	18

4

Figura 3.17 Jardim da Algodeia a) vista geral, b) quiosque e parque infantil.	19
Figura 3.18 Linha de água da Figueira, troço final antes da entrada na zona canalizada.	19
Figura 3.19 Troço canalizado da linha de água da Figueira. a) vista de montante, b) vista para montante	20
Figura 3.20 Área de implementação da bacia de amortecimento. Entradas e saídas de caudal.....	21
Figura 3.21 Planta da bacia amortecimento da Figueira	22
Figura 4.1 Fatores corretivos do tempo de atraso relativo a: Esq. - percentagem de área impermeável; Dir. - melhoria das condições hidráulicas do escoamento; (extraído de Correia, 1994, b)	27
Figura 4.2 Hietogramas de precipitação alternados. Períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos	33
Figura 5.1 Localização geográfica dos 20 perfis que caracterizam a linha de água da ribeira da Figueira.	40
Figura 5.2 Modelo da ribeira com os perfis e passagens hidráulicas	41
Figura 5.3 Passagens hidráulicas consideradas na simulação a) passagem hidráulica do muro, b) passagem hidráulica da rotunda, c) passagem hidráulica da estrada, d) passagem hidráulica do aqueduto do arco.....	42
Figura 5.4 Perspetiva da linha de água da ribeira da Figueira atual e a elevação da superfície livre ($Q_{100anos} = 33,20 \text{ m}^3/\text{s}$)	43
Figura 5.5 Elevação máxima da superfície livre da linha de água da ribeira da Figueira atual em perfil longitudinal ($Q_{100anos} = 33,20 \text{ m}^3/\text{s}$)	44
Figura 5.6 Elevação da superfície livre na ribeira atual. Secções 24 a 19 ($Q_{100anos} = 33,20 \text{ m}^3/\text{s}$).....	45
Figura 5.7 Elevação da superfície livre na ribeira atual. Secções 18 a 13 ($Q_{100anos} = 33,20 \text{ m}^3/\text{s}$).....	46
Figura 5.8 Elevação da superfície livre na ribeira atual. Secções 12 a 9 ($Q_{100anos} = 33,20 \text{ m}^3/\text{s}$).....	47
Figura 5.9 Elevação da superfície livre na ribeira atual. Secções 8 a 4 ($Q_{100anos} = 33,20 \text{ m}^3/\text{s}$).....	48
Figura 5.10 Passagens hidráulicas consideradas na simulação da ribeira regularizada a) passagem hidráulica do muro, b) passagem hidráulica da rotunda, c) passagem hidráulica da estrada, d) passagem hidráulica do aqueduto do arco	51
Figura 5.11 Implantação da conduta na linha de água da Figueira.	51
Figura 5.12 Conduta de descarga a implantar na ribeira da Figueira.....	52
Figura 5.13 Perspetiva da linha de água da ribeira da Figueira futura e a elevação da superfície livre ($Q_{100anos} = 33,20 \text{ m}^3/\text{s}$)	53

Handwritten notes: 4, 6, 15, 20

Figura 5.14| Elevação máxima da superfície livre da linha de água da ribeira da Figueira futura em perfil longitudinal ($Q_{100anos} = 33,20 \text{ m}^3/\text{s}$) 53

Figura 5.15| Elevação da superfície livre na ribeira futura. Secções 24 a 19 ($Q_{100anos} = 33,20 \text{ m}^3/\text{s}$) 54

Figura 5.16| Elevação da superfície livre na ribeira futura. Secções 20 a 13 ($Q_{100anos} = 33,20 \text{ m}^3/\text{s}$) 55

Figura 5.17| Elevação da superfície livre na ribeira futura. Secções 12 a 9 ($Q_{100anos} = 33,20 \text{ m}^3/\text{s}$) 56

Figura 5.18| Elevação da superfície livre na ribeira futura. Secções 8 a 4 ($Q_{100anos} = 33,20 \text{ m}^3/\text{s}$) 57

Figura 5.19| Hidrogramas nas diversas PH's para os períodos de retorno de 2 e 5 anos. 58

Figura 5.20| Hidrogramas nas diversas PH's para os períodos de retorno de 10 e 20 anos. 59

Figura 5.21| Hidrogramas nas diversas PH's para os períodos de retorno de 50 e 100 anos. 59

Figura 5.22| Modelo da ribeira com os perfis completos nas margens esquerda e direita 63

Figura 5.23| Modelo da ribeira com os perfis apenas na zona da ribeira 64

Figura 5.24| Perspetiva do transbordo da ribeira ($Q = 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$) 65

Figura 5.25| Elevação da superfície livre em perfil longitudinal ($Q = 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$) 65

Figura 5.26| Elevação da superfície livre em perfil longitudinal ($Q = 5 \text{ m}^3/\text{s}$) 66

Figura 5.27| Elevação da superfície livre em perfil longitudinal ($Q = 12,5 \text{ m}^3/\text{s}$) 66

Figura 5.28| Elevação da superfície livre em perfil longitudinal ($Q = 20 \text{ m}^3/\text{s}$) 67

Figura 5.29| Perspetiva da elevação da superfície livre na ribeira ($Q_{100anos} = 27,96 \text{ m}^3/\text{s}$) 70

Figura 5.30| Elevação máxima da superfície livre em perfil longitudinal ($Q_{100anos} = 27,96 \text{ m}^3/\text{s}$) 71

Figura 5.31| Elevação da superfície livre na ribeira atual. Secções 250 a 210 ($Q_{100anos} = 27,96 \text{ m}^3/\text{s}$) 72

Figura 5.32| Elevação da superfície livre na ribeira atual. Secções 200 a 160 ($Q_{100anos} = 27,96 \text{ m}^3/\text{s}$) 73

Figura 5.33| Elevação da superfície livre na ribeira atual. Secções 150 a 110 ($Q_{100anos} = 27,96 \text{ m}^3/\text{s}$) 74

Figura 5.34| Elevação da superfície livre na ribeira atual. Secções 100 a 60 ($Q_{100anos} = 27,96 \text{ m}^3/\text{s}$) 75

Figura 5.35| Elevação da superfície livre na ribeira atual. Secções 60 a 20 ($Q_{100anos} = 27,96 \text{ m}^3/\text{s}$) 76

Figura 5.36| Perfis longitudinais da ribeira antes e depois da regularização 77

Figura 5.37| Secção tipo 1 (Secções 250 a 120) 78

Figura 5.38| Secção tipo 2 (Secções 130 a 20) 78

Figura 5.39| Vista lateral entre as secções 24 e 22. Geometria do descarregador da esquerda 79

Figura 5.40| Vista lateral entre as secções 23 e 22. Geometria do descarregador da direita 79

Figura 5.41| Modelo da ribeira regularizada com descargas laterais para as bacias de amortecimento



.....	80
Figura 5.42 Elevação da superfície livre na ribeira regularizada. Secções 250 a 220 ($Q_{100\text{anos}} = 27,96 \text{ m}^3/\text{s}$).....	81
Figura 5.43 Elevação da superfície livre na ribeira regularizada. Secções 210 a 140 ($Q_{100\text{anos}} = 27,96 \text{ m}^3/\text{s}$).....	82
Figura 5.44 Elevação da superfície livre na ribeira regularizada. Secções 130 a 60 ($Q_{100\text{anos}} = 27,96 \text{ m}^3/\text{s}$).....	83
Figura 5.45 Elevação da superfície livre na ribeira regularizada. Secções 50 a 20 ($Q_{100\text{anos}} = 27,96 \text{ m}^3/\text{s}$).....	84
Figura 5.46 Perspetiva da elevação máxima da superfície livre na ribeira regularizada ($Q_{100\text{anos}} = 27,96 \text{ m}^3/\text{s}$).....	85
Figura 5.47 Elevação máxima da superfície livre na ribeira regularizada em perfil longitudinal ($Q_{100\text{anos}} = 27,96 \text{ m}^3/\text{s}$).....	85
Figura 5.48 Hidrogramas de cheia nas secções a montante e a jusante dos descarregadores ($Q_{100\text{anos}} = 27,96 \text{ m}^3/\text{s}$).....	86
Figura 5.49 Cotas de fundo, da superfície da água máxima no troço de ribeira regularizado ($Q_{100\text{anos}} = 27,96 \text{ m}^3/\text{s}$).....	87
Figura 5.50 Volume de água armazenado nas bacias de amortecimento ($Q_{100\text{anos}} = 27,96 \text{ m}^3/\text{s}$).....	88
Figura 5.51 Elevação da superfície livre nas bacias de amortecimento ($Q_{100\text{anos}} = 27,96 \text{ m}^3/\text{s}$).....	89
Figura 5.52 Caudal descarregado para o interior das bacias ($Q_{100\text{anos}} = 27,96 \text{ m}^3/\text{s}$) Esq - bacia da esquerda; Dir. - bacia da direita.....	89
Figura 5.53 Valas nas bacias de amortecimento.....	91

DOC
60/10
2

QUADROS NO TEXTO

Quadro 3.1 Rede de drenagem das bacias urbanas (<i>in</i> "Defesa contra cheias na cidade de Setúbal. Estudo Prévio (2009)". ATKINS. INAG).....	11
Quadro 3.2 Bacia hidrográfica da ribeira da Figueira, referenciada ao início do troço canalizado. Características fisiográficas.....	12
Quadro 4. 1 Permeabilidade dos solos na área da bacia. Determinação do CN associado	26
Quadro 4.2 Tempo de concentração da bacia hidrográfica da Figueira.....	27
Quadro 4.3 Série de precipitações diárias máximas anuais para a Estação de Vila Nogueira de Azeitão	28
Quadro 4.4 Estimativa da precipitação diária máxima anual. Períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos	29
Quadro 4.5 Parâmetros a e b das curvas IDF para Estação Lisboa-Portela (21C/02) (extraído de BRANDÃO et al., 2001)	30
Quadro 4.6 Precipitação com duração igual ao tempo de concentração (T = 2, 5, 10, 50 e 100 anos)	31
Quadro 4.7 Precipitação por bloco para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos (9 blocos com durações de 9 min).....	33
Quadro 4.8 Caudais de ponta de cheia calculados pela fórmula Racional (T= 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos).....	35
Quadro 5.1 Geometrias consideradas para as 4 passagens hidráulicas.	41
Quadro 5.2 Material que constitui a linha de água a jusante das Passagens hidráulicas	42
Quadro 5.3 Geometrias consideradas para as 4 passagens hidráulicas.	43
Quadro 5.4 Condições do escoamento da cheia centenária na ribeira atual ($Q_{100anos} = 33,20 \text{ m}^3/\text{s}$)..	49
Quadro 5.5 Caudais de galgamento nas passagens hidráulicas.....	49
Quadro 5.6 Características das passagens hidráulicas.....	50
Quadro 5.7 Natureza e rugosidade das passagens hidráulicas.	52
Quadro 5.8 Resultados da simulação da cheia centenária.....	58
Quadro 5.9 Caudais máximos para os vários períodos de retorno.....	59
Quadro 5.10 Velocidades máximas à entradas e no interior das passagens hidráulicas.....	60

Quadro 5.11 Condições em que a proteção tipo Colchões reno e Gabiões são aplicados.	61
Quadro 5.12 Características e tipo de material a adotar à entrada da passagem hidráulica do muro.	61
Quadro 5.13 Características e tipo de material a adotar à saída da passagem hidráulica do muro. ...	61
Quadro 5.14 Caudais de ponta e volumes a montante e a jusante do troço analisado (T= 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos)	62
Quadro 5.15 Regularização do perfil da ribeira.....	77
Quadro 5.16 Armazenamento nas bacias em função do nível de água	81
Quadro 5.17 Condições do escoamento da cheia centenária na ribeira regularizada (Q _{100anos} = 27,96 m ³ /s)	87
Quadro 5.18 Características da vala.....	90

↑
0065
59/10
②

ANEXO 1 - DESENHOS

- Desenho 1** Planta de Localização
- Desenho 2** Troço Final da Ribeira da Figueira. Situação Atual. Registo Fotográfico.
- Desenho 3** Bacias de Amortecimento da Figueira e da Algodeia. Implantação.
- Desenho 4** Bacias de Amortecimento da Figueira e da Algodeia. Perfis Transversais.
- Desenho 5** Ribeira da Figueira. Perfil Longitudinal.
- Desenho 6** Ribeira da Figueira. Implantação e Perfis Transversais a Montante e a Jusante da PH do Muro. Secção Proposta para a PH do Muro.
- Desenho 7** Ribeira da Figueira e Bacias de Amortecimento. Secções tipo. Descarregadores e PH da Estrada.
- Desenho 8** Ribeira da Figueira. Coletor de Descarga da Ribeira/Arcos

ANEXO 2 - QUADROS

- Quadro A. 1| Hidrogramas para os vários períodos de retorno (aplicação da metodologia SCS) 101
- Quadro A. 2| Resultado da simulação linha de água da ribeira da Figueira regularizada (2 anos) ... 103
- Quadro A. 3| Resultado da simulação linha de água da ribeira da Figueira regularizada (5 anos) ... 105
- Quadro A. 4| Resultado da simulação linha de água da ribeira da Figueira regularizada (10 anos) . 107
- Quadro A. 5| Resultado da simulação linha de água da ribeira da Figueira regularizada (20 anos) . 109
- Quadro A. 6| Resultado da simulação linha de água da ribeira da Figueira regularizada (50 anos) . 111
- Quadro A. 7| Resultado da simulação linha de água da ribeira da Figueira regularizada (100 anos) 113

4

1 INTRODUÇÃO

A cidade de Setúbal, devido à sua posição geográfica, planície de cheia para onde convergem várias ribeiras, tem sido frequentemente afetada pela ocorrência de grandes cheias, com inundação da parte baixa da cidade, e consequentes elevados prejuízos materiais. As cheias históricas de 1967 e 1983, provocadas por precipitações intensas de curta duração, ainda que de período de retorno relativamente baixo (15 anos), são disso exemplo, no entanto, é de assinalar que quase todos os anos ocorrem cheias de menor amplitude que afetam consistentemente várias áreas da baixa da cidade de Setúbal.

De uma maneira geral, as elevadas declividades das bacias hidrográficas das ribeiras que confluem na baixa Setubalense, a fraca capacidade de retenção de água dos solos e a própria drenagem em leque destas bacias, induzem a que as precipitações intensas de curta duração gerem cheias que afluem à baixa da cidade de forma concentrada, originando assim caudais de elevada magnitude. A ocorrência de cheias com prejuízos materiais na baixa de Setúbal é, portanto, frequente, sendo por isso uma preocupação da Autarquia.

Esta problemática já foi abordada em vários estudos, sendo que o estudo [1] - "*Defesa contra cheias na cidade de Setúbal. Estudo Prévio (2009)*" realizado pela ATKINS a pedido do INAG é o estudo que comporta a solução aceite/aprovada pela Autarquia e, portanto, o estudo de referência para a realização deste trabalho.

Assim, o presente trabalho surge na sequência do estudo [1] e consiste na realização de uma análise prévia de suporte à implementação a nível de Projeto de Execução do referido estudo.

Neste estudo analisam-se, de uma maneira geral, o comportamento hidráulico da ribeira e da bacia de amortecimento em diversas situações de cheia, analisando, em particular, o funcionamento da bacia de amortecimento na fase de enchimento, considerando o facto do escoamento na Ribeira da Figueira se processar de forma canalizada para jusante da bacia.

Assim, tendo por base o estudo [1], este estudo deverá compreender, de um modo geral, os seguintes aspetos:

- Análise do estudo hidrológico realizado no estudo [1] com eventual atualização do

Doc 5
58H
C

mesmo, analisando as características fisiográficas da respetiva bacia, o tempo de concentração, as precipitações e os caudais de ponta;

- Análise do comportamento atual do troço da linha de água da Figueira desde a passagem hidráulica do muro até á passagem hidráulica do aqueduto do Arco;
- Redimensionamento das passagens hidráulicas e dimensionamento de uma conduta para descarga auxiliar de forma a permitir escoar o caudal de projeto e determinação dos hidrogramas resultantes que afluem ao troço desde passagem hidráulica do aqueduto do Arco até ao troço canalizado;
- Análise do comportamento atual do troço da linha de água da Figueira desde a passagem hidráulica do aqueduto do Arco até ao troço canalizado;
- Definição da solução para a intervenção na linha de água, nomeadamente, no que respeita à definição da regularização a efetuar a montante do trecho canalizado;
- Total definição da bacia de armazenamento, nomeadamente: i) do volume de armazenamento (definição geométrica em planta e perfil); ii) do órgão de entrada de caudal (descarregador lateral);
- Avaliação do funcionamento integrado da Solução definida - *bacia de amortecimento localizada na Várzea da Figueira/Algodeia; regularização de um trecho da ribeira da Figueira; consideração do efeito de bacia de amortecimento da PH do Muro para redução do caudal de cheia para jusante e compatibilização com a capacidade da PH da Rotunda;*

Para responder aos objetivos acima mencionados, o relatório foi organizado em seis capítulos. O primeiro corresponde à presente “

4

Introdução”, na qual se apresenta o contexto e os objetivos do estudo, assim como a forma como o relatório se encontra organizado.

No segundo capítulo, denominado de “

Docs
3 + 115
W

Contexto do estudo”, apresenta-se de forma mais aprofundada o contexto em que surge o presente estudo, assim como se apresentam os diversos estudos que têm sido realizados desde 1986 no âmbito da Proteção e Controlo/Mitigação de Cheias na cidade de Setúbal.

No terceiro capítulo, denominado de “*Caracterização da Área em Estudo*” apresenta-se uma caracterização geral do terreno onde será implementada a bacia de amortecimento do Figueira assim como da área circundante. Em particular, descreve-se a ocupação do solo do terreno em estudo e caracteriza-se de forma geral a área envolvente, nomeadamente, no que respeita às principais infra-estruturas e áreas edificadas.

No quarto capítulo, correspondente ao “*Estudo hidrológico. Métodos adoptados no estudo hidráulico*”, apresentam-se a bacia hidrográfica considerada para efeitos de resposta aos objetivos do estudo. Em particular, caracterizam-se: i) os parâmetros fisiográficos da linha de água principal e, por conseguinte, o respetivo tempo de concentração; ii) o regime de precipitações na bacia para diversos períodos de retorno; iii) os caudais de ponta e hidrogramas de cheia obtidos, respetivamente a partir da fórmula racional e do método do SCS, aplicado com o HEC-HMS.

No quinto capítulo, denominado de “*Solução integrada de defesa contra cheias*”, apresenta-se a avaliação da capacidade de transporte do troço a céu aberto da ribeira do Figueira, a sua regularização e dimensionamento dos diversos órgãos necessários para um bom funcionamento do sistema que permita escoar uma cheia centenária de forma controlada.

No sexto e último capítulo, denominado de “*Conclusões e recomendações*”, emitem-se considerações acerca dos resultados obtidos, e aponta-se a Solução integrada a implementar na várzea da Figueira/Algoeira para mitigar os impactos negativos no meio hídrico criados pela ocorrência de cheias excecionais na bacia hidrográfica da Figueira.

2 CONTEXTO DO ESTUDO

A cidade de Setúbal, localiza-se numa planície onde existem várias ribeiras. Esta planície é frequentemente inundada devido à ocorrência de cheias significativas provocadas por precipitações intensas (de curta duração). Estas cheias traduzem-se na inundação da zona baixa da cidade de Setúbal com elevados prejuízos para a população em geral e para o comércio da baixa da cidade em particular. Tome-se como exemplo a última cheia com prejuízos materiais assinaláveis ocorrida em Setúbal a 18 de Fevereiro de 2008, Figura 2.1 a Figura 2.3.

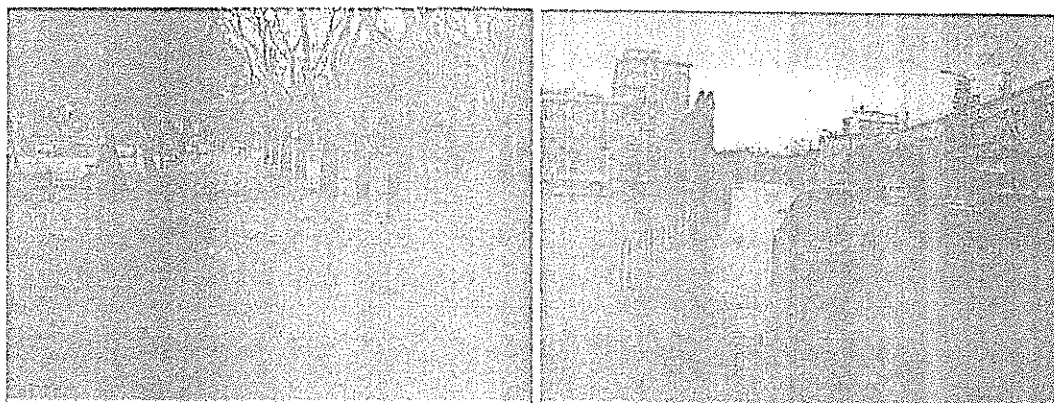


Figura 2.1| Inundação da Av. Mariano de Carvalho (esq.) e da Rua do Arcos (dir.) no dia 18 02 08.

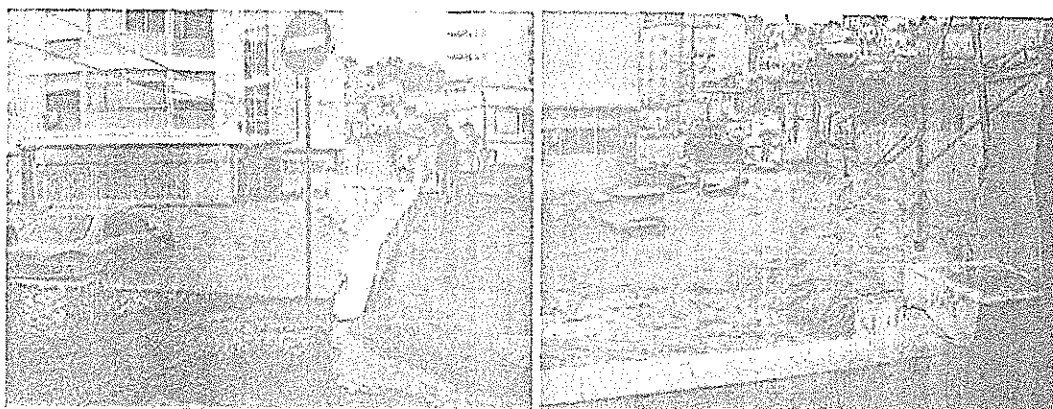


Figura 2.2| Inundação do Bairro de Montalvão (esq.) e Colapso do muro da Ribeira da Figueira (dir.) na cheia de 18.02.2008.

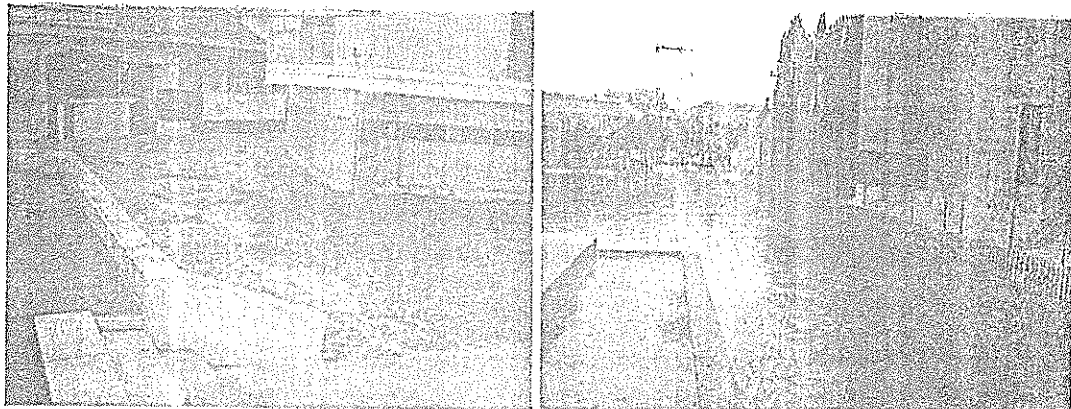


Figura 2.3| Inundação do Bairro de Montalvão (esq.) e do Largo de Jesus (dir.) no dia 18 02 08.

Estas cheias, do tipo severas, que afetam com elevada frequência a zona baixa de Setúbal, são originadas devido:

- i. à intensidade e curta duração das precipitações;
- ii. aos baixos tempos de concentração das bacias respetivas (encostas com declives muito acentuados e com uma elevada percentagem de solos com fraca capacidade de retenção de água); e
- iii. às características de ocupação do solo - elevada ocupação urbanística (transformação de grandes extensões de solos agrícolas em zonas urbanas com elevado grau de impermeabilização);
- iv. à falta de capacidade de transporte dos coletores da rede de drenagem urbana, que se encontram parcialmente obstruídos pelos sedimentos arrastados nas ribeiras, apesar de submetidos a operações de limpeza regulares;
- v. a condicionantes locais, como sejam o facto da Avenida Marginal se desenvolver paralelamente à linha de costa e estar construída em aterro, a uma cota superior à baixa da cidade, funcionando assim como dique e dificultando o escoamento superficial para o estuário do rio Sado;
- vi. à própria localização geográfica, onde o nível de maré tem uma grande influência no impacto das cheias.

A vulnerabilidade da baixa Setubalense às situações de cheia é um problema recorrente e cuja necessidade de resolução/mitigação está identificada. De facto, a necessidade de criar

Medidas de Proteção e Controlo de Cheias na cidade de Setúbal já foi abordada em vários estudos sendo que nos pontos seguintes se apresentam os principais estudos de mitigação/controlo de cheias realizados para a cidade de Setúbal desde 1986:

- ✓ [1986] *"Estudo hidrológico e hidráulico das cheias e inundações na cidade de Setúbal : caracterização das bacias hidrográficas e estudo hidrológico. Laboratório Nacional de Engenharia Civil;*
- ✓ [1992] *"Projeto de Regularização das Ribeiras do Livramento e da Figueira. Medidas de Proteção e Controlo de Cheias na Cidade de Setúbal - Bacias de Retenção de Cheias." HIDRO 4 (realizado para: Ministério do Ambiente e dos Recursos Naturais);*
- ✓ [2001] *"Projeto de Regularização da Ribeira do Livramento. (atualização)" PROCESL*
- ✓ [2009] *"Defesa contra cheias na cidade de Setúbal. Estudo Prévio." ATKINS. INAG;*

Na sequência das cheias de 2008 o Município conseguiu obter do Governo o compromisso de ordenar a elaboração de um estudo de atualização dos diferentes projetos para proteção e controlo das cheias na cidade, anteriormente elaborados, tendo o Ministério do Ambiente incumbido o INAG de tal tarefa. Foi neste contexto que a ATKINS, por indicação do INAG, apresentou um Estudo Prévio de defesa contra cheias na cidade de Setúbal, tendo sido este o estudo tomado como referência pela Autarquia. Neste estudo foram apresentados três soluções alternativas, designadas como cenários:

- ✓ *CENÁRIO 1: substituição integral dos troços cobertos das ribeiras do Livramento e da Figueira, mantendo a confluência entre as ribeiras; construção de um coletor complementar na ribeira da Figueira; construção de uma bacia de amortecimento em cada ribeira, Livramento e Figueira;*
- ✓ *CENÁRIO 2: substituição integral dos troços cobertos existentes na ribeira do Livramento e construção de uma nova estrutura na ribeira da Figueira; construção de apenas uma bacia de amortecimento (na várzea da Figueira/Algojeia);*
- ✓ *CENÁRIO 3: substituição integral dos troços cobertos das ribeiras do Livramento e da Figueira para capacidades de vazão superiores, mantendo a confluência dos mesmos; construção de uma bacia de amortecimento em cada ribeira, Livramento e Figueira.*

O INAG e a Câmara Municipal de Setúbal (CMS) entendem que o CENÁRIO 3 é o mais vantajoso uma vez que corresponde à minimização dos impactos nas infraestruturas

5
17069
55/115
C

existentes.

Presentemente, o Município pretende realizar parte da obra correspondente ao CENÁRIO 3 – componente relativa à *regularização do troço final da ribeira da Figueira e à construção da respetiva bacia de Amortecimento*, com a condição da bacia de amortecimento da Figueira poder desempenhar uma dupla função, de área recreativa, desporto e de lazer, através da criação de Parque Urbano e Infraestrutura Desportiva. Ou seja, as obras relativas à substituição integral do troço coberto da ribeira da Figueira entre o Jardim da Alcodeia e a Avenida 22 de Dezembro ficariam para uma 2ª FASE. Para tal, é necessário atualizar o estudo da ATKINS ao nível de Projeto de Execução, avaliando a compatibilização da bacia de amortecimento com a respetiva função social, assim como, com as infraestruturas na sua envolvente.

O Projeto de Execução deverá ser precedido de uma análise prévia do comportamento hidráulico da ribeira e da bacia de amortecimento em situação de cheia. Em particular, deverá analisar-se o funcionamento geral do sistema (ribeira, bacia de amortecimento e infraestruturas adjacentes) para a situação atual de constrangimento do caudal máximo passível de escoar no troço coberto. Esta condição é provisória, mantendo-se apenas até às obras de substituição integral do troço coberto estarem realizadas (obras de 2ª FASE).

O presente documento consiste na realização de uma análise prévia de suporte à implementação a nível de Projeto de Execução de parte da solução preconizada no CENÁRIO 3 do estudo da ATKINS (2009).

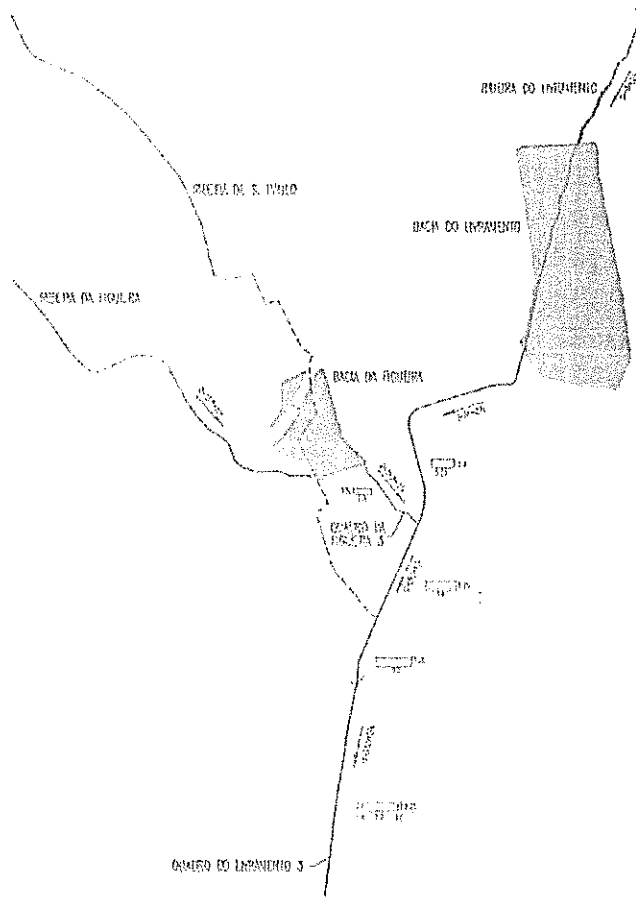


Figura 2.4] Solução para defesa contra cheias na cidade de Setúbal (CENÁRIO 3 – in “Defesa contra cheias na cidade de Setúbal. Estudo Prévio (2009)”. ATKINS. INAG)

12064
34/11
②

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

Conforme mencionado no Capítulo 1, o presente trabalho surge na sequência do estudo "Defesa contra cheias na cidade de Setúbal. Estudo Prévio (2009)". ATKINS. INAG - "Defesa contra cheias na cidade de Setúbal. Estudo Prévio (2009). ATKINS" e consiste na realização de um Estudo Prévio de suporte à implementação a nível de Projeto de Execução do referido estudo.

As várias linhas de água que atravessam a cidade de Setúbal compõem uma vasta rede hidrográfica da qual se destacam as principais bacias: Livramento, Figueira e São Paulo. A Figura 3.1 apresenta a delimitação das bacias hidrográficas até a entrada do troço canalizado.

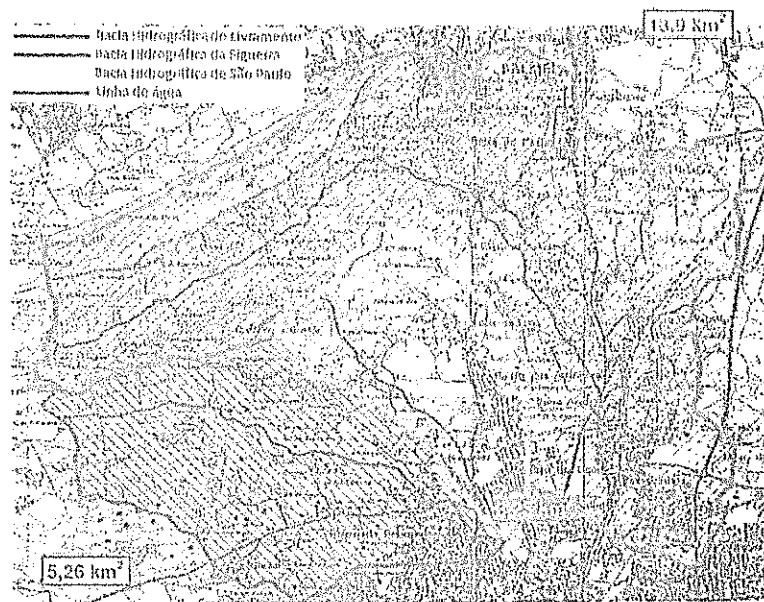


Figura 3.1 Delimitação da bacia hidrográfica do Livramento e das respetivas sub-bacias hidrográficas da Figueira e de São Paulo até ao início dos troços canalizados.

4

A linha de água principal desta bacia, a ribeira da Figueira, nasce entre as Serras de S. Luís e do Louro no Concelho de Palmela, no final da ribeira a céu aberto esta atravessa, já dentro da Cidade de Setúbal, um pequeno bairro, segue paralela à Estrada Nacional 10 e posteriormente segue ao lado da Rua dos Arcos. O troço final da ribeira a céu aberto desenvolve-se no limite superior do Parque da Algodeia e por fim, entra no troço canalizado perto da Estrada da Algodeia.

Em tempos, a ribeira da Figueira tinha um afluente principal, designado por ribeira de S. Paulo, cuja confluência se efetuava na zona onde hoje se localiza o Parque da Algodeia. Presentemente, devido à ocupação urbana na cidade, foi construída uma bacia de retenção, localizada no Jardim Vanicelos. A água que aflui à bacia de retenção é canalizada através de um coletor de Ø 600 que se desenvolve pela urbanização a jusante da Urbisado, atravessa a Ribeira da Figueira e o Jardim da Algodeia, com um coletor de Ø1400 . A ribeira de S. Paulo (troço canalizado) vai ligar diretamente ao troço canalizado da ribeira do Livramento na Av. 22 de Dezembro junto ao Largo de Jesus.

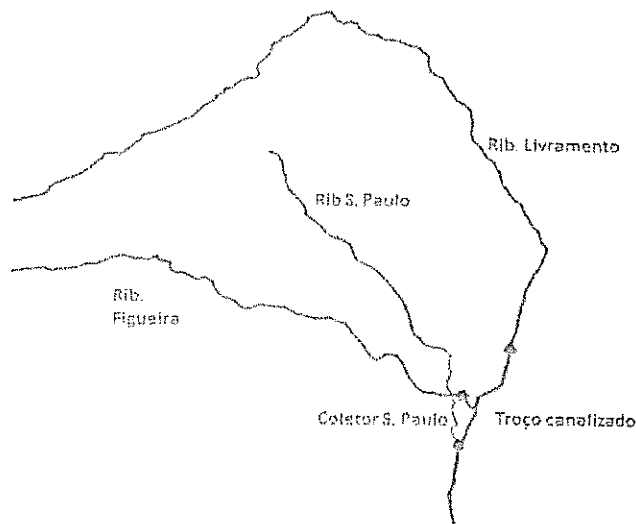


Figura 3.2| Localização do início dos troços canalizados das várias ribeiras e coletor da ribeira de São Paulo (in "Defesa contra cheias na cidade de Setúbal. Estudo Prévio (2009)". ATKINS. INAG).

12/05/15
53/15
(2)

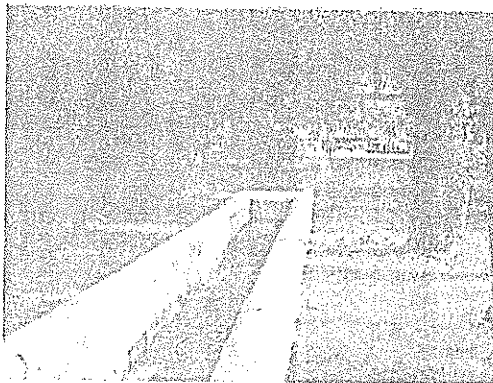


Figura 3.3| Entrada da ribeira de São Paulo na rede de drenagem da cidade – Parque Vanicelos.

Para o efeito do presente estudo, a secção tomada como referência para o traçado da bacia hidrográfica da Figueira que drena para a área em estudo foi a que consta da Figura 3.4.



Figura 3.4| Bacia hidrográfica da Figueira referida à secção inicial do troço canalizado

A bacia hidrográfica da Figueira referida à secção de início do troço canalizado tem cerca de 5,26 km² de área até à secção de referência - início de troço canalizado da ribeira do Figueira, Parque da Algodeia.

Na zona urbana com influência direta na canalização do Livramento, existem quatro pequenas áreas que, atualmente se encontram incluídas numa rede de drenagem urbana. Os coletores recolhem o caudal gerado em cerca de 2,18km² e conduzem o mesmo até à Ribeira do Livramento (troço coberto), Quadro 3.1 e Figura 3.5.

Quadro 3.1| Rede de drenagem das bacias urbanas (in "Defesa contra cheias na cidade de Setúbal. Estudo Prévio (2009)". ATKINS. INAG).

Bacia Urbanas	Secção (m)	Area de drenagem (ha)
Coletor da Av. 5 de Outubro	Ø 1,0	124
Coletor da Rua Dr. Paula Borba	0,3 x 0,2	30
Coletor da Rua dos Combatentes	1,4 x 1,3	39
Coletor da Av. Luisa Todí	Ø 1,0	25

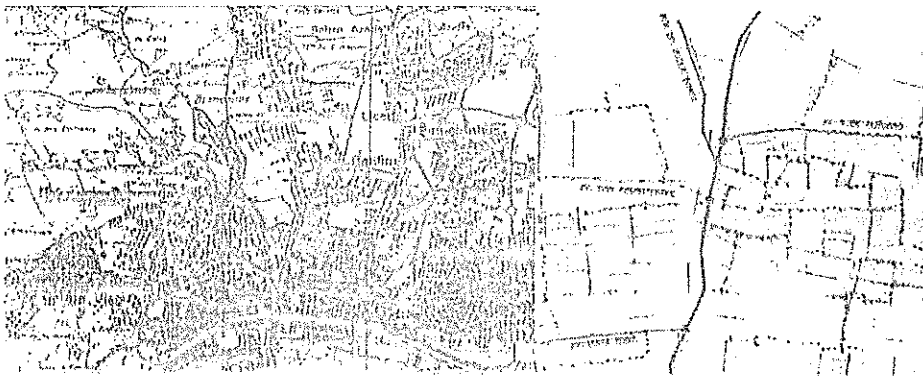


Figura 3.5| Bacia urbanas e respetiva entrada no troço canalizado da Ribeira do Livramento (in "Defesa contra cheias na cidade de Setúbal. Estudo Prévio (2009)". ATKINS. INAG).

Da área total da bacia hidrográfica da Figueira (5,26 km²) cerca de 0,15 km² são parte integrante da bacia urbana da estrada de Palmela, os caudais gerados nestas áreas são canalizados diretamente para a bacia da Várzea da Figueira e Algodeia, Figura 3.6. Desta forma, a área da bacia hidrográfica da Figueira que contribui para a determinação do caudal de projeto, deste estudo, é de 5,11 km². As características fisiográficas da bacia são as apresentadas no Quadro 3.2.

32/11
2

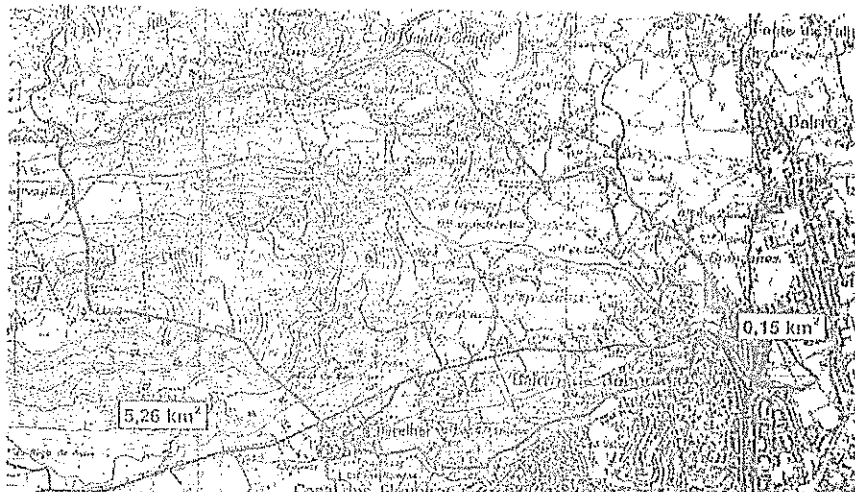


Figura 3.6] Bacia hidrográfica da Figueira e área das bacias urbanas.

Quadro 3.2] Bacia hidrográfica da ribeira da Figueira, referenciada ao início do troço canalizado. Características fisiográficas.

Principais características	
<i>Bacia hidrográfica</i>	
Área (km ²)	5,11
Cota na secção de montante (m)	220,00
Cota na secção de jusante (m)	4,30
Comprimento (m)	4,81
Declive médio (m/m)	0,0448
<i>Curso de água principal:</i>	
Comprimento (km)	4,68
Cota de montante (m)	180,00
Cota de jusante (m)	4,30
Declive médio LA (m/m)	0,0375

A ribeira da Figueira apresenta, entre o ponto de maior elevação e a secção de referência da bacia (início do troço canalizado), uma extensão de cerca de 4,81 km e um declive médio da bacia de 4,48%.

De uma maneira geral, esta bacia apresenta declividades acentuada, o que induz a que os efeitos das chuvadas sejam repentinos, o que é agravado, pela elevada percentagem de solos com reduzida capacidade de infiltração.

Na Figura 3.7 apresenta-se o perfil longitudinal da ribeira da Figueira a montante do trecho coberto.

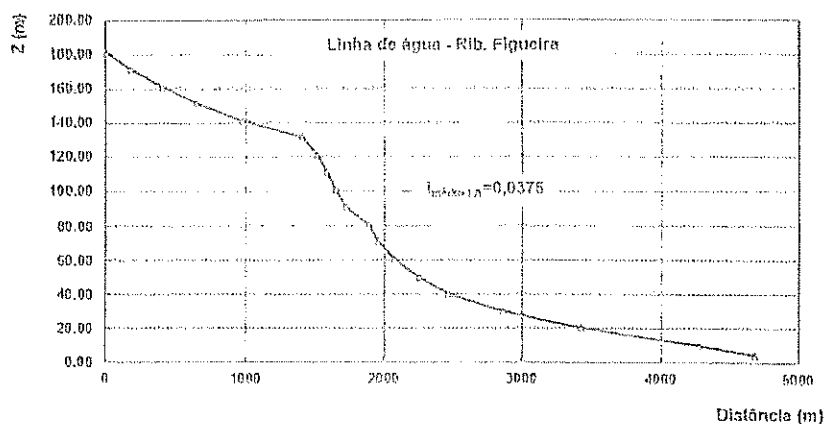


Figura 3.7| Perfil longitudinal da ribeira da Figueira (a montante do trecho coberto)

Como se pode observar no perfil longitudinal a inclinação do talvegue da Ribeira é aproximadamente constante, verificando-se uma zona de deposição na aproximação do troço coberto.

O estudo da linha de água da Figueira iniciou-se após a passagem da ribeira por um pequeno bairro, segue paralela à Estrada Nacional 10. Durante o seu percurso a ribeira é atravessada por várias passagens hidráulicas, que serão alvo de análise neste estudo. Por fim a ribeira segue paralela ao parque da Algodeia até que entra no troço canalizado. A Figura 3.8 apresenta uma vista geral de todas as infra-estruturas relevantes e que foram condicionantes na elaboração do presente documento.

2009
52715
②



Figura 3.8| Planta da linha de água da Figueira.

Como foi referido a linha de água passa por um pequeno bairro antes de entrar no troço que foi considerado neste estudo. É de salientar que existe uma habitação nesse bairro que se encontra a uma cota muito baixa (13.90) e que é inundada com alguma frequência, Figura 3.9.

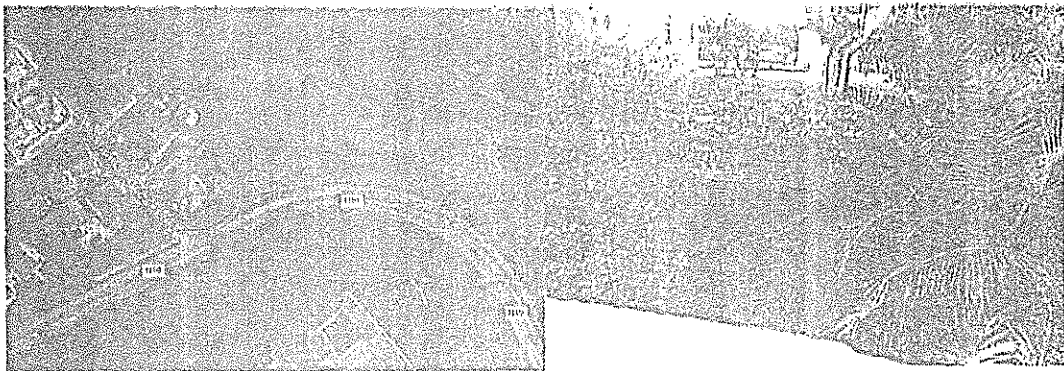


Figura 3.9| Habitação, margem esquerda da linha de água.

A linha de água da Figueira encontra-se atualmente regularizada numa seção retangular cujo seu rasto é de 3,50m e a sua altura média de 2,00m. No ponto 1 da Figura 3.8 está

localizada a passagem hidráulica do muro, a Figura 3.10 corresponde a esta passagem hidráulica. A sua geometria é em arco, o rasto é de 3,50m e a altura máxima de 1,70m. .

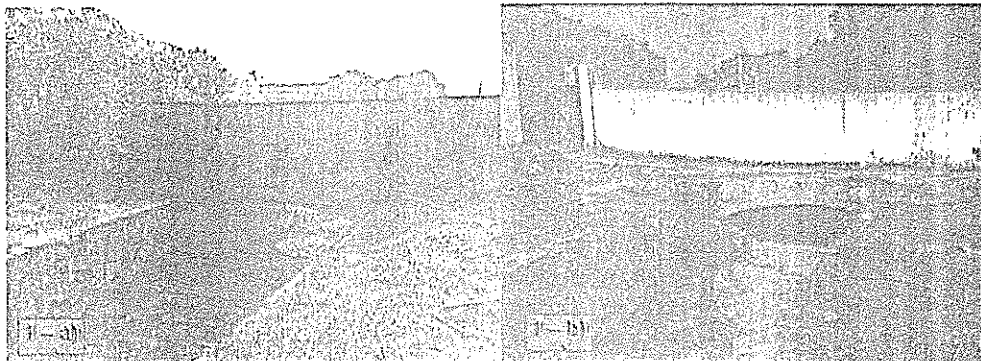


Figura 3.10| Passagem hidráulica do muro. a) vista de montante, b) vista de jusante.

No ponto 2 encontram-se localizadas duas pequenas passagens hidráulicas que devido à sua geometria não foram tomadas em consideração na análise da linha de água (ponto 5.2 presente documento), recomenda-se que estas sejam reparadas ou demolidas.

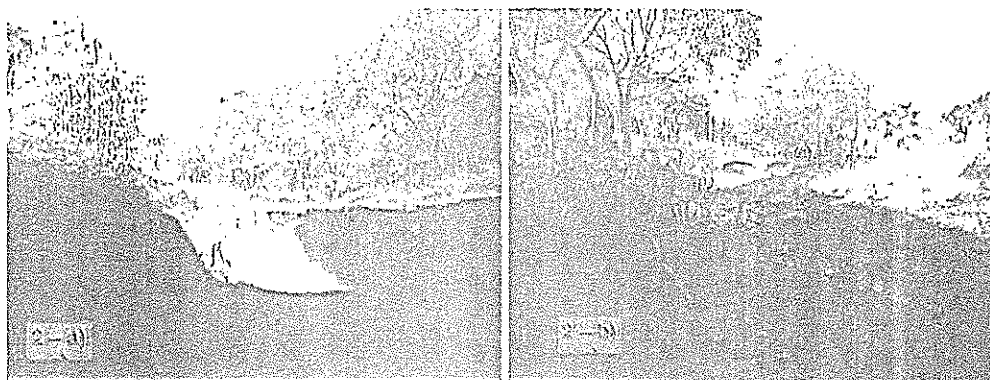


Figura 3.11| Pequenas passagens hidráulicas para peões. a) passagem hidráulica 1, b) passagem hidráulica 2.

A passagem hidráulica da rotunda localiza-se no ponto 3 da Figura 3.8, trata-se de uma passagem hidráulica em box de betão com 4,60m X 1,80m e com uma extensão de 52,35m. A montante da passagem hidráulica existe um troço de geometria trapezoidal cujo fundo já se encontra protegido em colchões reno Figura 3.12 c). A passagem hidráulica em questão permite o atravessamento longitudinal da rotunda da várzea (Nacional 10), Figura 3.12.

5
17069
30/11
②



Figura 3.12| Passagem hidráulica da rotunda: a) vista de montante; b) vista de jusante; c) vista para montante-canal regularizado, d) vista para jusante-canal regularizado.

A jusante da passagem hidráulica da rotunda a linha de água encontra-se regularizada e a sua geometria apresenta de rasto mínimo de 3,60 m e de altura mínima 1,60m Figura 3.12 d). A cerca de 65,00m a jusante da passagem hidráulica da rotunda encontra-se uma passagem superior para peões para acesso a um condomínio, a cota de soleira da passagem é de 8,90m, Figura 3.13.



Figura 3.13| Passagem superior para peões.

5

O ponto 4 da Figura 3.8 localiza a passagem hidráulica da estrada. Actualmente esta passagem hidráulica é constituída por três secções distintas contruídas em épocas diferentes (de montante para jusante): a mais recente, box de betão com a geometria 5,20mX1,40m Figura 3.14 a); arco em alvenaria 4,00m X 1,25m e; o mais antigo, arco em alvenaria 3,70m X 1,20m Figura 3.14 b).

No interior da passagem hidráulica, na secção mais recente, encontra-se localizado a entrada de uma descarga pluvial constituída por duas tubagens de Ø 500 que se destinava a transferir caudal da ribeira para uma tubagem de Ø 1400 que vai ligar ao troço canalizado da ribeira do Livramento, a jusante da confluência da ribeira da Figueira com a ribeira do Livramento. Actualmente esta descarga encontra-se desativada Figura 3.14 d).



Figura 3.14| Passagem hidráulica da estrada. a) vista de montante, b) vista de jusante, c) vista para montante-canal regularizado, d) descarga na ribeira da Figueira.

A jusante da passagem hidráulica da estrada encontra-se o aqueduto dos Arcos, Figura 3.15. Identificado na Figura 3.8 com o número 5. O aqueduto em arco apresenta de rasto 3,29m e de altura máxima 1,80m.

12/05/09
69 HS

(a)



Figura 3.15| Passagem hidráulica aqueduto quinhentista, vista de montante.

Imediatamente a jusante do aqueduto dos Arcos, na margem esquerda, encontram-se uma habitação e hortas, Figura 3.8 número 6. Está previsto a implementação da bacia de amortecimento no terreno adjacente à ribeira, ou seja, a jusante da habitação.



Figura 3.16| Infraestruturas da margem esquerda da linha de água a) Habitação, b) hortas,

Na margem direita da linha de água, após o aqueduto dos Arcos, encontra-se localizado o Jardim da Algodeia, ponto 7 da Figura 3.8. É possível destacar as seguintes infraestruturas no jardim: Quiosque, parque infantil e lago. A bacia de amortecimento (margem direita) irá situar-se no jardim.



Figura 3.17| Jardim da Algodeia a) vista geral, b) quiosque e parque infantil.

De uma maneira geral, a área onde se pretende implementar a bacia de amortecimento (margem esquerda), é uma zona que é inundada com alguma frequência durante o período de Inverno, sendo que, durante grande parte do ano se encontra seca. Desta forma a bacia de amortecimento preconizada prevê duas zonas de inundação solicitadas independentemente. Os órgãos hidráulicos que se pretendem instalar, permite que inicialmente será inundada a bacia de retenção localizada na margem esquerda e que só em condições de uma chuvada excepcional inunde a bacia de retenção localizada na margem direita da linha de água da ribeira da Figueira.

A Figura 3.18 ilustra o estado atual da linha de água da figueira na zona do Jardim da Algodeia. Na solução preconizada por este estudo, este troço da linha de água vai ser intervencionado.

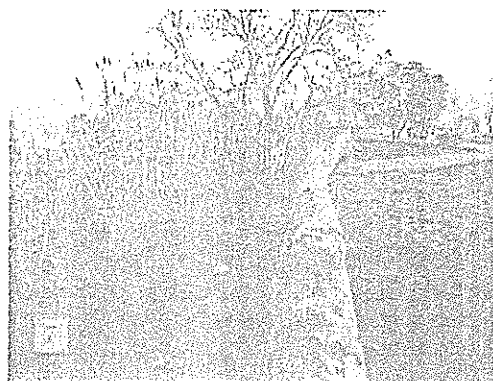


Figura 3.18| Linha de água da Figueira, troço final antes da entrada na zona canalizada.

O início do troço canalizado da linha de água da Figueira encontra-se situado no ponto 8 da

12069
4876
a

Figura 3.8, Figura 3.19.

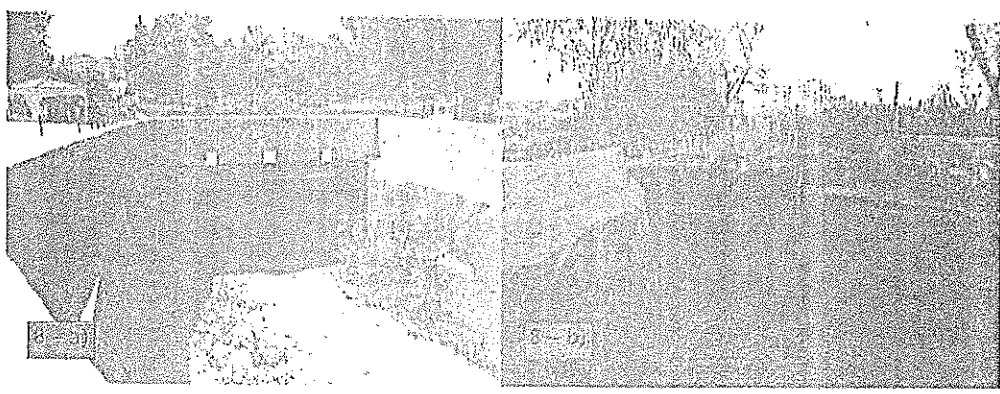


Figura 3.19| Troço canalizado da linha de água da Figueira. a) vista de montante, b) vista para montante

Na bacia de amortecimento em análise, para além do escoamento fluvial, comporta também os caudais provenientes da descarga de dois coletores da rede urbana pluvial, adjacente à futura bacia de retenção (margem esquerda). Um coletor de $\Phi 300$ que descarrega na várzea o caudal gerado na zona onde atualmente se encontra instalado o McDonalds, o coletor de $\Phi 500$ descarrega o caudal gerado no arruamento, Estrada de Palmela. As áreas em questão são pequenas, desta forma, os caudais gerados não foram contabilizados nesta análise.

Na Figura 3.20 apresentam-se um esquema resumo das áreas onde se pretende implementar a bacia de amortecimento, e apresenta-se também os vários pontos de entrada e saída de caudal da bacia de amortecimento. As descargas pluviais que se efetuam para o interior da bacia de amortecimento assim como as saídas da bacia de amortecimento, nomeadamente, o trecho canalizado da ribeira da Figueira e os coletores de $\Phi 300$ e $\Phi 500$ mm situados na proximidade do McDonalds, foram consideradas não relevantes.

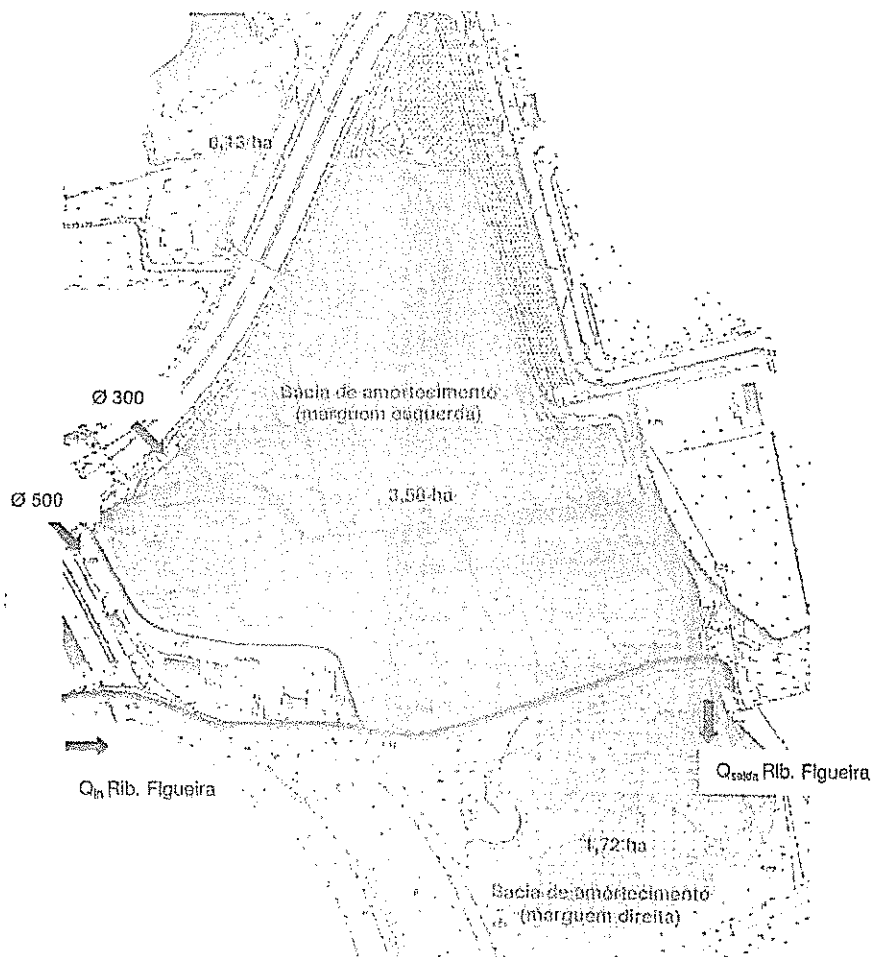


Figura 3.20| Área de implementação da bacia de amortecimento. Entradas e saídas de caudal.

Na Figura 3.21 apresenta-se a imagem de satélite onde se irá localizar a bacia de amortecimento. Nesta figura apresentam-se ainda as vias que limitam a área de implementação da bacia de amortecimento:

- N10 (direção Norte/Noroeste);
- Rua dos Arcos (a Sudoeste);
- Rua Joaquim Venâncio (a Sul);
- Estrada da Algodeia (a Este).

5
Dues
47/10
(2)

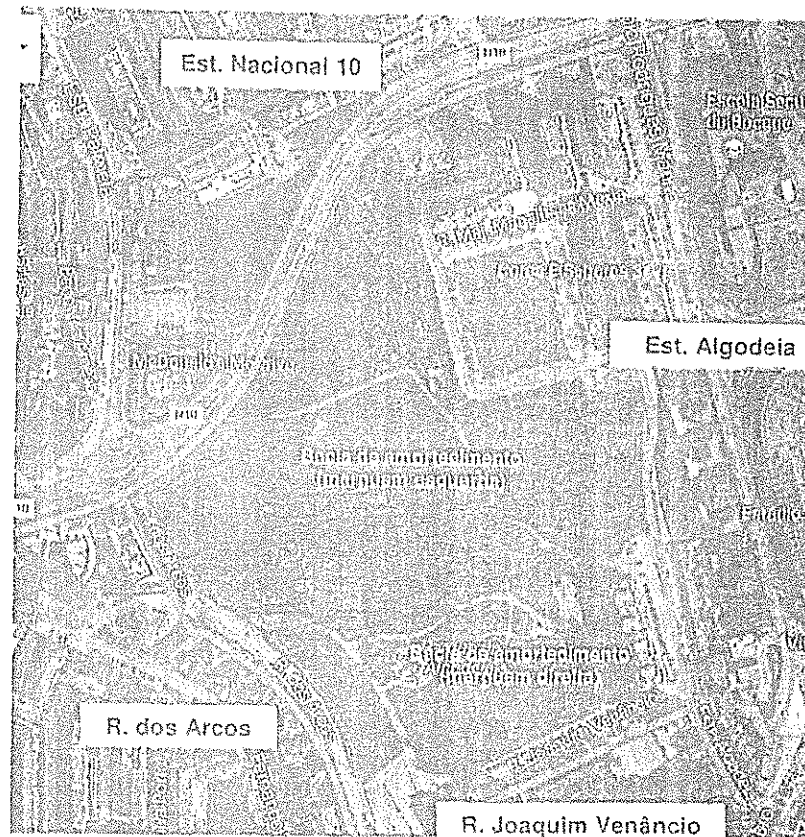


Figura 3.21| Planta da bacia amortecimento da Figueira

4 ESTUDO HIDROLÓGICO. MÉTODOS ADOPTADOS NO ESTUDO HIDRÁULICO

4.1 Consideração inicial

Conforme mencionado na introdução, o presente capítulo têm como finalidade a análise do estudo hidrológico realizado no estudo "Defesa contra cheias na cidade de Setúbal. Estudo Prévio (2009)". ATKINS. INAG e possível atualização do mesmo. Para a redução/minimização das cheias frequentes da Cidade de Setúbal, propõe-se uma solução, através a implantação de bacias de amortecimento para reter o caudal gerado numa cheia centenária.

Para a estimar os hidrogramas de cheia e os respetivos caudais de máxima cheia (caudais de ponta) necessários aos cálculos que permitirão dar resposta aos objetivos do presente estudo utilizaram-se:

- A fórmula Racional;
- O método cinemático do SOIL CONSERVATION SERVICE, 1972, implementado no software HEC-HMS 4.1.0 do USACE (US Army Corps of Engineers, 2010).

Os hidrogramas de cheia e respetivos caudais de ponta foram calculados para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 50, 100 anos.

Nos seguintes pontos serão apresentadas as metodologias e procedimentos adotados: no cálculo do tempo de concentração da bacia hidrográfica; na determinação dos hietogramas da precipitação; e dos hidrogramas de cheia (para os períodos de retorno 2, 5, 10, 50, 100 anos).

4.2 Tempo de concentração

O tempo de concentração, t_c , é o intervalo de tempo necessário para que a água caída no ponto cinematicamente mais afastado da secção de referência da bacia atinja essa mesma secção.

Considerando que existem inúmeros métodos para o cálculo do tempo de concentração utilizam-se os que se consideram mais apropriados ao presente caso, que nesta análise foram os métodos de Temez, Ventura, David e Soil Conservation Service (SCS).

7 2005
66 + 15
②

1. Temez

Temez (1978) analisou várias bacias espanholas e propôs a seguinte expressão para a determinação do tempo de concentração

$$t_c = 0,3 \left(\frac{L_b}{i_m^{0,25}} \right)^{0,76}$$

onde:

L_b - comprimento do curso de água principal da bacia [km];

i_m - declive médio do curso de água principal da bacia [m/m].

2. Ventura

Ventura propôs a seguinte expressão:

$$t_c = 240 \sqrt{\frac{A_b L_b}{\Delta h}}$$

sendo:

t_c - tempo de concentração [min], com $t_c > 5$ min;

A_b - área da bacia hidrográfica [km²];

L_b - comprimento do curso de água principal da bacia [km];

Δh - diferença de cotas entre as extremidades da linha de água principal [m].

3. David

$$t_c = 0,000324 \frac{L_b^{1,15}}{(\Delta H)^{0,38}}$$

sendo

L_b - comprimento do curso de água principal da bacia (km);

ΔH - diferença entre as extremidades da linha de água principal (m).

4

A expressão de David é aplicada em bacias hidrográficas com áreas até 25km², (Martins, 2000).

4. Soil Conservation Service (SCS)

$$t_c = 1,67 t_L$$

$$t_L = \frac{t_p^{0,8} (S_{mr} + 1)^{0,7}}{734,43 i_{mb}^{0,5}}$$

sendo:

t_c tempo de concentração [h]

t_L tempo de atraso [h]

i_{mb} declive médio da bacia [%]

L_b comprimento do curso de água principal da bacia [m]

S_{mr} capacidade máxima de retenção [m] $S_{mr} = \frac{1000}{CN} - 10$

CN número do escoamento [-]

Existem diversos métodos para o cálculo do tempo de concentração. A escolha do método mais adequado baseia-se nas características da bacia em estudo. No caso da bacia hidrográfica da Figueira, os métodos de Temez, Ventura, David e SCS são aplicáveis.

O método de Temez ser um método muito recomendado para bacias naturais até 300*10³ há (Temez (1978) e LNEC (1995)). O método de Ventura deve ser aplicado a bacias naturais com tempos de concentração superiores a 5 min (Martins, 2000). A metodologia de David é aplicável a bacias hidrográficas de pequena dimensão (área inferior a 25 km²). É de salientar que o método do SCS é recomendado para bacias de pequenas dimensões (aplicável a bacias com área inferior a 8 km²), normalmente rurais, mas que no caso de bacias mistas, pode ser utilizado desde que se considere um número de escoamento ponderado com base nas várias ocupações da bacia (SCS (1973) e Correia (1984)). Desta forma, adotou-se o tempo de concentração calculado com base no método SCS, por se considerar o mais indicado para representar a bacia em análise.

Doc 5
65 H
②

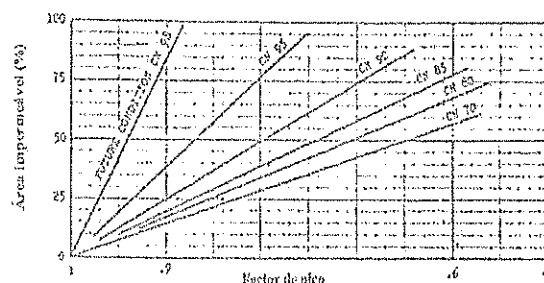
Para a aplicação da equação do tempo de concentração segundo o método do SCS é necessário determinar do número do escoamento, CN. O número de escoamento é determinado em função do tipo de solo que constitui a bacia hidrográfica e da utilização e cobertura do mesmo na bacia. Como tal, descarregou-se o tema "Números do Escoamento (AMCII)" do sub-capítulo *Características Hidrológicas do Solo* disponível no Atlas da Água em <http://snirh.pt/> que, conciliado a carta de solos de Portugal e a imagem de satélite, permite definir a percentagens de áreas com reduzida permeabilidade (área edificada) e com elevada permeabilidade (área compostas por coberto vegetal).

O solo ca bacia hidrográfica da figueira é, maioritariamente um solo do tipo B (CAMBIOSOLOS¹), portanto, com uma capacidade de infiltração acima da média após completo humedecimento. Por outro lado, verificou-se o tipo de ocupação existente na bacia hidrográfica em estudo. Aferiu-se o valor de CN em função do tipo de solo (tipo B), do tipo de ocupação da bacia e a sua representatividade (em percentagem). As condições calculadas encontram-se resumidas no Quadro 4. 1. O número do escoamento (CN) determinado é de 78, para condições antecedentes de humidade AMCII.

Quadro 4. 1| Permeabilidade dos solos na área da bacia. Determinação do CN associado

Tipo de ocupação	Permeabilidade	Percentagem	CN
Edificações (Áreas residenciais/industriais + ruas e estradas)	reduzida a nula	2%	100
Arbórea (florestas muito abertas ou de baixa transpiração)	elevada	34%	75
pastos e plantações (Pastagens pobres)	elevada	64%	79
	CN (AMCII)		78

O método do SCS que se aplique um fator corretivo em função do tempo de atraso relativo à percentagem da área impermeável e em função da melhoria das condições hidráulicas do escoamento. O fator aplicado foi de 0,99 para ambos os casos, Figura 4.1.



¹ caracterizam-se de uma maneira geral, por serem jovens, moderadamente desenvolvidos sobre rocha parental pouco a moderadamente meteorizada, não apresentando quantidades apreciáveis de argila, matéria orgânica e compostos de alumínio ou ferro

9

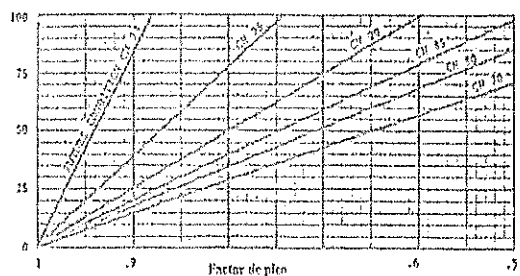


Figura 4.1| Fatores corretivos do tempo de atraso relativo a: Esq. - percentagem de área impermeável; Dir. - melhoria das condições hidráulicas do escoamento; (extraído de Correia, 1994, b)

A metodologia de SCS recomenda ainda que se corrija o CN tendo conta as condições de teor em água do solo. A situação propícia à formação das maiores cheias correspondem à condição de humidade AMC III (solo muito encharcado, quase saturado, originado por chuvas persistentes durante, pelo menos cinco dias anteriores), desta forma adotou-se para o número de escoamento para a bacia o valor de 92,8.

Aplicando as expressões de cálculo do tempo de concentração acima apresentadas (Temez, Ventura, David e do SCS), obtiveram-se os valores que constam do Quadro 4.2, tendo-se adotado um tempo de concentração de ≈1.34 h (80,4 min) para a bacia da Figueira referida à secção inicial do troço coberto da ribeira, Figura 3.8 ponto 8.

Quadro 4.2| Tempo de concentração da bacia hidrográfica da Figueira

Expressões	Tempo de concentração [h]
Temez	0,75
Ventura	1,33
David	0,76
SCS	1,34
Adotado	1,34

Doc
46/11
9

4.3 Precipitação

4.3.1 Estimativa da precipitação diária máxima anual na bacia hidrográfica para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 50 e 100 anos

A estação meteorológica selecionada para a constituição da série de *precipitações diárias máximas anuais* foi a estação de Vila Nogueira De Azeitão (22C/02UG). Conseguiu-se constituir a série de *precipitações diárias máximas anuais* que consta Quadro 4.3.

Quadro 4.3| Série de precipitações diárias máximas anuais para a Estação de Vila Nogueira de Azeitão

Data	VILA NOGUEIRA DE AZEITÃO (22C/02UG) Precipitação diária máxima anual (mm)	Data	VILA NOGUEIRA DE AZEITÃO (22C/02UG) Precipitação diária máxima anual (mm)	Data	VILA NOGUEIRA DE AZEITÃO (22C/02UG) Precipitação diária máxima anual (mm)
11/01/1932	26,60	06/03/1957	22,50	07/11/1982	96,50
18/11/1932	54,10	28/01/1958	43,50	21/11/1983	105,40
07/10/1933	45,20	21/05/1959	67,50	21/01/1985	72,00
13/12/1934	34,20	20/11/1959	81,20	15/09/1986	73,40
08/03/1936	78,80	22/10/1960	32,30	10/01/1987	54,00
22/01/1937	26,00	01/01/1962	38,50	05/07/1988	48,50
15/11/1937	40,20	16/02/1963	45,40	25/11/1988	38,00
09/12/1938	34,60	07/12/1963	48,50	26/11/1989	67,50
01/01/1940	86,00	01/03/1965	45,00	12/02/1991	87,50
21/01/1941	41,30	14/04/1966	35,30	14/01/1992	45,00
30/09/1942	45,00	06/11/1966	40,90	18/09/1993	38,50
03/12/1942	45,00	26/11/1967	43,00	01/11/1993	98,50
24/09/1944	38,50	01/11/1968	63,30	09/11/1994	(vc) 51,5
26/11/1944	20,10	06/06/1970	57,80	11/11/1995	(vc) 52,6
21/12/1945	35,40	13/06/1971	30,00	21/12/1996	(vc) 52,7
22/02/1947	44,60	01/02/1972	46,50	02/11/1997	(vc) 52,8
30/11/1947	75,00	16/12/1972	52,30	13/03/1999	(vc) 52,9
12/12/1948	40,00	20/12/1973	40,50	20/10/1999	(vc) 52,10
15/05/1950	36,50	29/09/1975	27,00	29/09/2001	(vc) 52,11
28/12/1950	37,20	30/01/1976	34,50	06/10/2001	(vc) 52,12
27/01/1952	65,00	15/12/1976	42,30	01/10/2003	(vc) 52,13
19/03/1953	31,40	17/10/1977	66,30	12/05/2005	(vc) 52,14
16/12/1953	47,50	10/02/1979	55,70	17/03/2006	(vc) 52,15
29/01/1955	26,50	06/10/1979	(vc) 50,1	18/02/2008	(vc) 52,16
12/01/1956	48,40	29/03/1981	36,20	28/12/2009	(vc) 52,17
12/10/1956	22,50	05/10/1981	73,20	30/03/2012	(vc) 52,18

Através do método dos momentos convencionais, procedeu-se ao cálculo da estimativa do valor da variável *precipitação diária máxima anual na bacia hidrográfica* (P_{dma}), para os períodos de retorno, de 2, 5, 10, 50, 100 anos, utilizando a Lei de Gumbel e a seguinte equação:

$$P_{dma} = \bar{X} + K_{Gumbel}^F \sigma_x$$

sendo:

\bar{X} média da amostra [mm]

σ_x desvio padrão da amostra com correção do viés [mm]

K_{Gumbel}^F fator de probabilidade segundo a lei de Gumbel [-] (dado pela expressão seguinte, onde F corresponde à probabilidade de não-excedência)

$$K_{Gumbel}^F = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \{0.577216 + \ln [\ln (1/F)]\}$$

De acordo com o anteriormente exposto, as estimativas da *precipitação diária máxima anual* para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos são os valores constantes do Quadro 4.4.

Quadro 4.4] Estimativa da precipitação diária máxima anual.

Períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos

P_{dma} (T = 2 anos)	46,31 mm
P_{dma} (T = 5 anos)	62,96 mm
P_{dma} (T = 10 anos)	73,98 mm
P_{dma} (T = 50 anos)	98,24 mm
P_{dma} (T = 100 anos)	108,50 mm

4.3.2 Evento de precipitação com duração igual ao tempo de concentração da bacia hidrográfica

As curvas de intensidade-duração-frequência (IDF) estabelecem a relação entre a intensidade, a duração e o período de retorno de uma dada chuva. Brandão *et al.* (2001)

1,2,3,4
 13/15
 9

apresentam curvas IDF para 27 postos udográficos em Portugal Continental, a partir do tratamento estatístico das séries anuais de intensidade de precipitação máxima nos respetivos postos.

Estas curvas resultaram do ajustamento à série em estudo de uma curva do tipo potencial dada por:

$$I = a t_p^b$$

sendo:

I intensidade de precipitação [mm/h]

t_p duração da precipitação [min]

a e b parâmetros das curvas IDF que expressam a probabilidade do evento [-]

No presente caso, adotaram-se os valores das curvas IDF do posto udométrico de Lisboa (Portela - 21C/02) que constam do Quadro 4.5.

Quadro 4.5| Parâmetros a e b das curvas IDF para Estação Lisboa-Portela (21C/02)
 (extraído de BRANDÃO et al., 2001)

T [anos]	Válida para as durações entre 5 e 30 min		Válida para as durações entre 30 min e 6 h		Válida para as durações entre 6 e as 48 h	
	a	b	a	b	a	b
2	187,70	-0,516	359,15	-0,711	474,64	-0,756
5	294,15	-0,555	417,04	-0,665	763,29	-0,764
10	365,58	-0,571	461,54	-0,647	955,11	-0,767
20	434,48	-0,581	506,26	-0,634	1139,40	-0,769
50	524,03	-0,592	565,82	-0,623	1378,10	-0,771
100	591,31	-0,598	611,24	-0,616	1557,10	-0,772

Considerando a precipitação diária associada aos períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos, estimaram-se as precipitações correspondentes a durações iguais ao tempo de concentração da bacia hidrográfica (1,34 h - Quadro 4.2), pois estas representam a situação mais desfavorável - precipitação crítica.

Efetuuou-se assim a repartição da precipitação em intervalos de tempo menores, aplicando-se os parâmetros das curvas IDF na bacia em estudo.

Como as partições de tempo das IDF, válidas para as durações que se pretendem relacionar, são diferentes entre si, o cálculo da precipitação com a duração pretendida foi efetuado em duas etapas:

Etapa 1. cálculo da precipitação com duração de 6 h recorrendo ao parâmetro b_1 do intervalo [30 min - 6 h];

Etapa 2. determinação da precipitação com a duração igual ao tempo de concentração (1,34 h), com base na precipitação de 6 h (Etapa 1) e do parâmetro b_2 do intervalo [30 m - 6 h].

A relação de precipitação utilizada foi a seguinte:

$$P_{1,34} = \left(\frac{6}{24}\right)^{b_2+1} + \left(\frac{1,34}{6}\right)^{b_2+1} P_{24}$$

onde:

$P_{1,34}$ precipitação com duração igual ao tempo de concentração - 1,34 h [mm]

P_{24} precipitação em 24 h [mm]

b_1 e b_2 parâmetro da curva IDF para o intervalo de tempo [30min - 6 h] [-]

Os resultados obtidos encontram-se no Quadro 4.6.

Quadro 4.6| Precipitação com duração igual ao tempo de concentração
(T = 2, 5, 10, 50 e 100 anos)

T [anos]	Duração [horas]	Precipitação [mm]
2	1,34 h	21,4
5	1,34 h	27,5
10	1,34 h	31,6
20	1,34 h	33,5
50	1,34 h	40,6
100	1,34 h	44,5

4.3.3 Hietogramas da precipitação

De toda a precipitação que ocorre sobre a bacia hidrográfica em análise, a que dá origem a escoamento superficial direto designa-se por precipitação efetiva, quando se lhe retiram as perdas relativas à infiltração e interceção e as perdas ocorridas nas depressões no solo. Estas perdas de precipitação foram estimadas no presente estudo por recurso ao método do SCS. Não obstante se ter considerado esta estimativa na simulação dos hidrogramas de cheia com o HEC-HMS, os hietogramas de precipitação total utilizados foram previamente construídos para intensidades de precipitação não uniforme, e com base na curva de intensidade-duração-frequência anteriormente referida.

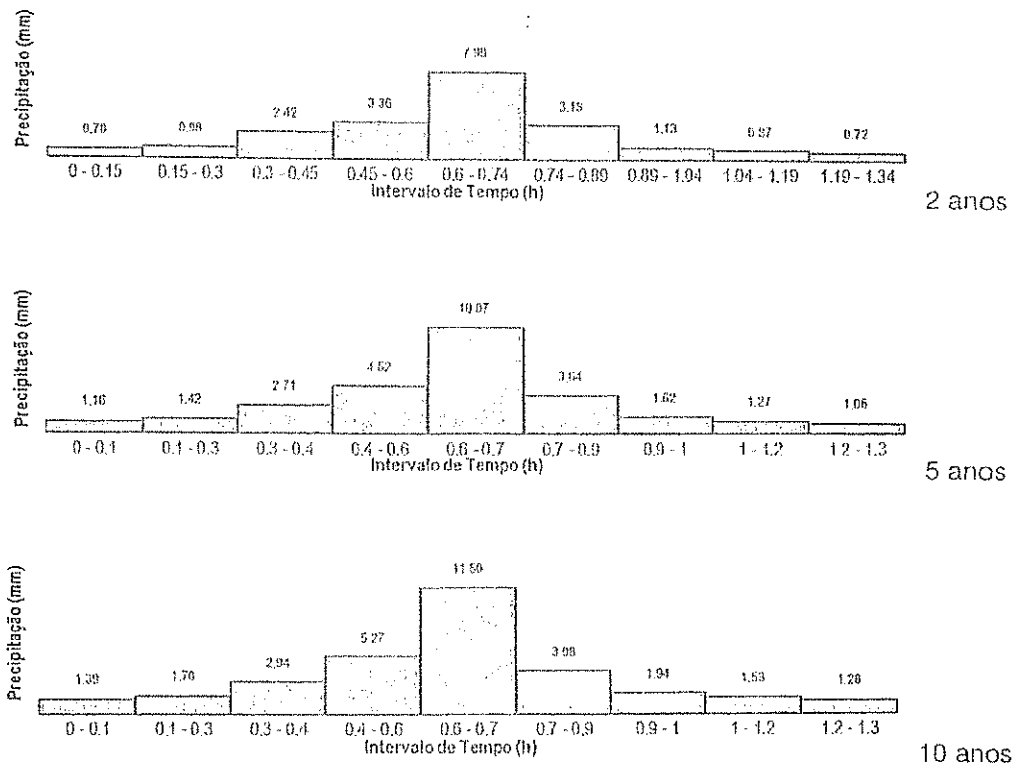
Para tal, adotou-se uma discretização temporal, Δt , de 9 min (o que para uma chuvada com

Docs
6/2/15
④

duração igual ao tempo de concentração [$\approx 1,3$ h], corresponde a 9 blocos) e uma disposição alternada dos blocos do hietograma que, de acordo com a literatura, corresponde à situação mais conservativa (ao hietograma de precipitação que gera um maior caudal de ponta). Note-se que a duração dos blocos deve ser suficientemente pequena por forma a permitir descrever com algum pormenor o hietograma, e assim possibilitar uma melhor estimativa dos hidrogramas de cheia.

Na Figura 4.2 e no

Quadro 4.7 apresentam-se, respetivamente, os hietogramas de precipitação alternados, para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos, e as correspondentes distribuições de valores da precipitação em cada bloco de 9 min.



2

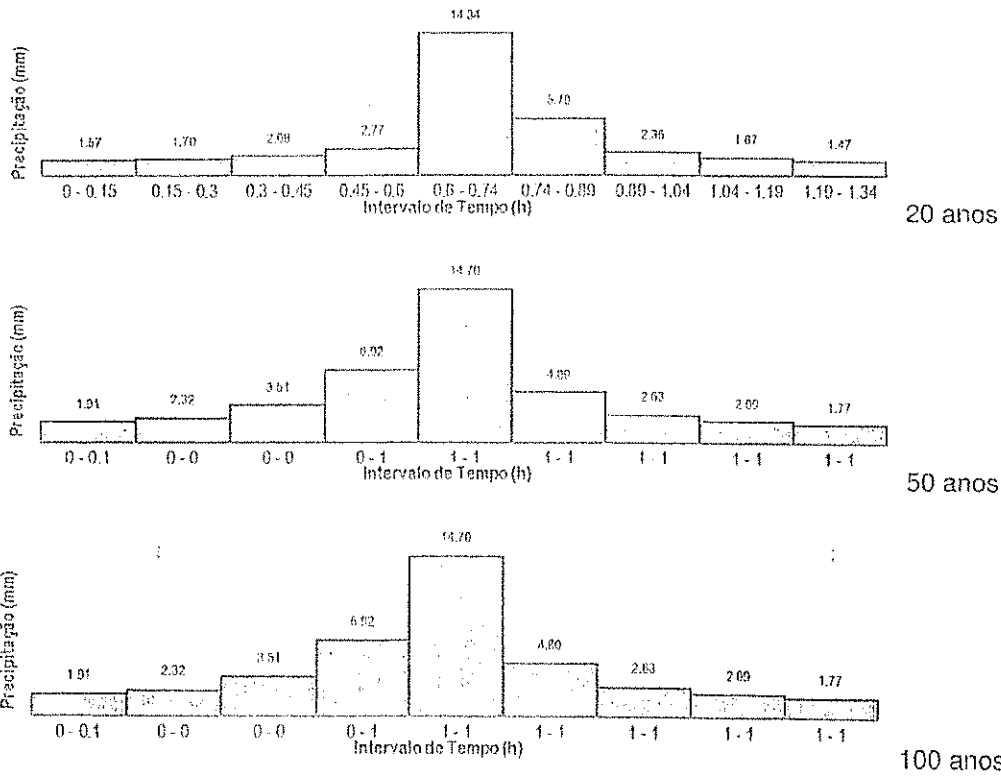


Figura 4.2] Histogramas de precipitação alternados. Períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos

Quadro 4.7] Precipitação por bloco para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos (9 blocos com durações de 9 min)

Blocos	Precipitação incremental [mm] <i>histograma alternado</i>					
	T [anos]					
	2	5	10	20	50	100
00h00 - 00h09	0,78	1,16	1,39	1,57	1,91	1,84
00h09 - 00h18	0,98	1,42	1,70	1,70	2,32	2,57
00h18 - 00h27	2,42	2,71	2,94	2,08	3,51	3,75
00h27 - 00h36	3,36	4,52	5,27	2,77	6,92	7,62
00h36 - 00h45	7,98	10,07	11,50	14,34	14,70	16,05
00h45 - 00h54	3,18	3,64	3,98	5,79	4,80	5,16
00h54 - 01h03	1,13	1,62	1,94	2,36	2,63	2,91
01h03 - 01h12	0,87	1,27	1,53	1,87	2,09	2,12
01h12 - 01h21	0,72	1,06	1,28	1,47	1,77	1,63

Dues
6/15
2

4.4 Caudais de ponta e hidrogramas de cheia

4.4.1 Fórmula Racional

A fórmula racional é traduzida pela expressão seguinte:

$$Q_p = CIA$$

sendo:

- C coeficiente de escoamento [-]
- I intensidade média da precipitação (considerando-se, no presente estudo durações da precipitação iguais aos tempos de concentração das bacias em análise) [m/s]
- A área da bacia [m²]

O coeficiente de escoamento (C) da fórmula racional foi considerado, no presente estudo, igual a $CN_{AMCIII}/100$, igualdade esta que se sabe não corresponder à realidade, uma vez que, atendendo à forma como estas variáveis se relacionam, se conclui que o coeficiente do escoamento da fórmula racional é usualmente inferior a este rácio. No entanto, devido à incerteza na quantificação exata deste parâmetro (C), assumiu-se uma estimativa por excesso do mesmo para se obterem caudais de cheia do lado da segurança. Assim, o coeficiente do escoamento utilizado na aplicação da fórmula Racional no caso da bacia em análise foi de 0,93. Os caudais de ponta de cheia associados aos períodos de retorno de 2, 5, 10, 50 e 100 anos, calculados por este método, encontram-se no Quadro 4.8.

Quadro 4.8] Caudais de ponta de cheia calculados pela Fórmula Racional
(T= 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos)

Ano	A [km ²]	t _c [min]	a	b	i [mm/h]	P [mm]	CN	C _{adopl} [-]	Q _p [m ³ /s]
2	5,11	80,4	359,15	-0,71	15,87	1,35	92,80	0,93	20,90
5			417,04	-0,67	22,55	1,92			29,70
10			461,54	-0,65	27,01	2,30			35,57
20			565,82	-0,62	31,36	2,67			41,31
50			565,82	-0,62	36,78	3,13			48,45
100			611,24	-0,62	40,97	3,49			53,97

4.4.2 Hidrogramas de cheia calculados com o HEC-HMS

Os hidrogramas de cheia e os correspondentes caudais de ponta de cheia foram obtidos com o software HEC-HMS, desenvolvido por USACE (1990), considerando os hidrogramas de projeto na aplicação do modelo do hidrograma unitário do SCS. A representação gráfica do modelo é apresentada na Figura 4.3.

Os parâmetros de entrada no modelo foram:

- i) número de escoamento (CN=93);
- ii) percentagem de área impermeabilizada na bacia (2%);
- iii) tempo de lag (t_{lag})² - é usual considerar que o tempo de lag corresponde a 60% do tempo de concentração da bacia hidrográfica, pelo que se adotou uma duração de 48 min para este parâmetro;
- iv) método de cálculo (Soil Conservation Service);
- v) condição de fronteira a jusante (bacia de amortecimento).

² consiste no intervalo de tempo entre os instantes temporais correspondentes ao centro de gravidade do hidrograma de precipitação efetiva uniforme (com duração D) e as caudal de ponta do hidrograma unitário.

Handwritten notes: "D. S. 60/11" and a circled "2".

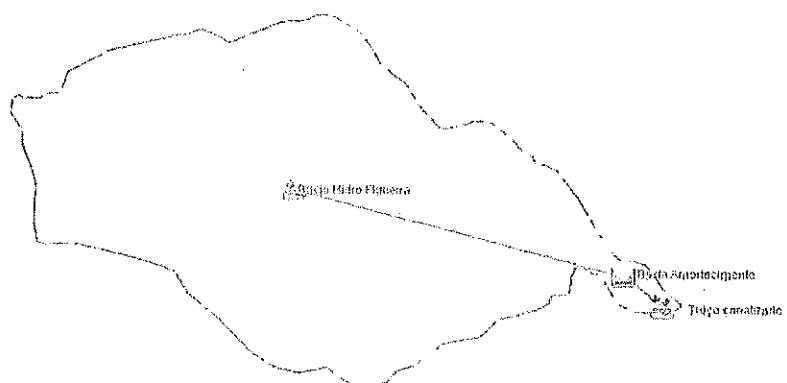


Figura 4.3] Representação gráfica da modelação do software HEC-HMS

Com base nesta metodologia obtiveram-se os valores de caudal de ponta de cheia para os períodos de retorno que constam do Quadro 4.9.

Quadro 4.9] Caudais de ponta calculados pelo método do *Soil Conservation Service* (T= 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos)

T [anos]	Q _p [m ³ /s]	V _{hidrograma} × 10 ³ [m ³]
2	12,6	58,9
5	17,7	83,9
10	21,3	101,5
20	23,9	112,2
50	29,6	142,6
100	33,2	160,3

Nos Quadros 4.8 e 4.9 apresentam-se os resultados obtidos através da fórmula racional e do método do Soil Conservation Service (software HEC-HMS), respetivamente. Conforme se pode observar, os caudais aferidos com o método da fórmula racional, são muito superiores (quase o dobro) aos obtidos por recurso ao método do SCS. É do conhecimento geral que a fórmula racional retorna estimativas por excesso, de forma que, para efeitos dos cálculos efetuados no presente estudo e cujos resultados se apresentam no capítulo 5, consideraram-se os caudais de ponta, assim como os volumes dos hidrogramas correspondentes, obtidos pelo método do Soil Conservation Service (Quadro 4.9 FIGURA).

4

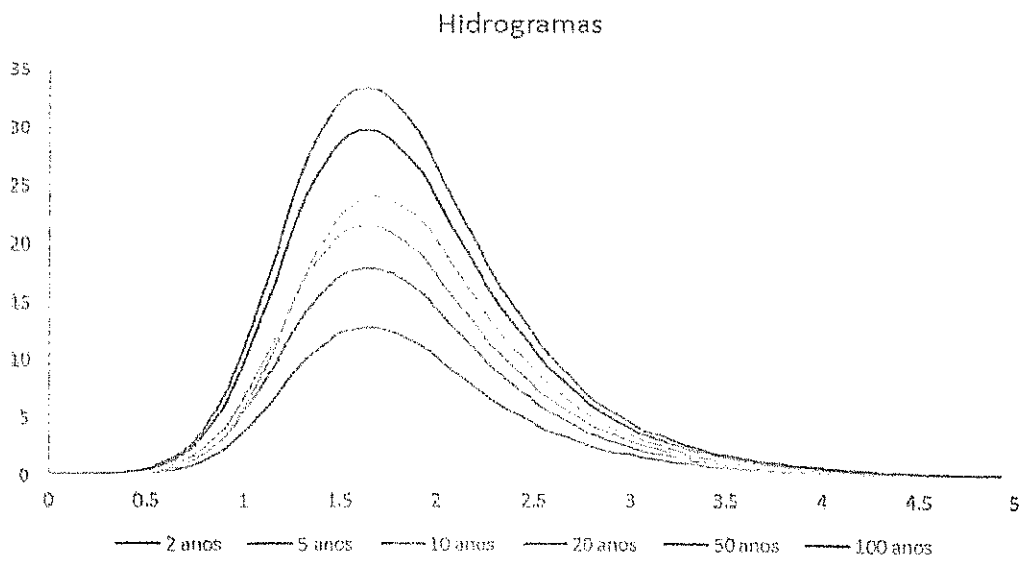


Figura 4.3] Hidrograma de cheia para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos.

⚡
DUCS
39/15
Ⓢ

5 SOLUÇÃO INTEGRADA DE DEFESA CONTRA CHEIAS

5.1 Enquadramento

O presente estudo tem como principais objetivos:

1. Avaliação da capacidade de transporte atual do troço a céu aberto da ribeira da Figueira desde a passagem hidráulica do muro até ao início do troço canalizado da ribeira, uma extensão total de 840m. A avaliação deste ponto é realizada tendo em conta a linha de água a montante da passagem hidráulica do aqueduto do arco. No qual se procede à avaliação das quatro passagens hidráulicas existentes para o período de retorno de 50 e 100 anos;
2. Restruturação das passagens hidráulicas da passagem hidráulica do muro e passagem hidráulica da estrada;
3. Definição das principais características das bacias de amortecimento a implementar na várzea da Figueira, nomeadamente: i) dos volumes de armazenamento necessários; ii) dos órgãos de entrada de caudal (descarregadores laterais a implementar na ribeira); e iii) do órgão de descarga;
4. Definição da regularização a efetuar no troço a céu aberto da ribeira da Figueira, nomeadamente, definição da geometria e do revestimento, considerando os seguintes pressupostos:
 - 4.1. Até à secção de descarga para a bacia de amortecimento deve ser capaz de transportar o caudal de cheia com período de retorno de 100 anos em condições de segurança;
 - 4.2. Desta secção até à secção de entrada no troço canalizado deve ser capaz de transportar o caudal de cheia com período de retorno de 10 anos em condições de segurança;
 - 4.3. Manter a inclinação do leito e a cota do rasto da ribeira regularizada à entrada do troço coberto, definida como (4.04));
5. Dimensionar as valas de drenagem que encaminham o escoamento proveniente das

4

descargas pluviais e dos descarregadores da ribeira;

Doc
38/15
(C)

5.2 Ribeira da Figueira não regularizada. Avaliação da capacidade de transporte a montante do aqueduto do arco

A caracterização da linha de água atual foi realizada tendo como base o levantamento topográfico realizado para o efeito. Para a simulação da linha de água da ribeira da Figueira foi utilizado o software HEC-RAS 5.0.1 (desenvolvido pela *US Army Corps of Engineers*).

Para a realização da simulação numérica, a qual avalia a capacidade de transporte atual do troço a céu aberto da ribeira da Figueira, caracterizou-se a linha de água em 20 perfis transversais (Figura 5.22). Para garantir a continuidade da simulação criaram-se perfis intermédios através de interpolação linear com espaçamento mínimo de 10m entre si.

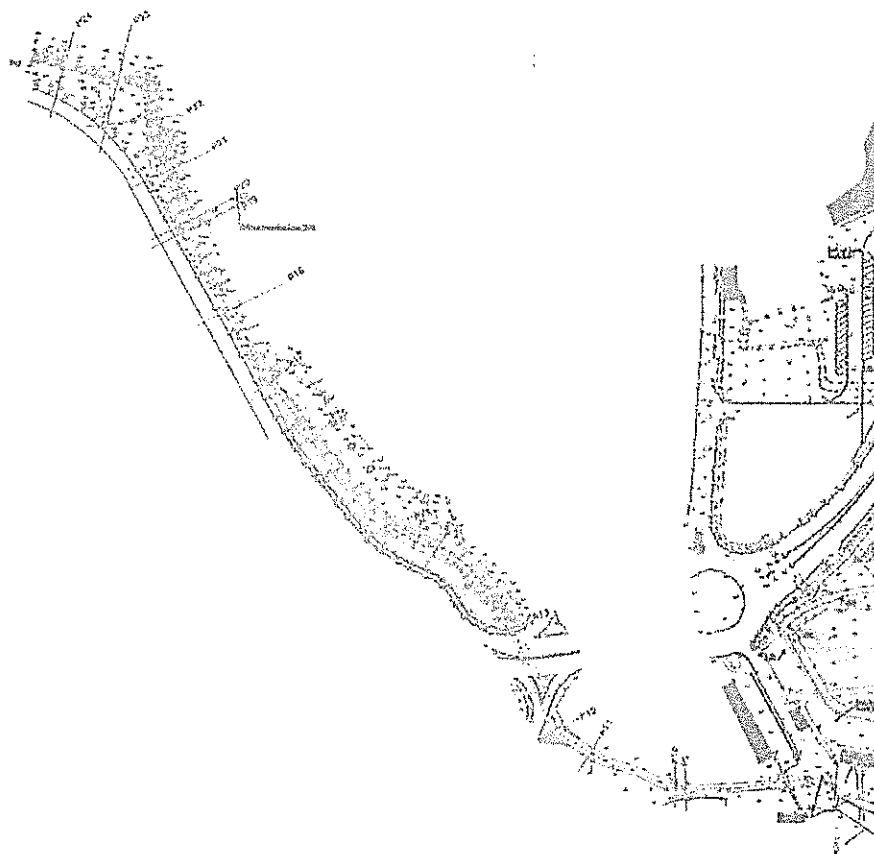


Figura 5.1| Localização geográfica dos 20 perfis que caracterizam a linha de água da ribeira da Figueira.

4

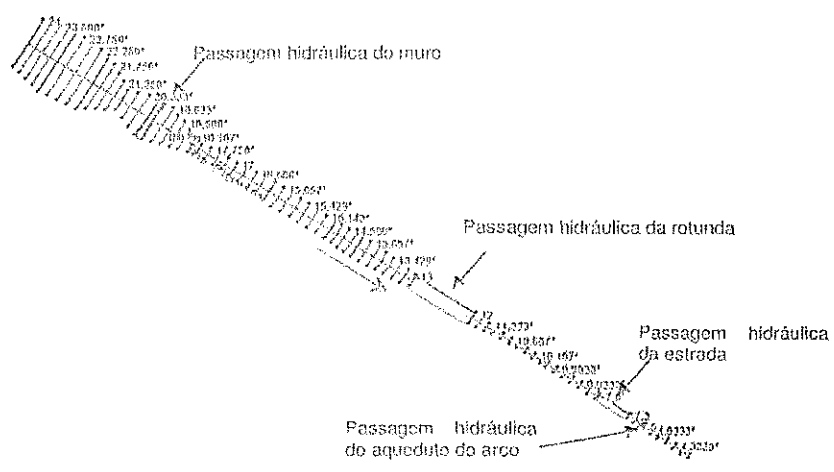


Figura 5.2| Modelo da ribeira com os perfis e passagens hidráulicas ;

Na simulação foram incluídas as várias passagens hidráulicas existentes ao longo da linha de água. As geometrias consideradas foram as indicadas no

Quadro 5.1| Geometrias consideradas para as 4 passagens hidráulicas.

	Geometria	Constituição	Largura (m)	Altura máxima (m)	Comprimento (m)
Passagem hidráulica do muro	Arco	Argamassa	3,50	1,70	3,80
Passagem hidráulica da rotunda	Retangular	Argamassa	4,60	1,80	52,34
Passagem hidráulica da estrada	Arco*	Argamassa	3,70	1,25	25,90
Passagem hidráulica do aqueduto do arco	Arco	Alvenaria	3,29	1,80	0,70

*a passagem hidráulica do arco é constituída por três secções distintas, para a simulação foi considerada a geometria mais desfavorável.

Docs
37/10
C

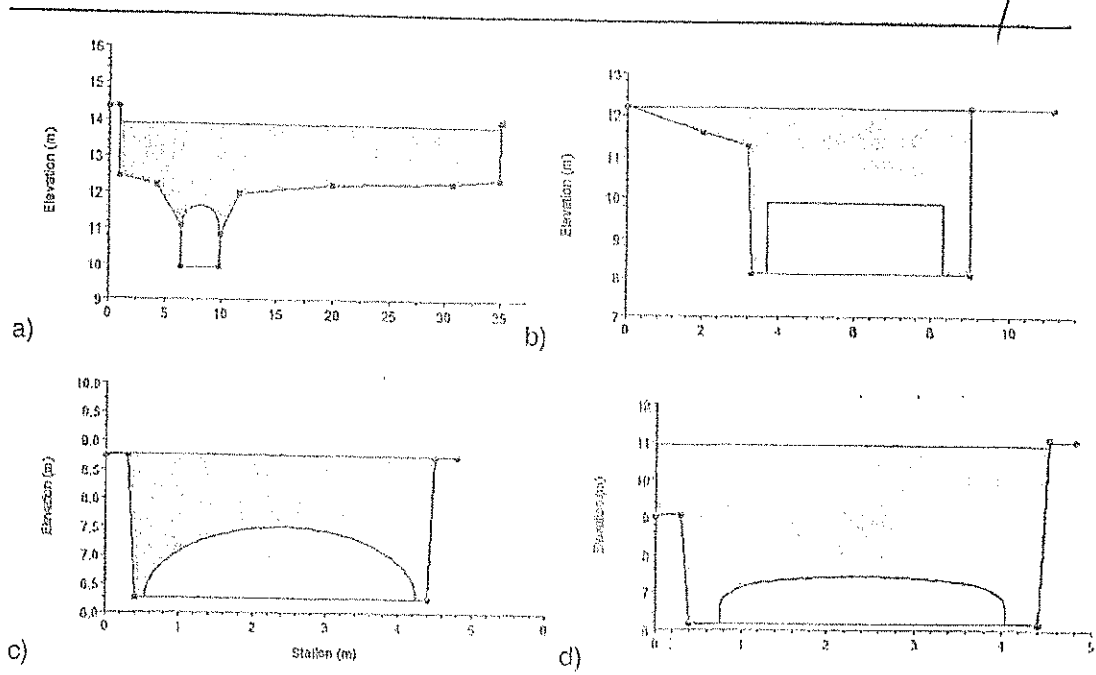


Figura 5.3| Passagens hidráulicas consideradas na simulação a) passagem hidráulica do muro, b) passagem hidráulica da rotunda, c) passagem hidráulica da estrada, d) passagem hidráulica do aqueduto do arco. Na simulação considerou-se como condição de fronteira de montante o hidrograma de 100 anos, cujo caudal de pico (caudal de dimensionamento) é de 33,20 m³/s e como condição de fronteira a jusante o declive entre a última seção da simulação e a entrada do troço canalizado.

A escolha da rugosidade do leito de linhas de água, concretizadas por coeficientes de rugosidade, é delicada. Estes coeficientes têm de englobar a rugosidade dos terrenos inundáveis bem como a rugosidade de forma da linha de água e as perdas de carga locais. Em Chow (1981) é possível consultar 24 fotografias de canais típicos, naturais e artificiais, apresentando os canais não naturais valores do coeficiente de Manning-Strickler (K_s) que variam entre 6,7 m^{1/3}/s e 33,3 m^{1/3}/s.

Assim, para a simulação do escoamento, a consulta da literatura e a ponderação da influência da rugosidade de fundo, do material dos taludes, conduziu a um valor para o coeficiente de Manning-Strickler (K_s) para cada troço da linha de água indicado no Quadro 5.2.

Quadro 5.2| Material que constitui a linha de água a jusante das Passagens hidráulicas

Designação	Natureza da linha de água	K_s	n
Passagem hidráulica do muro	Canal com fundo terra e taludes laterais de pedra (condições conservação má)	28.6	0,035
Passagem hidráulica da rotunda	Canal revestido em argamassa (condições conservação boa)	71.4	0,014
Passagem hidráulica da estrada	Canal revestido em argamassa (condições conservação boa)	71.4	0,014
Passagem hidráulica do aqueduto do arco	Canal com fundo terra e taludes laterais de pedra (condições conservação boa)	33.3	0,030

Para as passagens hidráulicas o coeficiente de Manning-Strickler (K_s) foi o apresentado no Quadro 5.3.

Quadro 5.3| Geometrias consideradas para as 4 passagens hidráulicas.

Designação	Natureza da passagem hidráulica	K_s	n
Passagem hidráulica do muro, rotunda e estrada	Revestida a argamassa	83.3	0,012
Passagem hidráulica do aqueduto do arco	Avenaria em pedra e argamassa (condições conservação má)	33.3	0,030

Nas Figuras 5.4 e 5.5 apresentam-se o perfil longitudinal da ribeira com a representação da elevação da superfície livre para o hidrograma de 100 anos cujo caudal de pico é de $33,2 \text{ m}^3/\text{s}$.

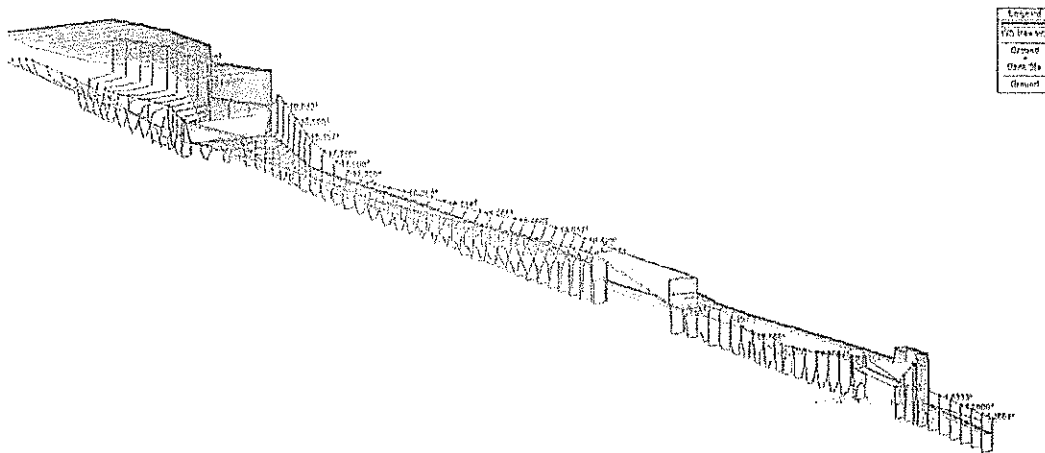


Figura 5.4| Perspetiva da linha de água da ribeira da Figueira atual e a elevação da superfície livre ($Q_{100\text{anos}} = 33,20 \text{ m}^3/\text{s}$)

12004
36/15
Ⓞ

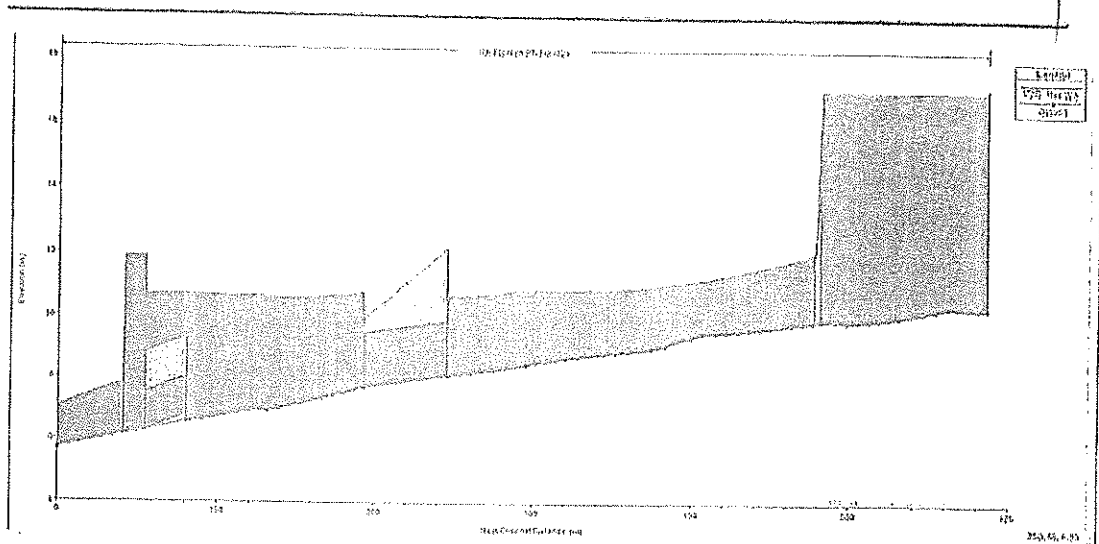


Figura 5.5] Elevação máxima da superfície livre da linha de água da ribeira da Figueira atual em perfil longitudinal
($Q_{100anos} = 33,20 \text{ m}^3/\text{s}$)

Para o período de retorno de 100 anos apresentam-se, nas Figuras 5.6 a 5.9, os resultados das simulações efetuadas, nomeadamente a elevação da superfície do escoamento da cheia centenária em cada secção de cálculo da ribeira e a velocidade máxima em cada secção.

4

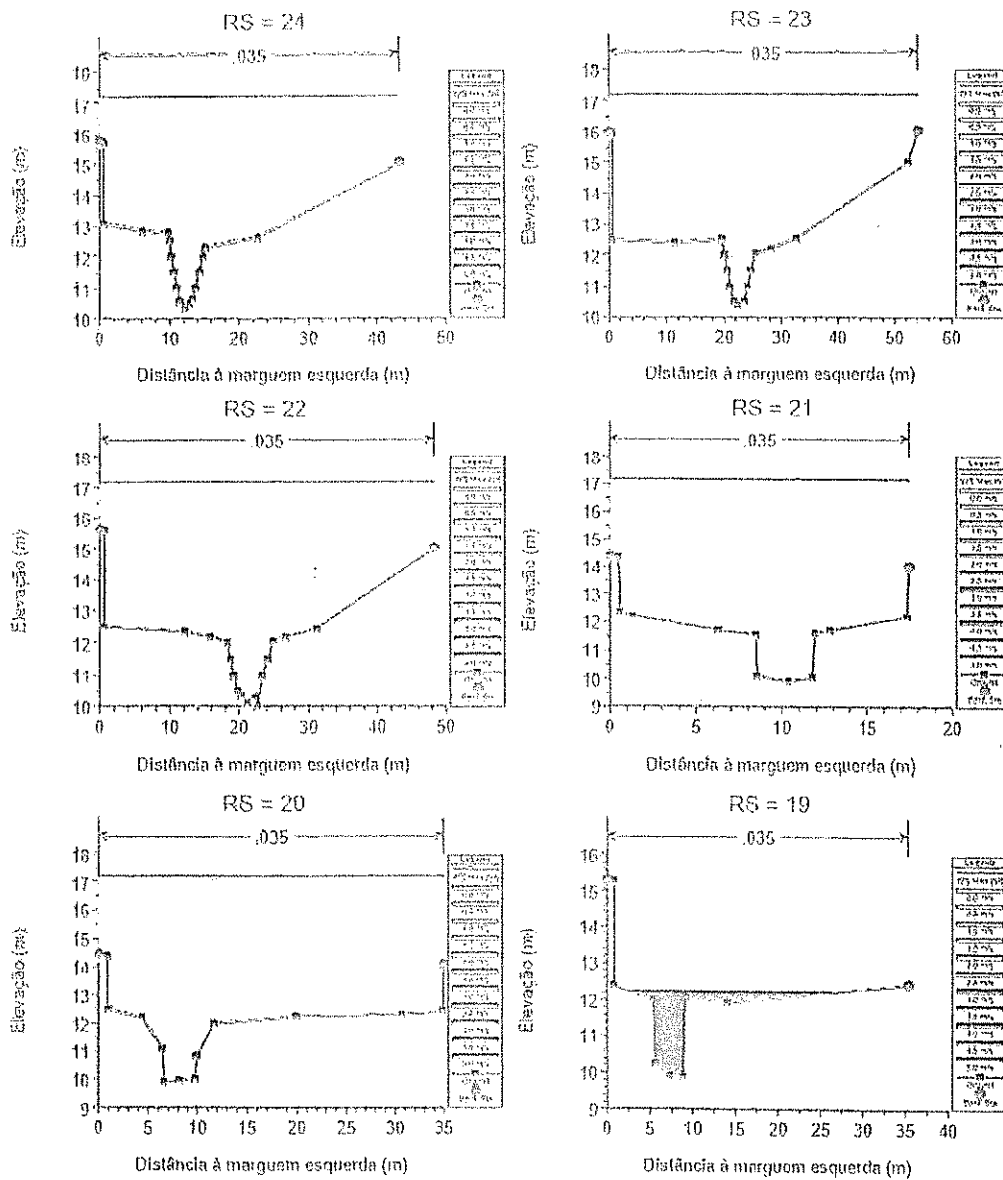


Figura 5.6] Elevação da superfície livre na ribeira atual. Secções 24 a 19 ($Q_{100\text{anos}} = 33,20 \text{ m}^3/\text{s}$)

12x5
35 AS
(10)

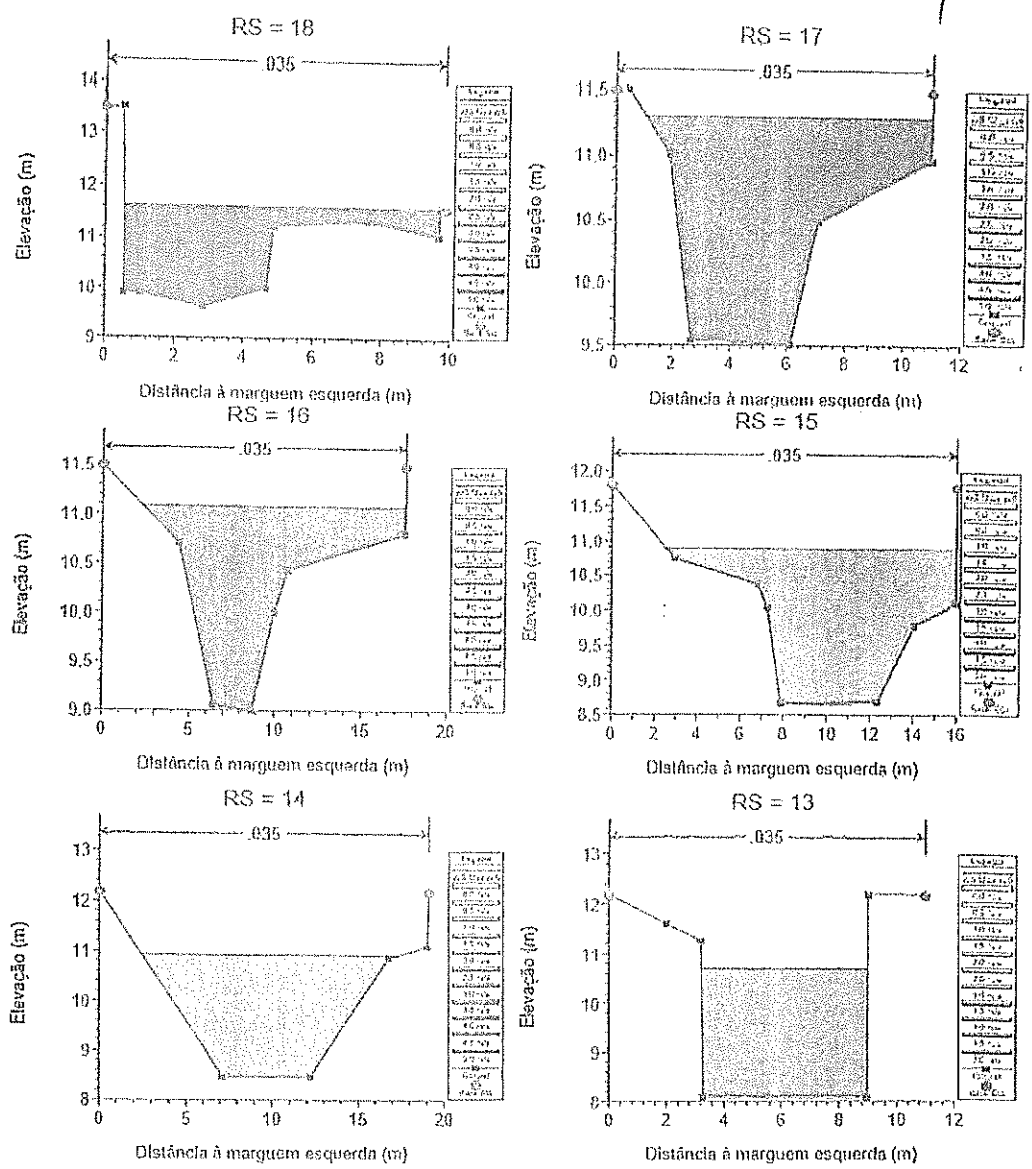


Figura 5.7| Elevação da superfície livre na ribeira atual. Secções 18 a 13 ($Q_{100anos} = 33,20 \text{ m}^3/\text{s}$)

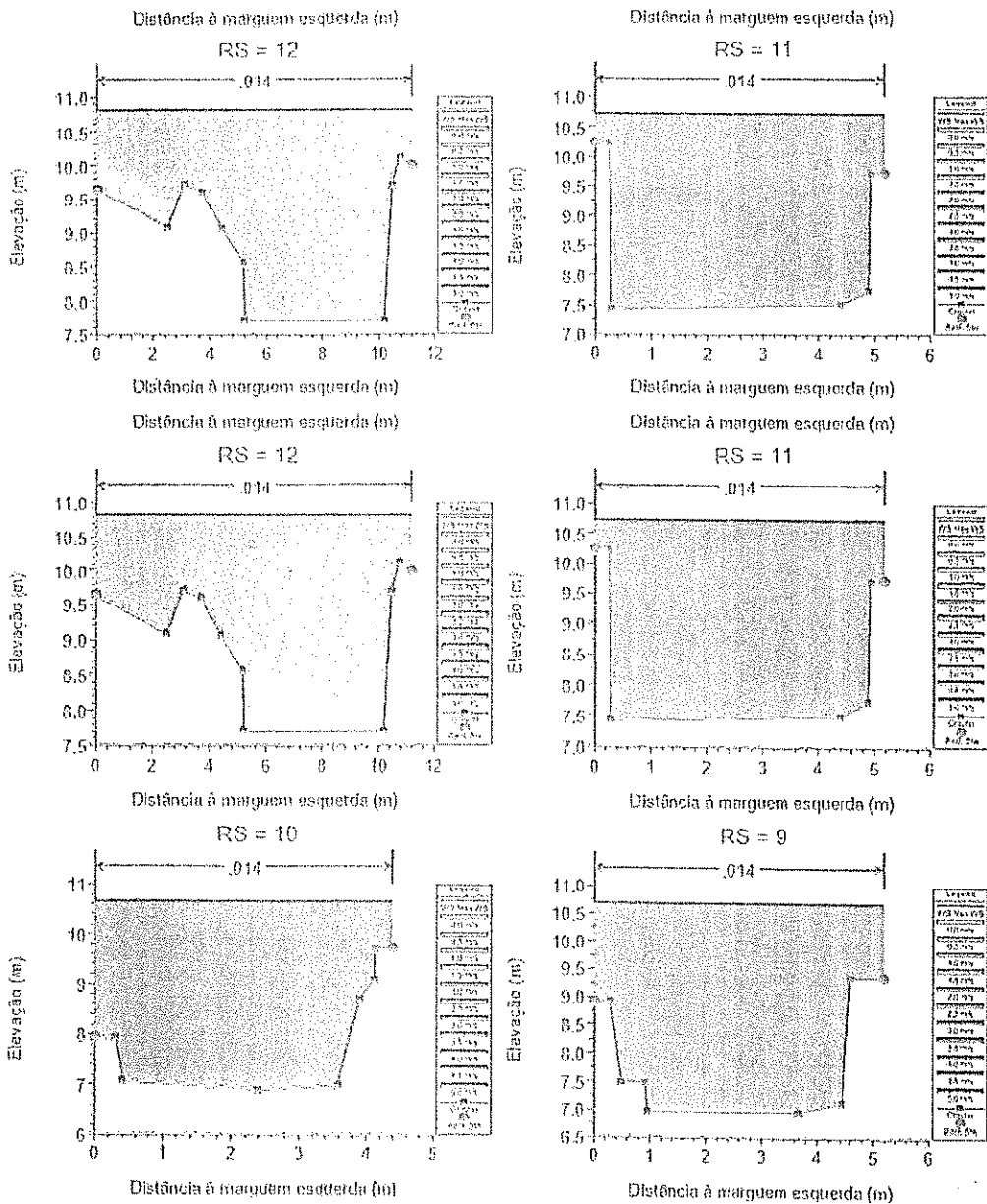


Figura 5.8] Elevação da superfície livre na ribeira atual. Secções 12 a 9 ($Q_{100anos} = 33,20 \text{ m}^3/\text{s}$)

Doc
36/15
②

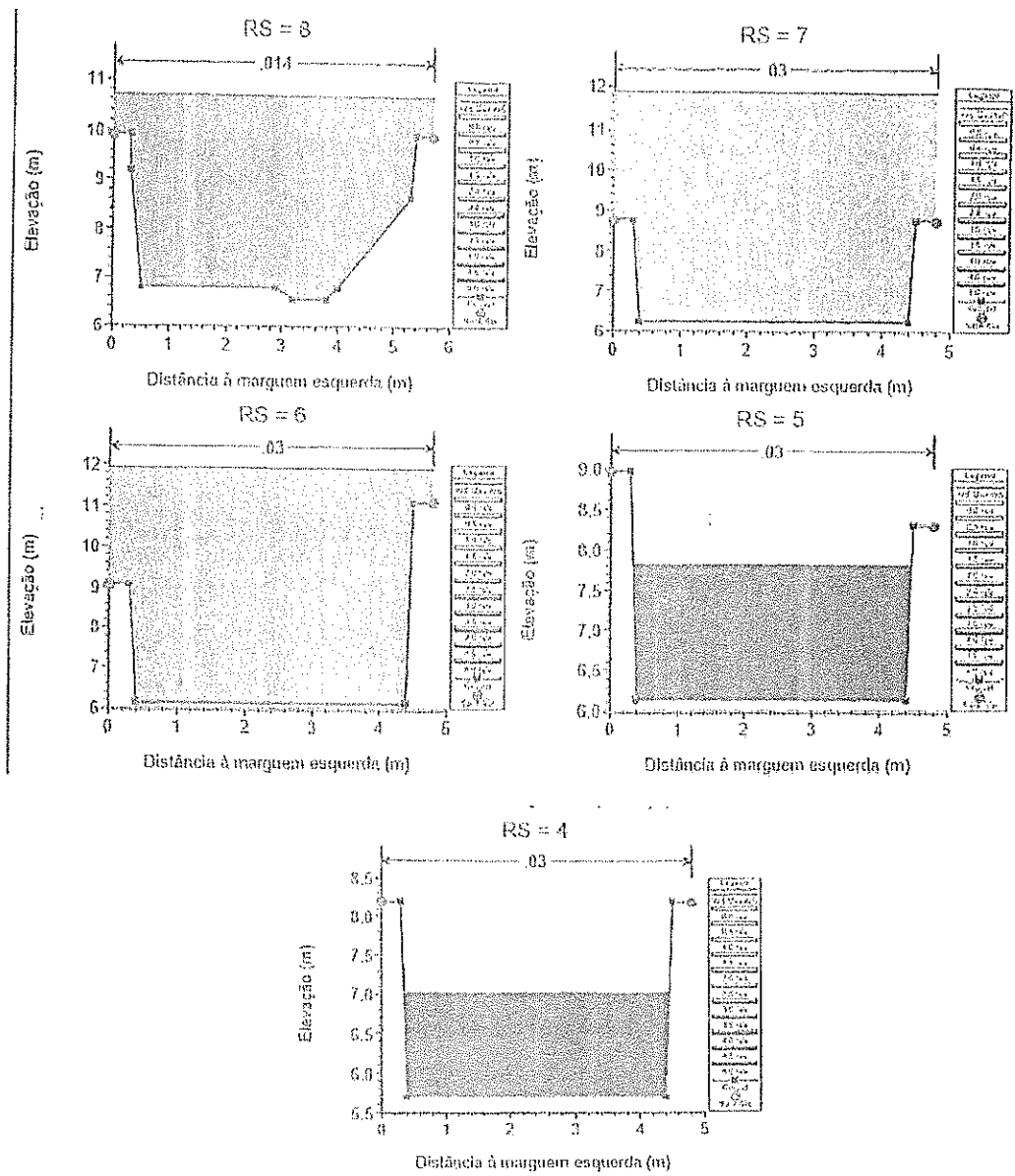


Figura 5.9| Elevação da superfície livre na ribeira atual. Secções 8 a 4 ($Q_{100anos} = 33,20 \text{ m}^3/\text{s}$)

A linha de água transborda inicialmente na seção de montante da passagem hidráulica da estrada, galga de seguida a montante da passagem hidráulica do aqueduto do arco e depois a montante da passagem hidráulica do muro.

O resultado da simulação encontra-se resumido no quadro 5.4.

Quadro 5.4| Condições do escoamento da cheia centenária na ribeira atual ($Q_{100anos} = 33,20 \text{ m}^3/\text{s}$)

Perfil	Q_{total} [m ³ /s]	$V_{média}$ [m/s]
24	33,2	0,79
23	31,2	0,83
22	28,85	0,77
21	27,8	0,67
20	27,36	0,70
19	27,34	1,39
18	27,32	1,54
17	27,31	1,51
16	27,28	1,11
15	27,18	1,13
14	27,16	1,00
13	27,12	1,17
12	27,12	1,70
11	27,11	2,50
10	27,09	1,57
9	27,09	1,71
8	27,07	1,09
7	27,07	1,04
6	27,06	0,93
5	27,06	2,14
4	27,06	3,62

Verifica-se que neste troço o caudal de ponta é amortecido, passando de $33.2 \text{ m}^3/\text{s}$ para $27.06 \text{ m}^3/\text{s}$. Isto deve-se aos galgamentos que ocorrem neste troço.

No Quadro 5.5 apresenta-se o caudal a partir do qual é galgada a ribeira a montante de cada passagem hidráulica referida.

Quadro 5.5| Caudais de galgamento nas passagens hidráulicas.

	Secção	Caudal de galgamento (m ³ /s)
Passagem hidráulica do aqueduto do arco	6	14,90
Passagem hidráulica da estrada	8	15,05
Passagem hidráulica do muro	20	23,63

12005
33413
9

Os caudais a transportar levam à inundação das zonas adjacentes à ribeira, mesmo para períodos de retorno relativamente reduzidos ($T = 5$ anos $\rightarrow Q = 17.7 \text{ m}^3/\text{s}$). Prova-se desta forma a necessidade de encontrar uma solução de forma a que não exista transbordo dos taludes laterais.

Note-se que o arco existente não é alterado, mas o rasto da ribeira será regularizado de acordo com o perfil longitudinal.

5.3 Regularização do troço a céu aberto da ribeira da Figueira. Avaliação da capacidade de transporte a montante do aqueduto do arco

A regularização da ribeira da Figueira consiste na definição de condições que permitam o escoamento do caudal de projeto sem que as margens da ribeira sejam galgadas.

Optou-se por manter a linha de água com a geometria existente, até à passagem hidráulica da estrada, uma vez que a ribeira existente permite o escoamento do caudal de projeto. A partir da passagem hidráulica da estrada existe a necessidade de regularizar o leito da ribeira de forma a garantir o escoamento da cheia centenária.

As seções limitantes do escoamento na ribeira são as passagens hidráulicas. Para a solução preconizada reformularam-se as passagens hidráulicas do muro e da estrada. De forma a garantir o escoamento as passagens hidráulicas consideradas foram as indicadas no Quadro 5.6 e Figura 5.10.

Quadro 5.6] Características das passagens hidráulicas.

	Geometria	Constituição	Largura (m)	Altura máxima (m)	Comprimento (m)
Passagem hidráulica do muro	Retangular	Betão	3,80	1,90	3,80
Passagem hidráulica da rotunda	Retangular	Betão	4,60	1,80	52,34
Passagem hidráulica da estrada	Retangular	Betão	5,70	1,75	25,90
Passagem hidráulica do aqueduto do arco	Arco	Alvenaria	3,80	1,96	0,70

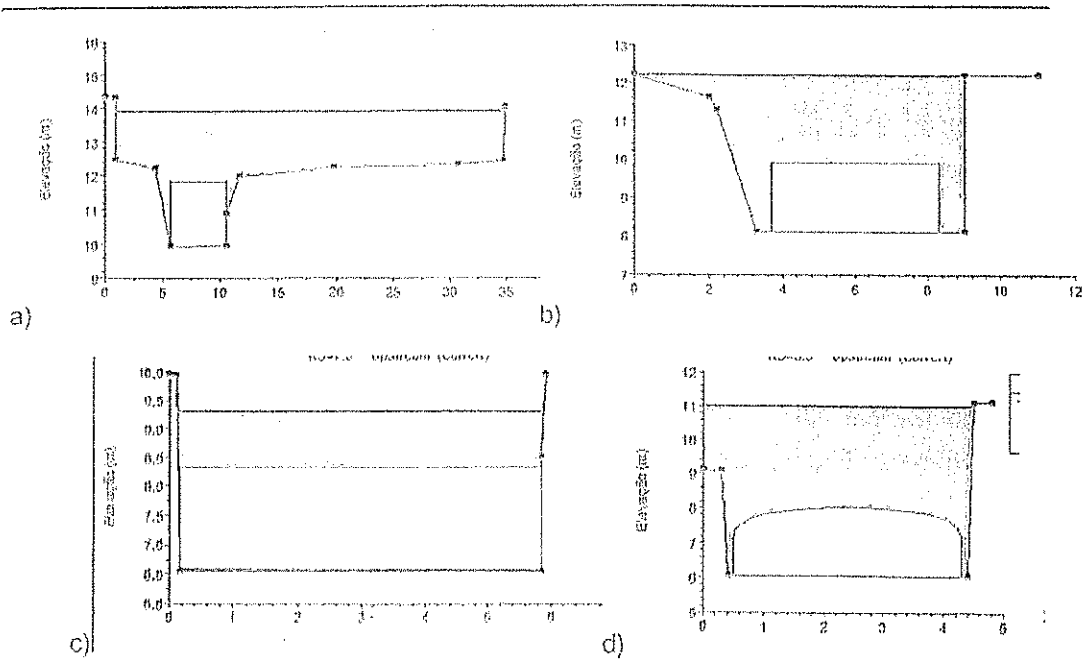


Figura 5.10| Passagens hidráulicas consideradas na simulação da ribeira regularizada a) passagem hidráulica do muro, b) passagem hidráulica da rotunda, c) passagem hidráulica da estrada, d) passagem hidráulica do aqueduto do arco

Existiu ainda a necessidade de colocar uma conduta entre a passagem hidráulica da estrada e a passagem hidráulica do aqueduto do arco, esse desvio irá permitir transferir um determinado caudal (que varia consoante a carga na linha de água, Quadro 5.9) para a rede de drenagem da cidade. A conduta da rede de drenagem da cidade que irá ser solicitada é a que irá ser desativada no interior da passagem hidráulica da estrada (Figura 3.13 ou 3.14 d)). A Figura 5.11 representa a implantação da conduta na linha de água da Figueira.

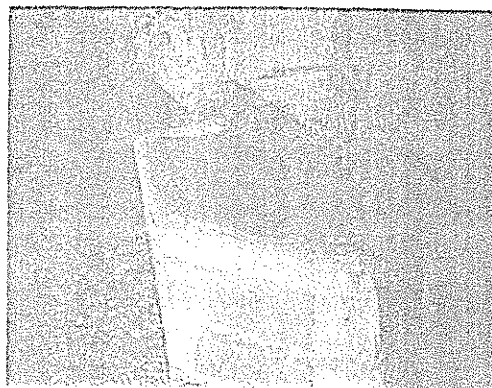


Figura 5.11| Implantação da conduta na linha de água da Figueira.

4

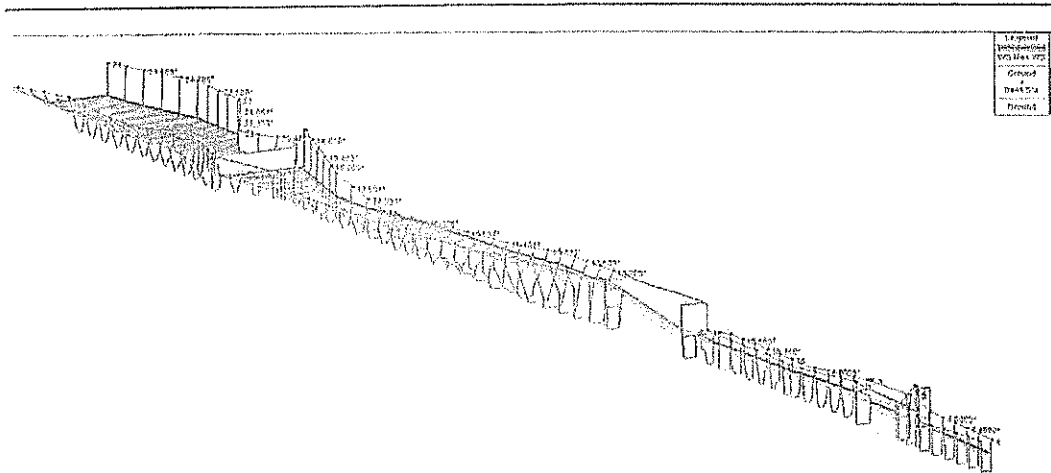


Figura 5.13| Perspetiva da linha de água da ribeira da Figueira futura e a elevação da superfície livre (Q100anos = 33,20 m³/s).

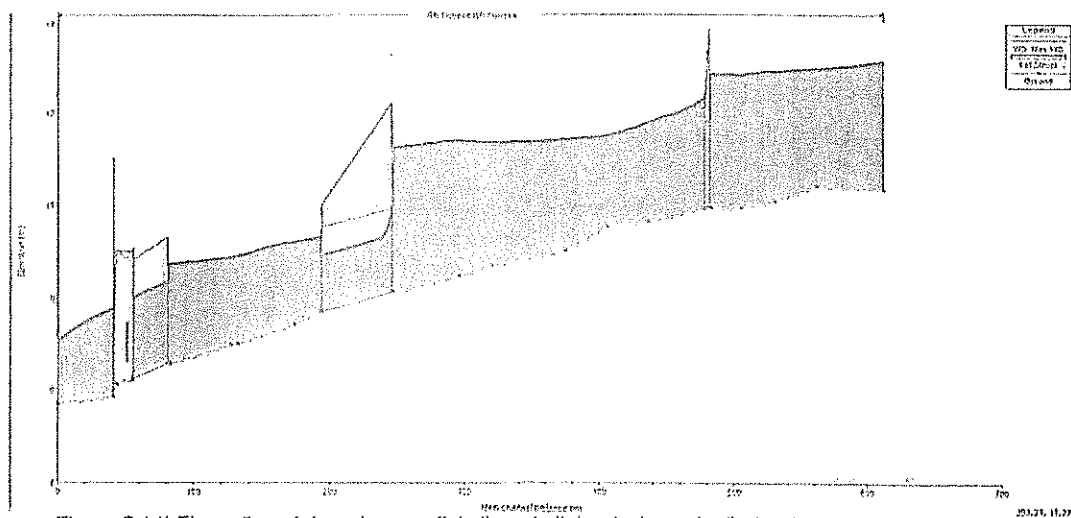


Figura 5.14| Elevação máxima da superfície livre da linha de água da ribeira da Figueira futura em perfil longitudinal (Q_{100anos} = 33,20 m³/s)

5
12/05/15
33/15
②

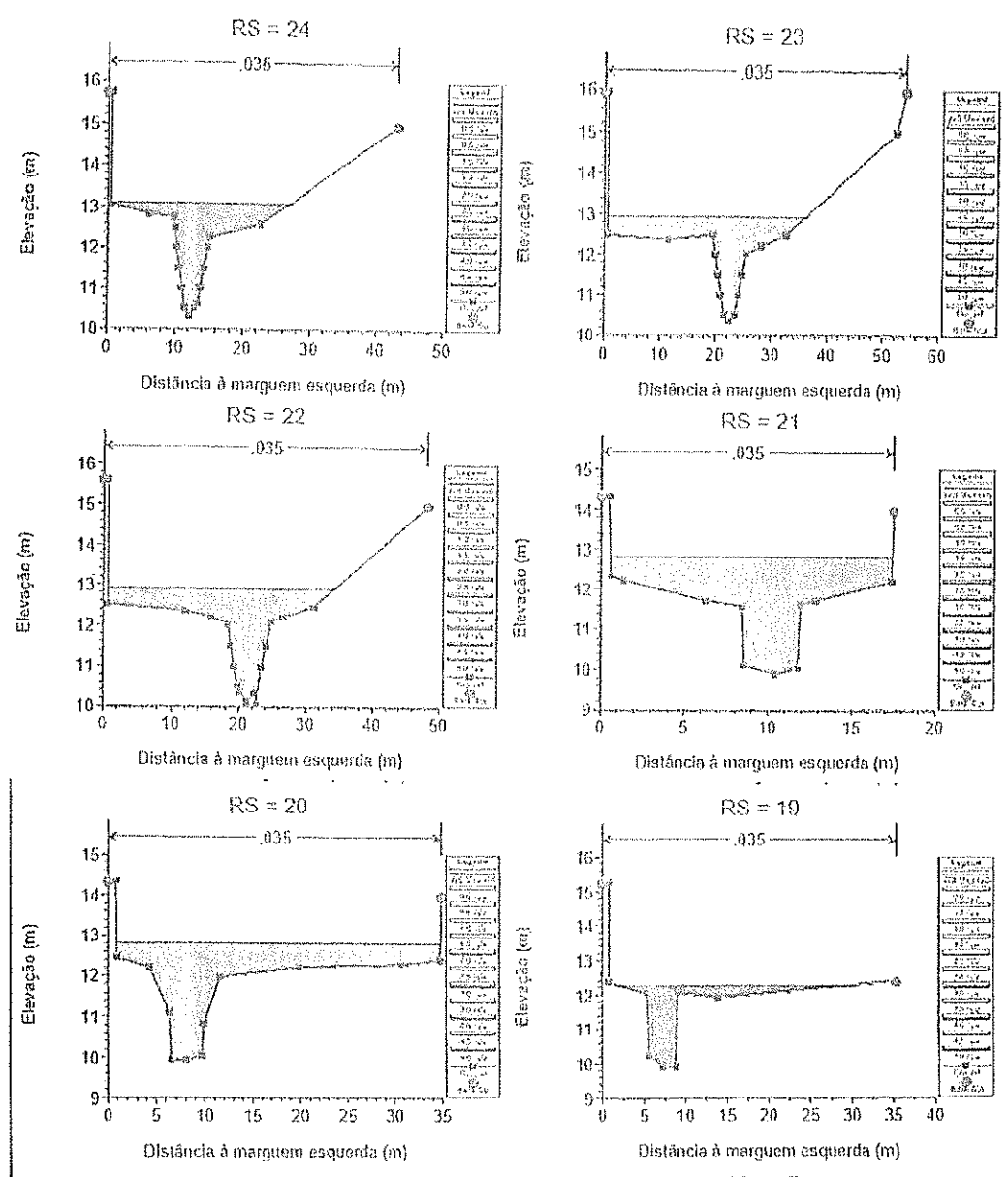


Figura 5.15| Elevação da superfície livro na ribeira futura. Secções 24 a 19 (Q100anos = 33,20 m3/s)

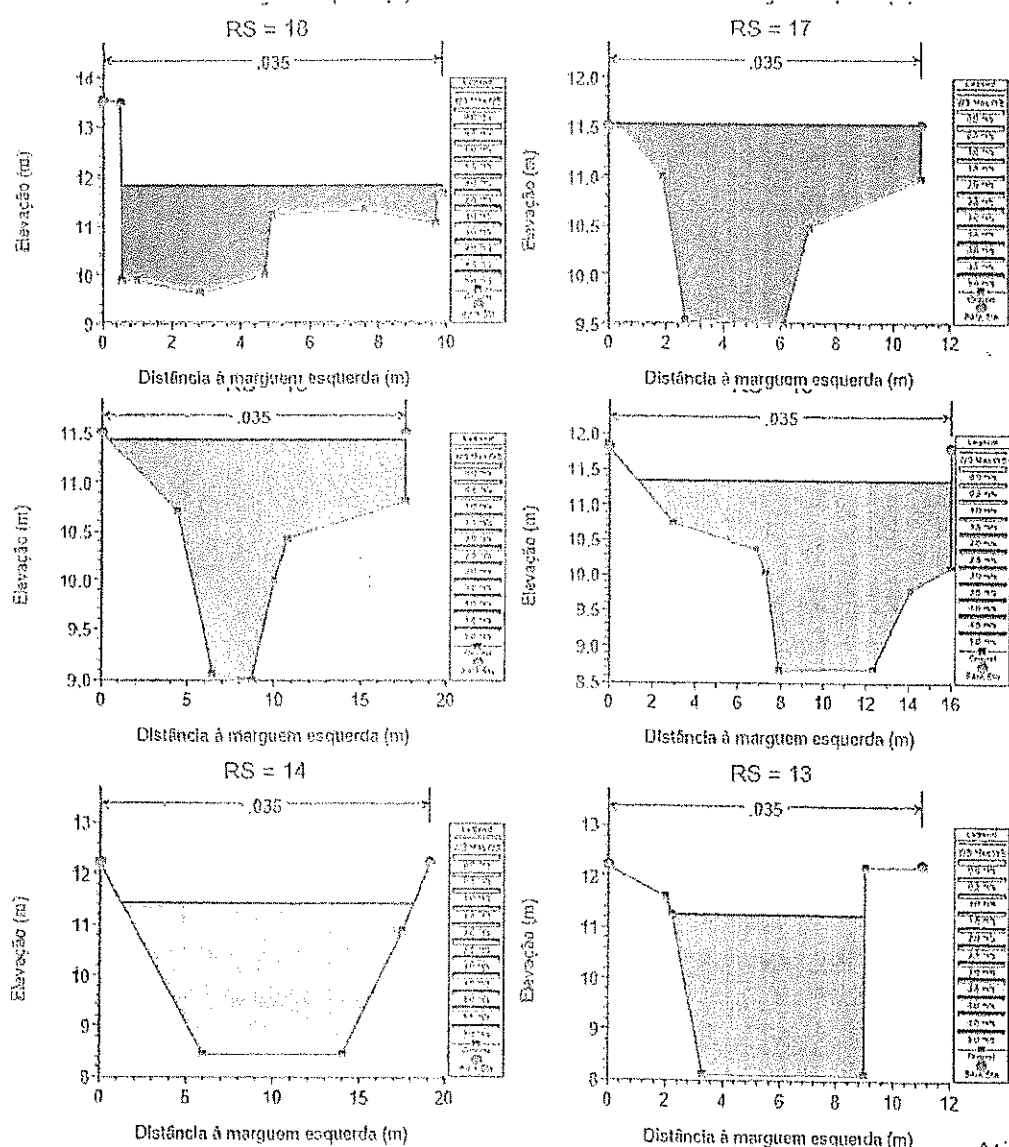


Figura 5.16| Elevação da superfície livre na ribeira futura, Secções 20 a 13 (Q100anos = 33,20 m³/s)

Ati

✓ OK
 30/15
 (w)

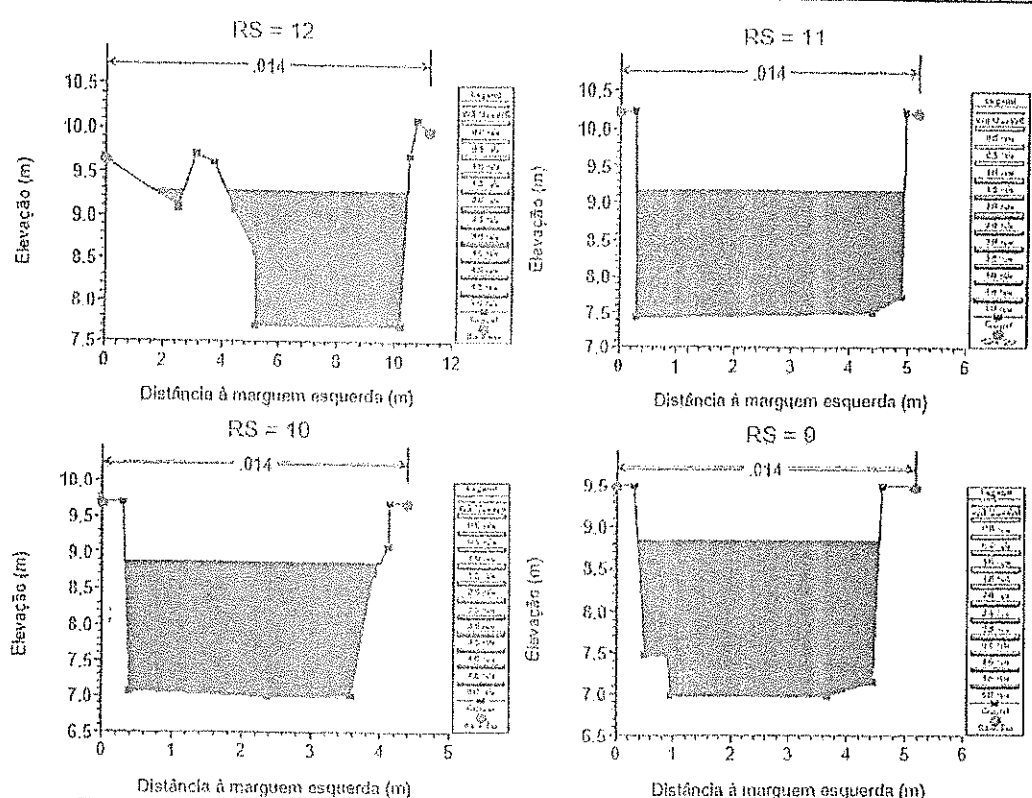


Figura 5.17| Elevação da superfície livre na ribeira futura. Secções 12 a 9 (Q100anos = 33,20 m3/s)

4

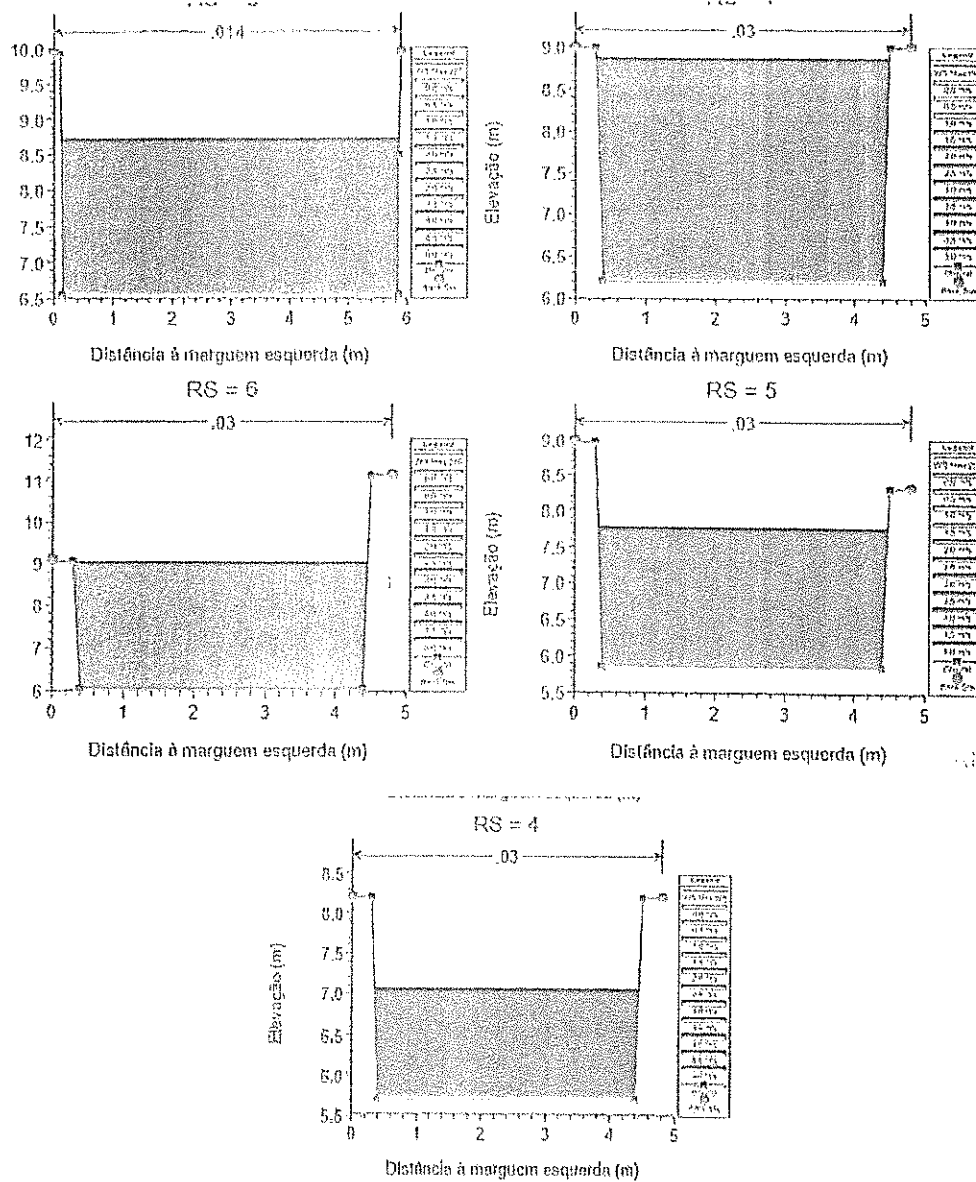


Figura 5.18| Elevação da superfície livre na ribeira futura. Secções 8 a 4 (Q100anos = 33,20 m³/s)

O resultado da simulação do caudal de projeto encontra-se resumido no Quadro 5.8.

10065
29/10
@

Quadro 5.8| Resultados da simulação da cheia centenária.

Perfil	Q _{total} [m ³ /s]	Z _{fundo} [m]	Z _{superfície} [m]	Z _{topo} [m]	H _{água} [m]	Folga [m]	V _{média} [m/s]
24	33,20	10,32	13,14	15,00	2,82	1,86	1,04
23	33,06	10,38	12,98	15,82	2,60	2,84	1,57
22	32,91	10,05	12,92	15,00	2,87	2,08	1,13
21	32,79	9,90	12,83	14,00	2,93	1,17	1,02
20	32,69	9,92	12,84	14,00	2,92	1,16	1,12
19	32,68	9,88	12,30	12,41	2,42	0,11	1,37
18	32,63	9,61	11,79	11,60	2,18	-0,19	1,54
17	32,59	9,50	11,52	11,50	2,02	-0,02	1,50
16	32,53	9,00	11,43	11,50	2,43	0,07	1,07
15	32,42	8,67	11,35	11,80	2,68	0,45	1,28
14	32,36	8,45	11,38	12,20	2,93	0,82	0,83
13	32,29	8,11	11,23	12,20	3,12	0,97	1,16
12	32,29	7,70	9,29	9,71	1,59	0,42	2,35
11	32,28	7,43	9,19	9,71	1,76	0,52	2,85
10	32,27	6,90	8,89	9,70	1,99	0,81	2,94
9	32,27	6,97	8,87	8,91	1,90	0,04	2,76
8	32,26	6,56	8,72	9,93	2,16	1,21	1,38
7	32,26	6,25	8,80	8,76	2,55	-0,04	2,01
6	27,57	6,16	9,00	9,06	2,84	0,06	1,32
5	27,57	6,15	7,21	8,31	1,06	1,10	2,77
4	27,57	5,70	6,61	8,20	0,91	1,59	5,72

Nas Figura 5.19 a Figura 5.21 apresentam-se os hidrogramas de cheia para os vários períodos de retorno a jusante de cada passagem hidráulica. No Quadro 5.9 encontra-se o resumo dos caudais de pico. O resultado da simulação está em anexo.

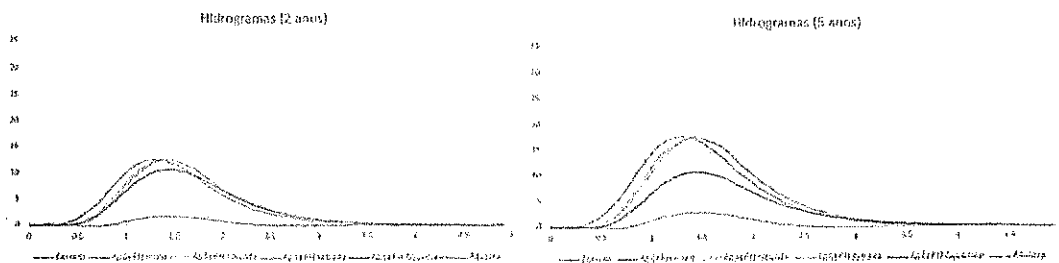


Figura 5.19| Hidrogramas nas diversas P.H's para os períodos de retorno de 2 e 5 anos.

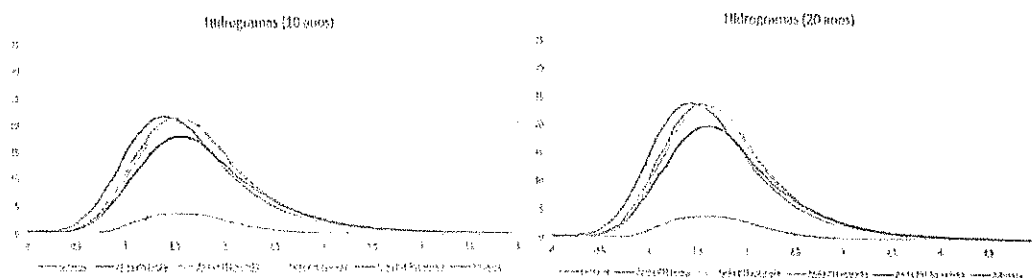


Figura 5.20| Hidrogramas nas diversas PH's para os períodos de retorno de 10 e 20 anos.

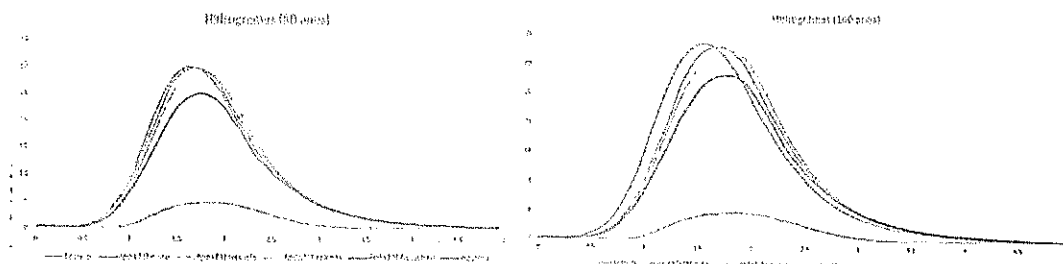


Figura 5.21| Hidrogramas nas diversas PH's para os períodos de retorno de 50 e 100 anos.

Quadro 5.9| Caudais máximos para os vários períodos de retorno.

Período de retorno (anos)	Q máximo (m³/s)					
	Entrada	Após PH muro	Após PH rotunda	Após PH estrada	Após PH Aqueduto	Conduto
2	12,6	12,58	12,5	12,48	10,65	1,82
5	17,7	17,75	17,53	17,49	14,65	2,84
10	21,3	21,16	20,97	20,95	17,61	3,34
20	23,9	23,72	23,45	23,41	19,73	3,66
50	29,6	29,37	29,05	29,04	24,69	4,65
100	33,2	32,9	32,34	32,31	27,96	4,65

As passagens hidráulicas definidas permitem a passagem do caudal centenário contudo é necessário verificar a necessidade de adotar medidas de proteções à entrada e à saída das passagens hidráulicas.

De uma maneira geral, a adoção de proteções à saída de passagens hidráulicas rege-se pelos seguintes critérios:

- $v_{saída} < 0,5 \text{ m/s}$ não é necessário proteger;
- $0,5 < v_{saída} < 2,5 \text{ m/s}$ é necessário adotar uma proteção de enrocamento;
- $v_{saída} > 2,5 \text{ m/s}$ é necessário adotar uma proteção do tipo colchões

↑
DUCS
28/10
Ⓜ

reno ou gabiões.

Quanto à adoção de proteções no terreno à entrada da passagem hidráulica, considerou-se necessário proceder a este tipo de proteção caso se verifique:

- $Q_{T=50 \text{ anos}} > 1,00 \text{ m}^3/\text{s}$; e
- $V_{\text{entrada}} > 1,5 \text{ m/s}$.

Para a ribeira da Figueira regularizada as velocidades máximas das passagens hidráulicas são as indicadas no quadro seguinte.

O Quadro 5.10 apresenta as velocidades máximas à entradas e no interior das passagens hidráulicas.:

Quadro 5.10| Velocidades máximas à entradas e no interior das passagens hidráulicas.

	Velocidade a montante das passagens hidráulicas (m/s)	Velocidade nas passagens hidráulicas (m/s)
PH muro	2.38	3.58
PH rotunda	1.82	3.90
PH estrada	2.59	3.23
PH aqueduto	2.57	4.51

A ribeira da figueira atual já se encontra regularizada a partir da passagem hidráulica da rotunda (canal revestido a argamassa (condição de conservação boa) até à entrada da passagem hidráulica da estrada, desta forma, já não existe necessidade de adotar nenhuma medida de proteção.

Contudo a velocidades à saída da passagem hidráulica do muro é superior a 2,5m/s (3,58 m/s) e a sua velocidade à entrada superior a 1,5 m/s (3,38 m/s), desta forma, é necessário adotar esta passagens hidráulicas de proteção a montante e jusante.

O tipo de material que protege a rasto da linha de água é em função das velocidades de escoamento. O Quadro 5.11 seguinte apresenta as condições em que a proteção tipo Colchões reno e Gabiões são aplicados.

Quadro 5.11| Condições em que a proteção tipo Colchões reno e Gabiões são aplicados.

Tipo	Espessura (m)	ENCHIMENTO DOS COLCHOES RENO OU GABIOES		VELOCIDADES (m/s)	
		Tamanho do enrocamento (mm)	d50 (m)	Velocidade Crítica	Velocidade Limite
C.Reno	0,15 - 0,17	70 - 100	0,085	0,00	3,50
C.Reno	0,15 - 0,17	70 - 100	0,085	3,50	4,20
C.Reno	0,15 - 0,17	70 - 150	0,110	4,20	4,50
C.Reno	0,23 - 0,25	70 - 100	0,085	3,60	5,50
C.Reno	0,23 - 0,25	70 - 150	0,120	4,50	6,10
C.Reno	0,3	70 - 120	0,100	4,20	5,50
C.Reno	0,3	100 - 150	0,125	5,00	6,40
Gabiões	0,5	100 - 200	0,150	5,80	7,60
Gabiões	0,5	120 - 250	0,190	6,40	8,00

Os quadros seguintes apresentam as características e tipo de material a adotar a montante e a jusante da passagem hidráulica do muro (a única que carece de proteção).

Quadro 5.12| Características e tipo de material a adotar à entrada da passagem hidráulica do muro.

PH	Denominação	PROTECÇÕES À ENTRADA				
		Enrocamento Adotado				
		c (m)	D ₅₀ (m)	D ₀ (m)	D10 ₀ (m)	Extensão (m)
PH Muro	Enroc.	0,55	0,25	0,15	0,40	6,00

Quadro 5.13| Características e tipo de material a adotar à saída da passagem hidráulica do muro.

PH	Denominação	PROTECÇÕES À SAÍDA			
		Colchões Reno e Gabiões			
		Velocidades Limite (m/s)	Espessura (m)	Tamanho do enrocamento (mm)	d50 (m)
PH Muro	C.Reno	4,20	0,15 - 0,17	70 - 100	0,085

Por fim apresenta-se os caudais de ponta e volumes a montante e a jusante do troço analisado para os períodos de retorno analisados (T= 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos),Quadro

12005
27/10
C

5.14.

Quadro 5.14| Caudais de ponta e volumes a montante e a jusante do troço analisado
(T= 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos)

T [anos]	Q _p afluente [m ³ /s]	V _{hidrograma} X 10 ⁹ afluente [m ³]	Q _p efluente [m ³ /s]	V _{hidrograma} X 10 ⁹ efluente [m ³]
2	12,6	58,9	10,65	52,78
5	17,7	83,9	14,65	73,24
10	21,3	101,5	17,61	87,77
20	23,9	112,2	19,73	96,76
50	29,6	142,6	24,69	122,35
100	33,2	160,3	27,06	140,17

9

5.4 Ribeira da Figueira não regularizada. Avaliação da capacidade de transporte desde o aqueduto do arco até ao troço canalizado

Para efetuar a modelação numérica do escoamento, o troço de linha de água foi caracterizado por 23 perfis transversais levantados exclusivamente para o efeito (Figura 5.22). Para espaçamentos entre perfis superiores a 5 m criaram-se perfis intermédios através de interpolação linear. Este modelo permite visualizar as áreas de inundação, especialmente para os caudais mais elevados.

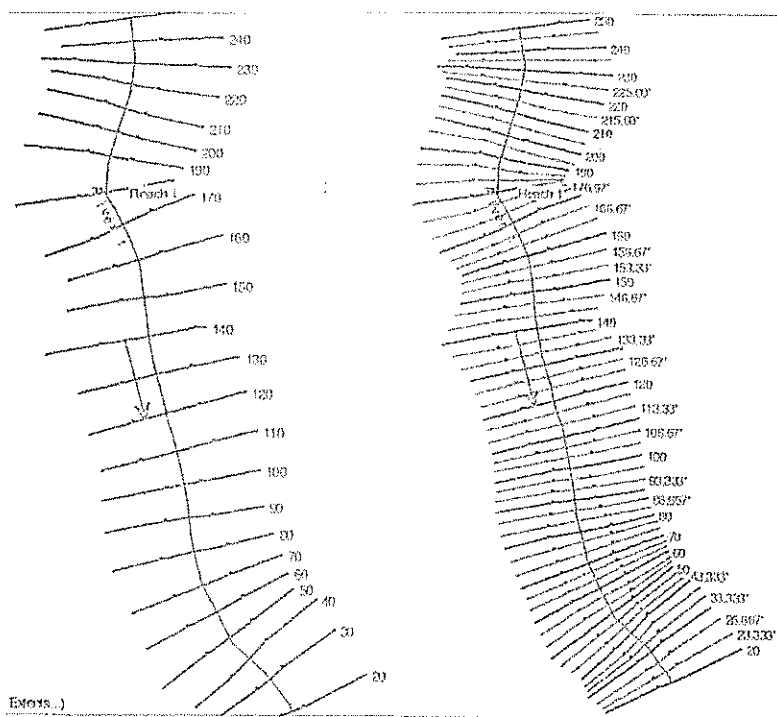


Figura 5.22| Modelo da ribeira com os perfis completos nas margens esquerda e direita

Para avaliar a capacidade de transporte atual do troço a céu aberto da ribeira da Figueira no interior da área em estudo criou-se um segundo modelo que inclui apenas os perfis na zona de escoamento preferencial da ribeira (Figura 5.23). Este modelo permite determinar os caudais a partir dos quais a ribeira transborda e em que seções isso acontece com maior rigor.

DUCS
06/15
W

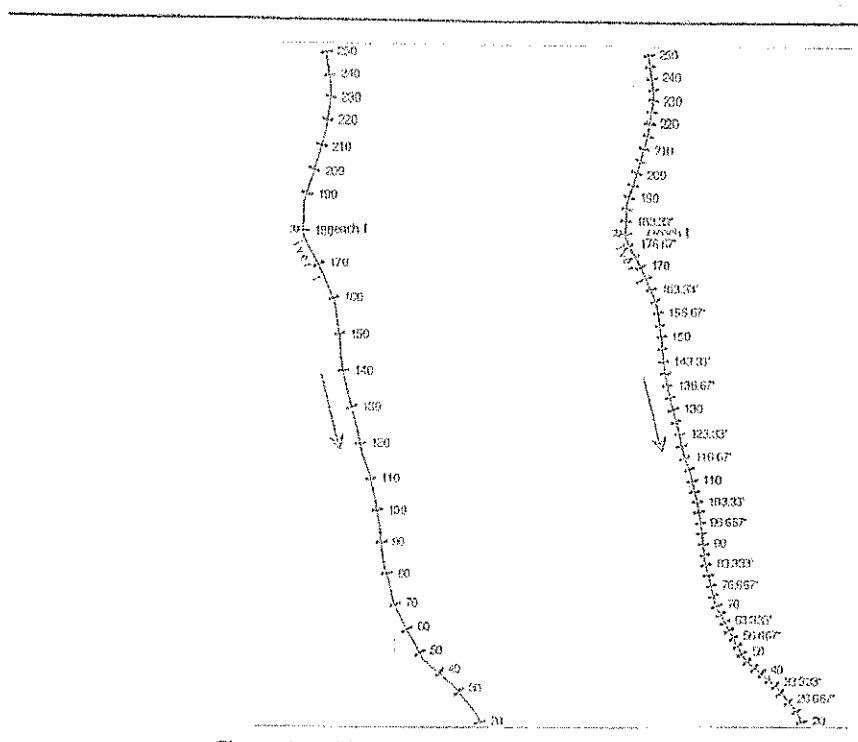


Figura 5.23| Modelo da ribeira com os perfis apenas na zona da ribeira

Fêtuou-se a simulação do escoamento em regime uniforme para caudais entre 1 e 20 m³/s. Verificou-se que o transbordamento da ribeira se dá logo para o caudal de 1,0 m³/s e para ambas as margens (Figura 5.24).

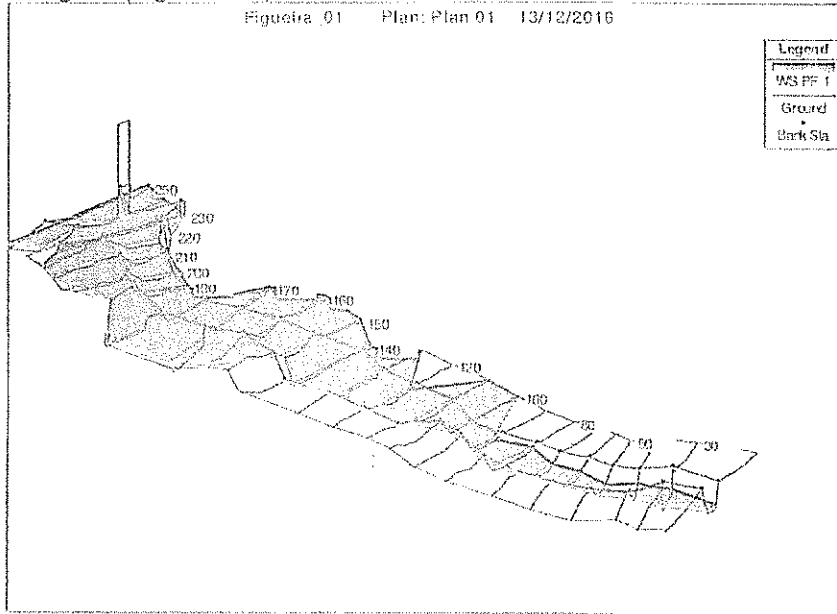


Figura 5.24| Perspetiva do transbordo da ribeira (Q = 1,0 m³/s)

Nas Figuras 5.4 apresentam-se o perfil longitudinal da ribeira com a representação da elevação da superfície livre para o caudal de 1,0 m³/s.

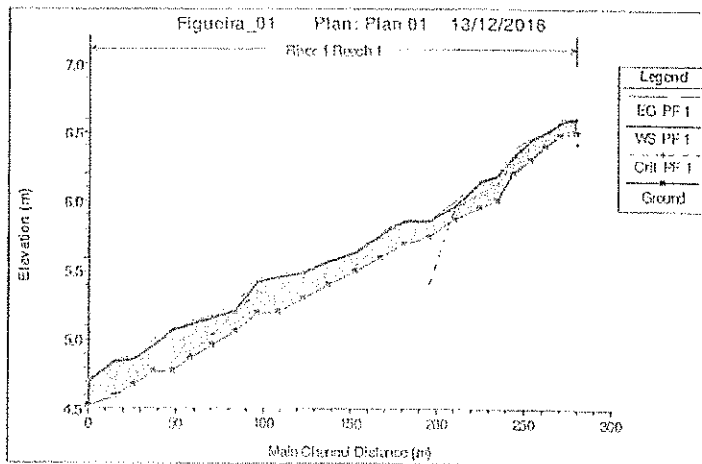


Figura 5.25| Elevação da superfície livre em perfil longitudinal (Q = 1,0 m³/s)

Nas Figuras 5.5 5.6 e 5.7, 5.8 e 5.9, e 5.10 e 5.11 apresentam-se a elevação da superfície livre do escoamento em perfil longitudinal para os caudais de 5, 12.5 e 20 m³/s, respetivamente.

20/05/10

(w)

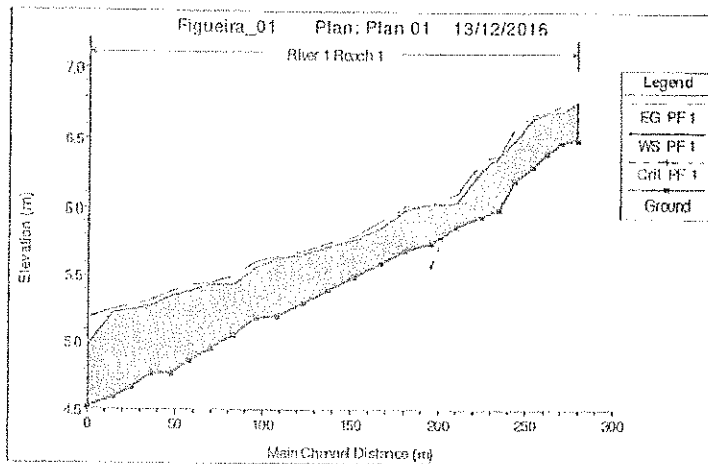


Figura 5.26| Elevação da superfície livre em perfil longitudinal ($Q = 5 \text{ m}^3/\text{s}$)

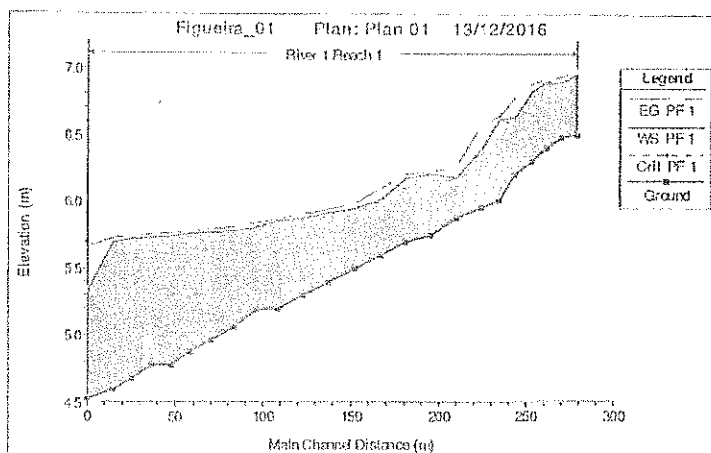


Figura 5.27| Elevação da superfície livre em perfil longitudinal ($Q = 12,5 \text{ m}^3/\text{s}$)

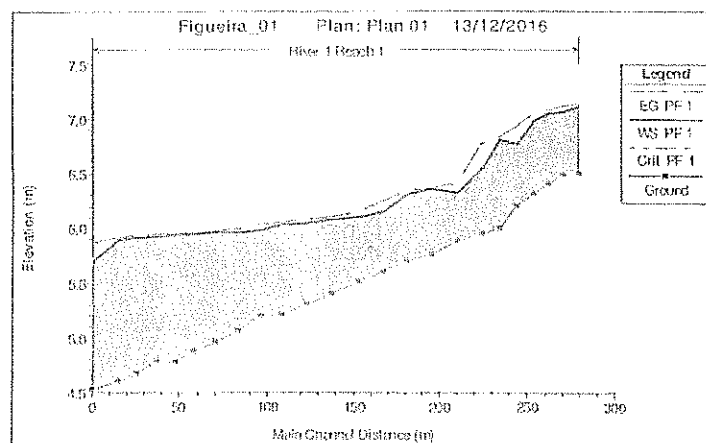


Figura 5.23] Elevação da superfície livre em perfil longitudinal (Q = 20 m³/s)

Da análise dos resultados é possível verificar que a capacidade de vazão atual da linha de água, se revelou francamente insuficiente. Com efeito, os caudais a transportar são elevados e o escoamento leva à inundação das zonas adjacentes à ribeira, mesmo para caudais reduzidos ($Q = 1.0 \text{ m}^3/\text{s}$).

Desta forma, pelas razões apresentadas, é necessário regularizar o leito da ribeira considerando uma secção capaz de conduzir caudais de cerca de $15 \text{ m}^3/\text{s}$ ($Tr=5$ anos; $Q = 14.65 \text{ m}^3/\text{s}$) sem a ocorrência de transbordo dos taludes laterais. Para períodos de retorno superiores, 50 e 100 anos, preconiza-se a implementação de duas bacias de amortecimento, nas margens esquerda e direita da ribeira.

12005
26/10
W

5.5 Pré-dimensionamento do volume de amortecimento necessário

5.5.1 Consideração inicial

Conforme se pode observar pelos resultados apresentados em 5.2, a linha de água principal não tem capacidade de escoar caudais acima de $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$ sem ocorrência de transbordo dos taludes laterais da ribeira. Segundo o estudo do LNEC (1986) o troço canalizado da ribeira permite escoar um caudal máximo de $5,7 \text{ m}^3/\text{s}$ em baixa mar e de $4,6 \text{ m}^3/\text{s}$ em preia-mar (que é inferior ao caudal com período de retorno de 2 anos determinado neste estudo - $Q_{2\text{anos}} = 10,65 \text{ m}^3/\text{s}$).

Segundo o Decreto Regulamentar nº. 23/95 de 23 de Agosto as "bacias de retenção são estruturas que se destinam a regularizar o escoamento pluvial afluyente, amortecendo os caudais de ponta e permitindo compatibilizar o seu valor, com limites previamente fixados. Por outro lado, para além deste aspecto fundamental de regularização, podem ainda contribuir para um melhor comportamento do sistema de drenagem global onde se encontram integradas, quando da ocorrência de precipitações excepcionais".

Assim, a implementação de uma bacia de amortecimento na zona em estudo, contribuirá para um melhor comportamento do sistema ribeirinho, aquando da ocorrência de precipitações excepcionais e servirá também para amortecer os caudais de cheia gerados na bacia hidrográfica da ribeira da Figueira.

Em 5.4.2 apresenta-se o dimensionamento da bacia de amortecimento preconizada. Verifica-se que esta será do tipo superficial, sendo ainda, em termos de comportamento hidráulico, uma bacia seca, na medida em que apenas conterà água em períodos de tempo relativamente curtos, após as chuvadas.

Em termos de elementos constituintes da bacia, para além do fundo e das bermas, que resultarão do cruzamento do volume necessário com o aproveitamento possível das condições topográficas locais, será ainda constituída por um descarregador de entrada e de um descarregador de esvaziamento, que no presente caso corresponde a um orifício.

5.5.2 Volume de armazenamento necessário

Segundo o Dec. Reg. nº. 23/95 de 23 de Agosto "o dimensionamento hidráulico de uma

bacia de retenção consiste no cálculo do volume necessário ao armazenamento do caudal afluente, correspondente à precipitação com um determinado período de retorno ou a um hidrograma de cheia conhecido, por forma a que o caudal máximo efluente não ultrapasse determinado valor pré-estabelecido. A natureza do problema a resolver, o grau de precisão requerido e a informação disponível condicionam o método de cálculo a adoptar.”

Tendo por base o referido no parágrafo anterior, o volume de encaixe necessário a reter na bacia de amortecimento da Figueira foi pré-dimensionado a partir de um balanço entre o volume afluente à bacia (correspondente a um período de retorno pré-definido) e o volume efluente (correspondente ao volume que se considera admissível escoar na linha de água a jusante da bacia de amortecimento). Considerou-se como **volume afluente** o correspondente ao volume do hidrograma de cheia com período de retorno de 100 anos obtido pelo método do SCS ($V_{\text{Afluente}} = 140.17 \times 10^3 \text{ m}^3$ - Quadro 4.9). Como **volume efluente** considerou-se admissível o volume do hidrograma correspondente a uma cheia com período de retorno de 10 anos ($V_{\text{Efluente}} = 87.77 \times 10^3 \text{ m}^3$ - Quadro 4.9). Considerou-se portanto, que a ribeira da Figueira a jusante da bacia de amortecimento (em ambos os troços, a céu aberto e canalizados) tem capacidade de escoar em condições de segurança a cheia com período de retorno de 10 anos sem impactos relevantes nas infra-estruturas existentes a jusante.

Com base no referido, estimou-se que, à partida, será necessário armazenar um volume de cerca de $52.4 \times 10^3 \text{ m}^3$ nas bacias de amortecimento a implementar nas margens da ribeira da Figueira.

No ponto 5.6.3, apresenta-se uma simulação integrada do funcionamento de todo o sistema nomeadamente, já contemplando o troço regularizado da ribeira em conjunto com a bacia de armazenamento (que, conforme se verá nesse ponto, será composta por duas partes, uma em cada lado da ribeira). É desta simulação que sairá o valor final do volume necessário de armazenamento e que irá, portanto, sobrepor-se ao volume de pré-dimensionamento apresentado no parágrafo anterior.

Por fim, refira-se ainda que, o troço canalizado a jusante terá que ser redimensionado de modo a permitir o escoamento do $Q_{2\text{anos}} = 10.65 \text{ m}^3/\text{s}$. Esta solução deverá ser alvo de um estudo mais aprofundado em sede de Reabilitação do Troço Canalizado como previsto no estudo do INAG/Atkins, onde serão definidas as obras de adequação.

No Desenhos 1 e 2 do Anexo 1 apresenta-se a planta de localização e o Troço Final da

WOC 4
23/10
W

Ribeira da Figueira. Nos Desenhos 3 e 4 do Anexo 1 apresenta-se uma pré-implantação, e as respetivas secções transversais da bacia de amortecimento da Figueira.

5.6 Regularização do troço a céu aberto da ribeira da Figueira

5.6.1 Enquadramento

A simulação da regularização do troço a céu aberto da ribeira da Figueira foi efetuada no HEC-RAS, considerando as áreas disponíveis para amortecimento de ambos os lados da ribeira. Note-se que a bacia de amortecimento preconizada, conforme se pode visualizar na simulação que se segue (5.6.2), é composta por duas áreas distintas disponíveis para armazenamento: i) uma do lado direito da ribeira e com menor capacidade de armazenamento; e ii) outra do lado esquerdo da ribeira e com a maior parte da capacidade de armazenamento.

5.6.2 Simulação do escoamento da cheia centenária

Considerou-se o regime variável nas simulações do escoamento dos caudais com período de retorno de 100 anos. O hidrograma de cheia tem um caudal de pico igual a 27,96 m³/s.

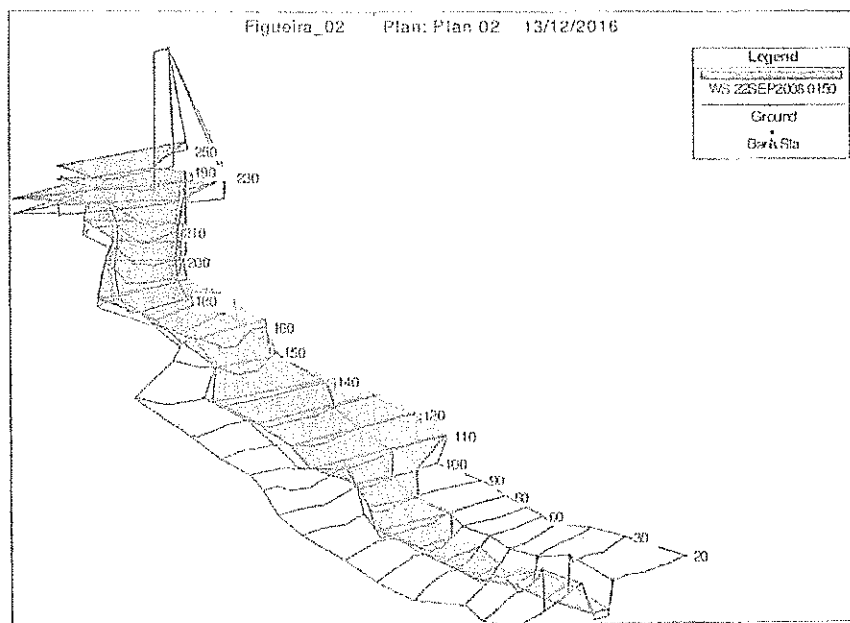


Figura 5.29| Perspetiva da elevação da superfície livre na ribeira ($Q_{100anos} = 27,96 \text{ m}^3/\text{s}$)

4

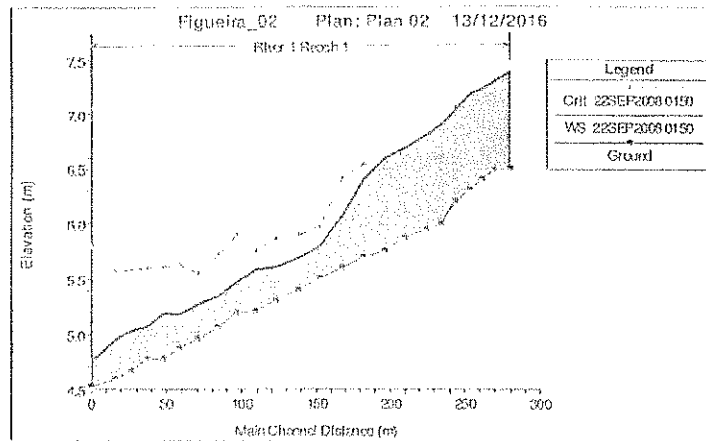


Figura 5.30) Elevação máxima da superfície livre em perfil longitudinal ($Q_{total} = 27,96 \text{ m}^3/\text{s}$)

4

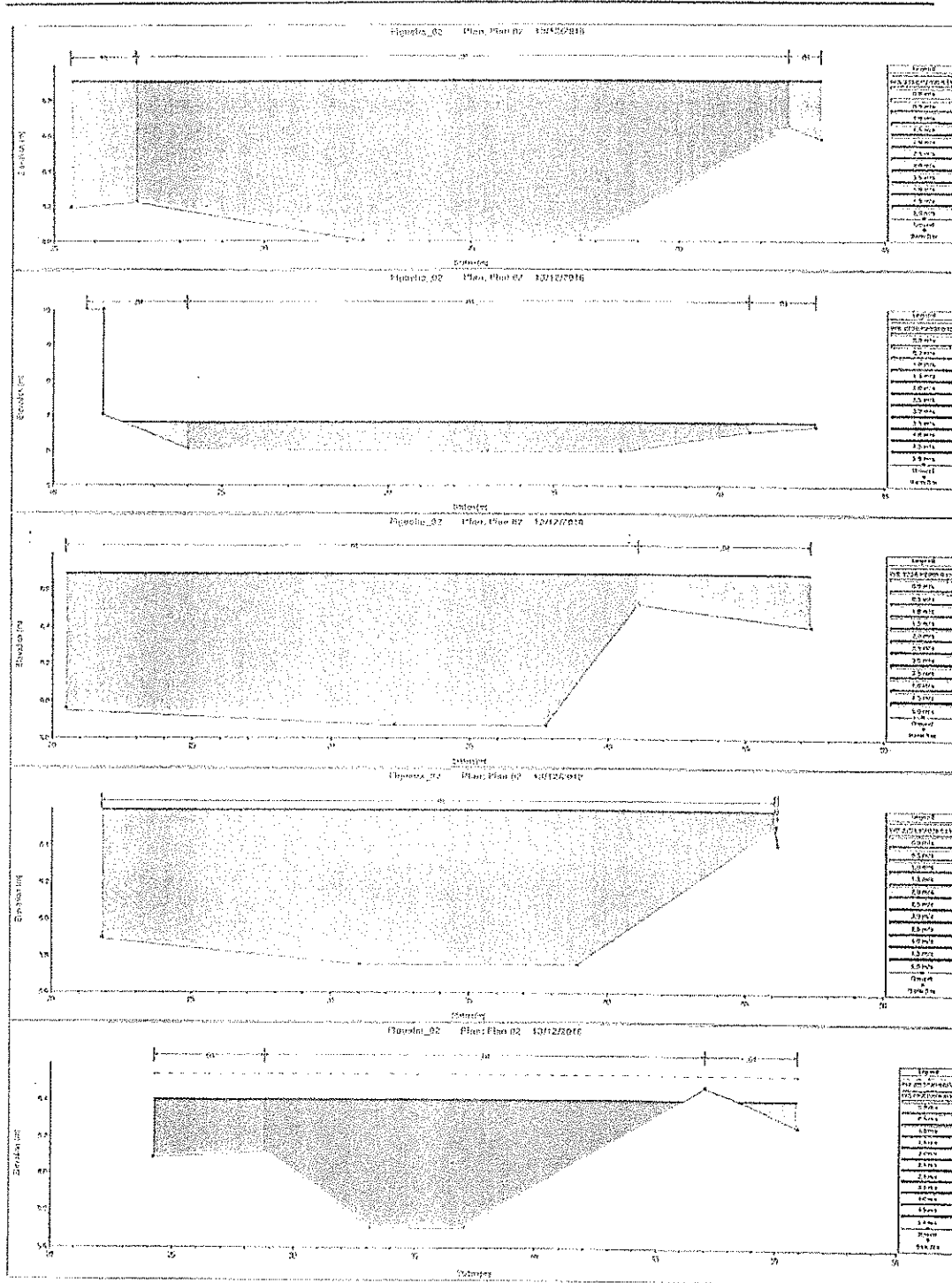


Figura 5.32] Elevação da superfície livre na ribeira atual. Secções 200 a 160 ($Q_{100anos} = 27,96 \text{ m}^3/\text{s}$)

Doc 9
22/15
C

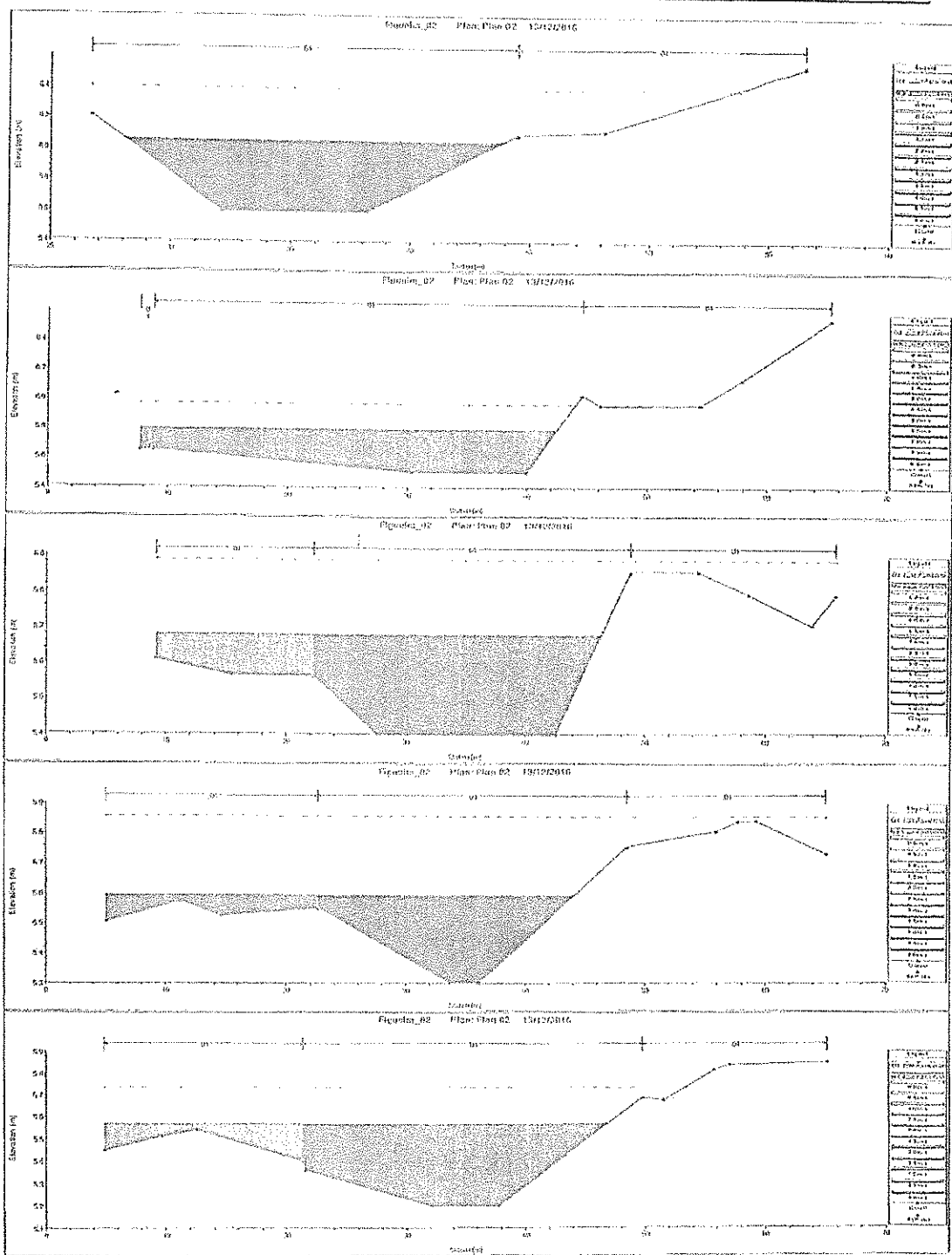


Figura 5.33] Elevação da superfície livre na ribeira atual. Secções 150 a 110 (O_{100anos} = 27,96 m³/s)

4

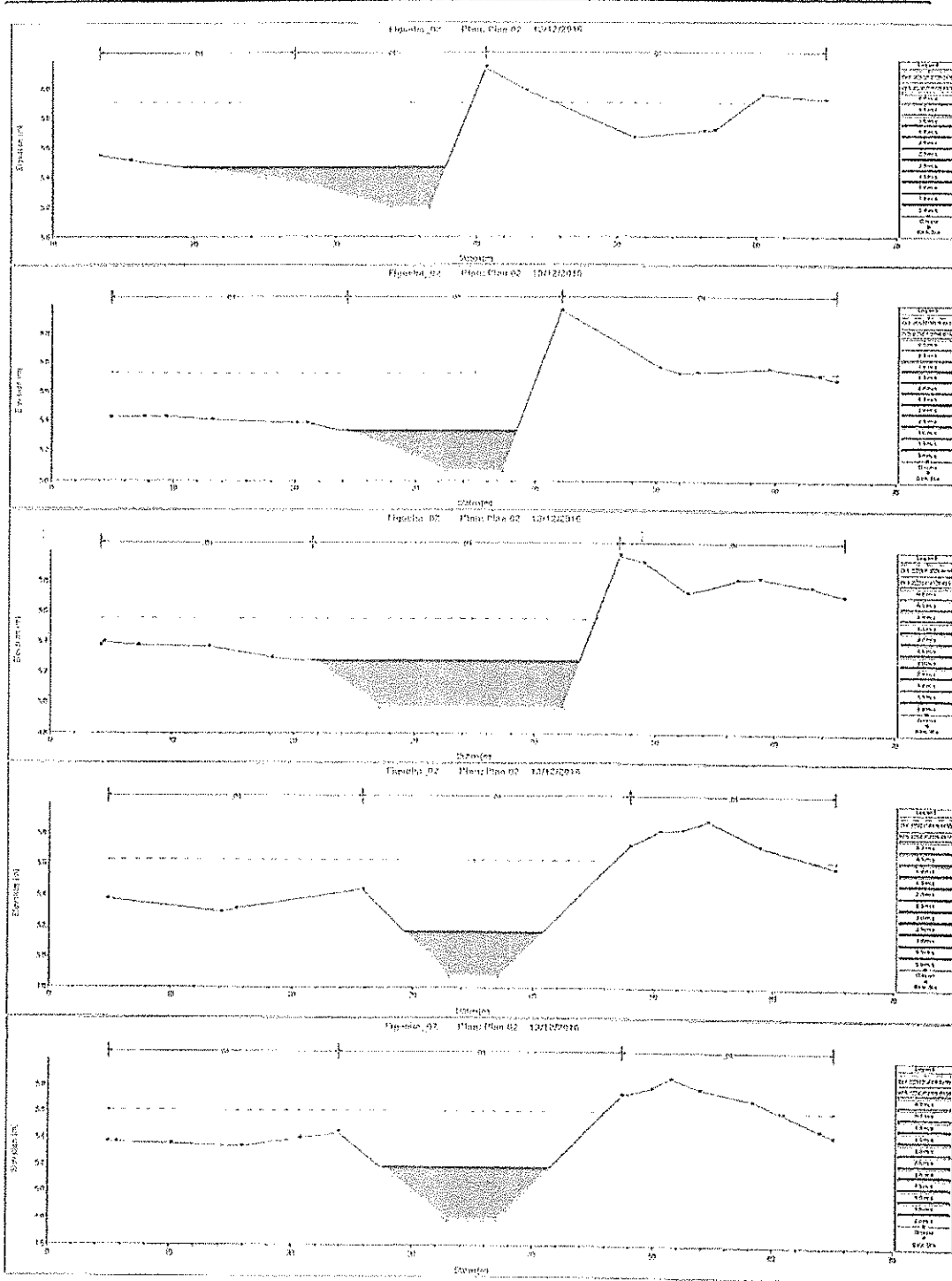


Figura 5.34| Elevação da superfície livre na ribeira atual. Seções 100 a 60 ($Q_{100anos} = 27,96 \text{ m}^3/\text{s}$)

20/15
 (C)

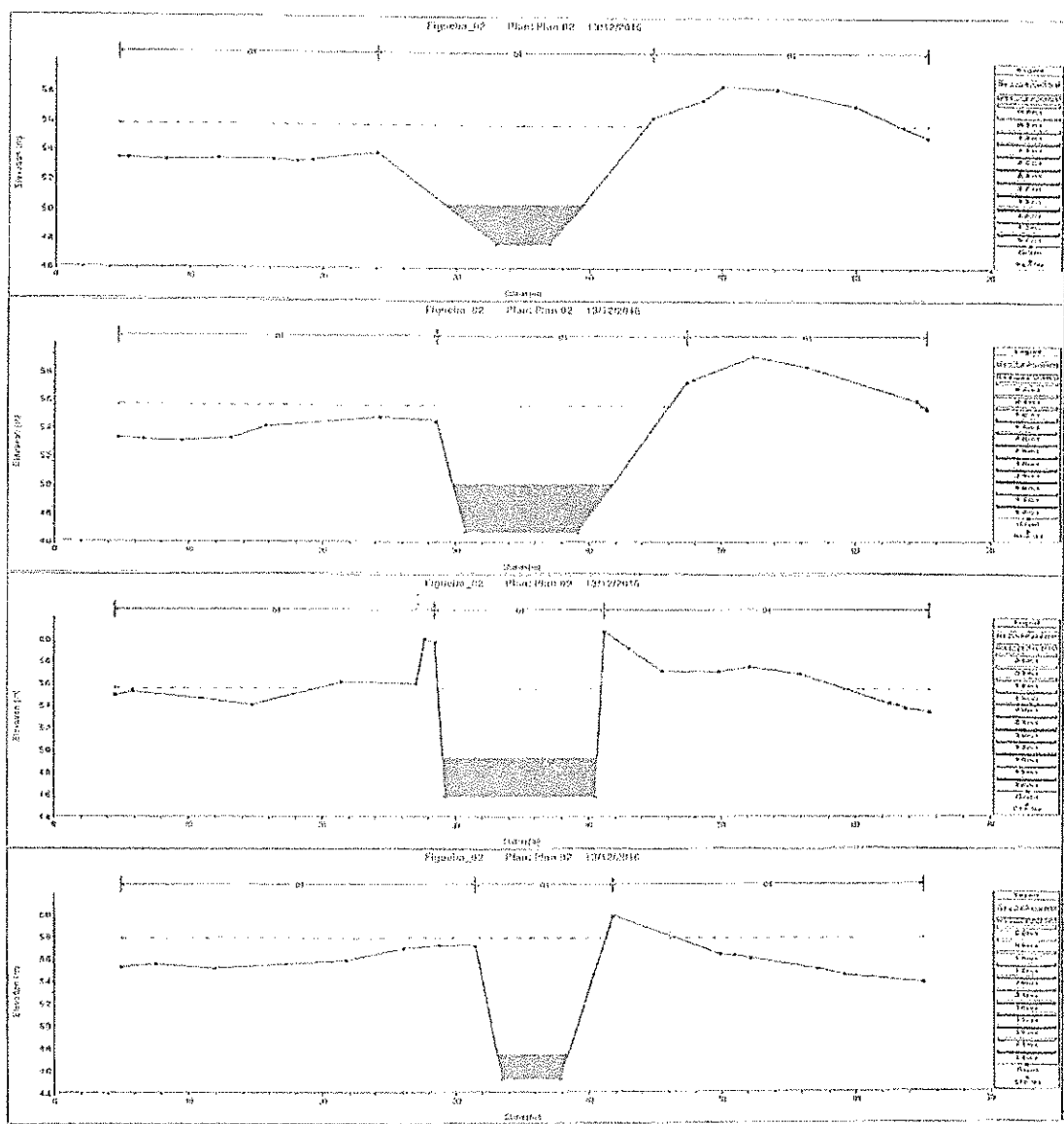


Figura 5.35] Elevação da superfície livre na ribeira atual. Secções 60 a 20 ($Q_{100anos} = 27,96 \text{ m}^3/\text{s}$)

5.6.3 Regularização da ribeira e dimensionamento do volume e geometria do descarregador

A regularização da ribeira consiste na definição de secções com dimensões adequadas ao escoamento dos caudais preconizados e ao estabelecimento de uma inclinação constante ao longo do troço regularizado. Optou-se por utilizar secções retangulares. A inclinação do trecho regularizado resulta da diferença de cotas entre as secções inicial (secção 250) e final do trecho em estudo (secção 20) ($6,56 - 4,04 = 2,52 \text{ m}$, respetivamente) e na distância

entre estas duas secções (279 m).

A inclinação apresenta então um valor de aproximadamente 0,009 (Figura 5.36 e Desenho 5 do Anexo 1).

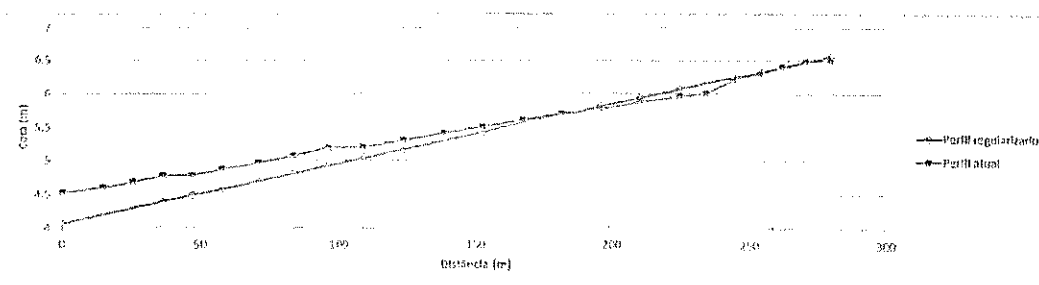


Figura 5.36] Perfis longitudinais da ribeira antes e depois da regularização

No Quadro 5.1 apresentam-se as cotas de rasto dos perfis regularizados e uma estimativa da movimentação de terras necessária à implementação das novas secções.

Quadro 5.15] Regularização do perfil da ribeira

Perfil	Distância à secção de jusante [m]	Z _{fundo} [m]	Movimentação de terras [m ³]
250	0.00	6.56	32
240	9.30	6.47	19
230	17.60	6.40	15
220	25.90	6.32	21
210	35.60	6.24	27
200	45.31	6.15	59
190	55.02	6.06	62
180	69.37	5.93	41
170	83.72	5.80	37
160	98.07	5.67	28
150	112.42	5.55	37
140	127.01	5.41	54
130	141.60	5.28	68
120	156.19	5.15	81
110	170.78	5.02	83
100	183.45	4.91	121
90	196.12	4.79	118
80	208.79	4.68	121
70	221.46	4.56	115
60	232.26	4.47	112
50	243.06	4.37	145
40	253.86	4.27	145
30	264.66	4.17	200
20	279.36	4.04	168

2005
19/10
@

Definiram-se duas secções tipo, uma antes das descargas laterais de caudal e outra após estas descargas. A secção tipo 1 tem as dimensões apresentadas na Figura 5.37. A secção tipo 2 necessita de transportar um menor caudal e tem as dimensões apresentadas na Figura 5.38.

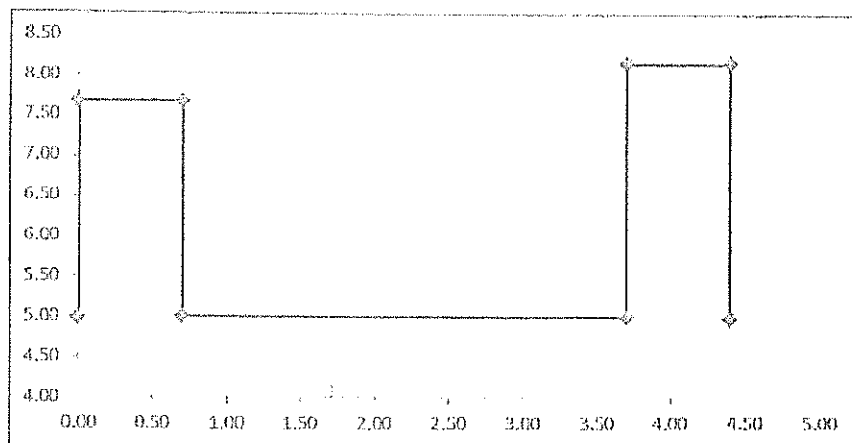


Figura 5.37| Secção tipo 1 (Secções 250 a 120)

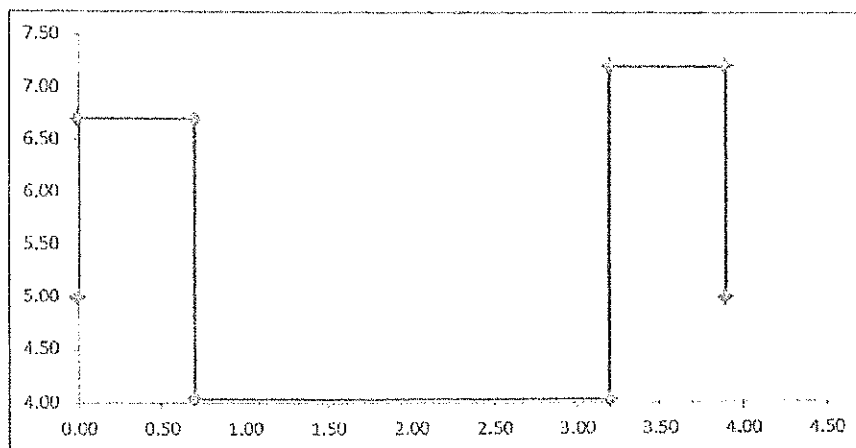


Figura 5.38| Secção tipo 2 (Secções 130 a 20)

No Desenho 7 do Anexo 1 apresentam-se as secções tipo da ribeira regularizada e as secções transversais ao longo da ribeira, respetivamente.

Assim, para a simulação do escoamento, a consulta da literatura e a ponderação da influência da rugosidade de fundo, do material dos taludes, conduziu a um valor global para o coeficiente de Manning-Strickler (K_S) de $59,9 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ($n = 0,0167$).

O descarregador para a bacia da esquerda localiza-se a jusante da secção 160, tem 30 m

de comprimento e tem a cota de soleira implementada à cota (6,50) (Figura 5.39).

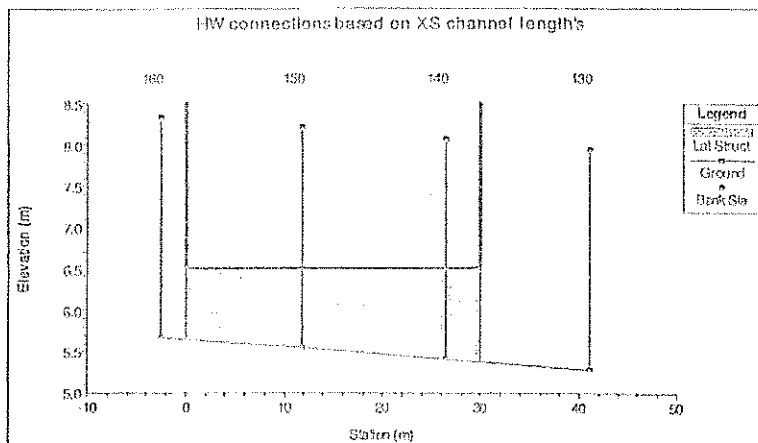


Figura 5.39| Vista lateral entre as seções 24 e 22. Geometria do descarregador da esquerda

O descarregador para a bacia da direita localiza-se a jusante da seção 140, tem 20 m de comprimento e tem a cota de soleira implementada à cota (6,45) (Figura 5.40).

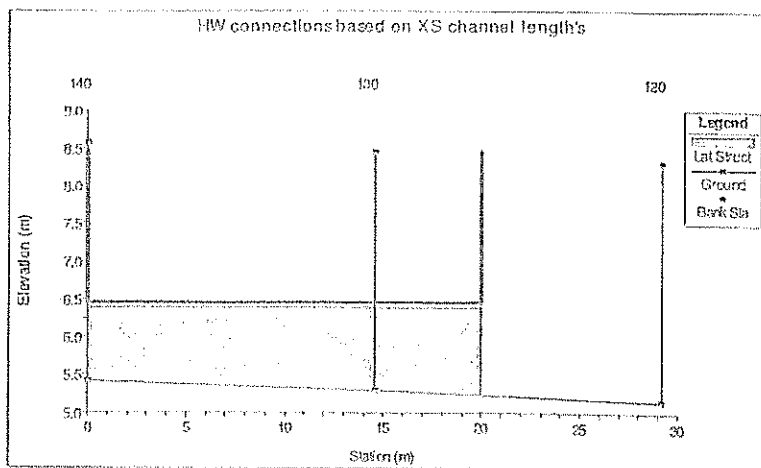


Figura 5.40| Vista lateral entre as seções 23 e 22. Geometria do descarregador da direita

Na Figura 5.41 apresenta-se um esquema do modelo utilizado para simular o escoamento dos caudais de cheia e para verificação da capacidade de vazão da ribeira regularizada em conjunto com a avaliação da capacidade de armazenamento das bacias de amortecimento. Note-se que, no presente estudo se preconizou que a bacia de amortecimento a implementar na Figueira será composta por duas partes, uma em cada margem (ESTE e

OESTE), ficando com um volume total de armazenamento de $V_{\text{amortecimento}}^{\text{max}} \approx 56\,050 \text{ m}^3$.

5 2006
18/15
C

- bacia da esquerda (armazenamento principal) - no lado ESTE da várzea, entre as cotas mínima e máxima de (5.00) e (6.50) - $V_{BE}^{max} \approx 46\ 670\ m^3$;
- bacia da direita (armazenamento adicional) - no lado OESTE da várzea, entre as cotas mínima e máxima de (4.00) e (6.00) - $V_{BD}^{max} \approx 7\ 360\ m^3$.

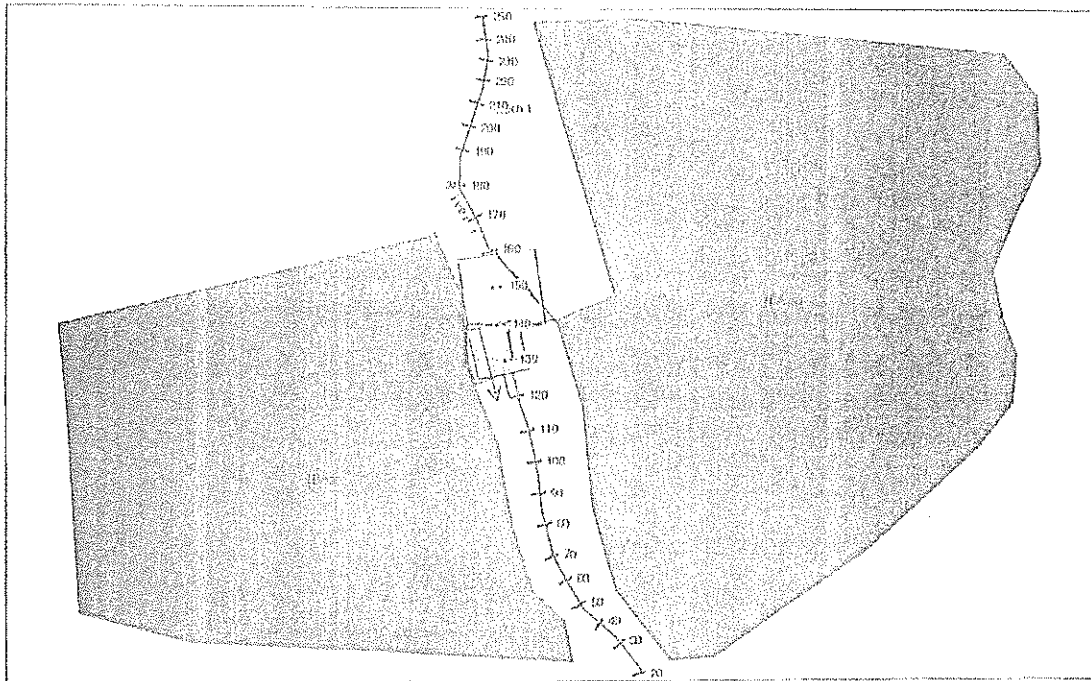


Figura 5.41| Modelo da ribeira regularizada com descargas laterais para as bacias de amortecimento

No Quadro 5.16 apresentam-se a capacidade de armazenamento das bacias da esquerda e da direita para vários níveis de água.

Quadro 5.16| Armazenamento nas bacias em função do nível de água

Z _{água} [m]	bacia da esquerda [m ³]	Z _{água} [m]	bacia da direita [m ³]
5,0	0	4,0	0
6,5	48670	6,0	7380

Nesta secção apresenta-se a simulação da cheia centenária que foi efetuada em regime variável.

Para o período de retorno de 100 anos apresentam-se, nas Figuras 5.26 a 5.29, os resultados das simulações efetuadas, nomeadamente a elevação da superfície do escoamento da cheia centenária em cada secção de cálculo da ribeira regularizada.

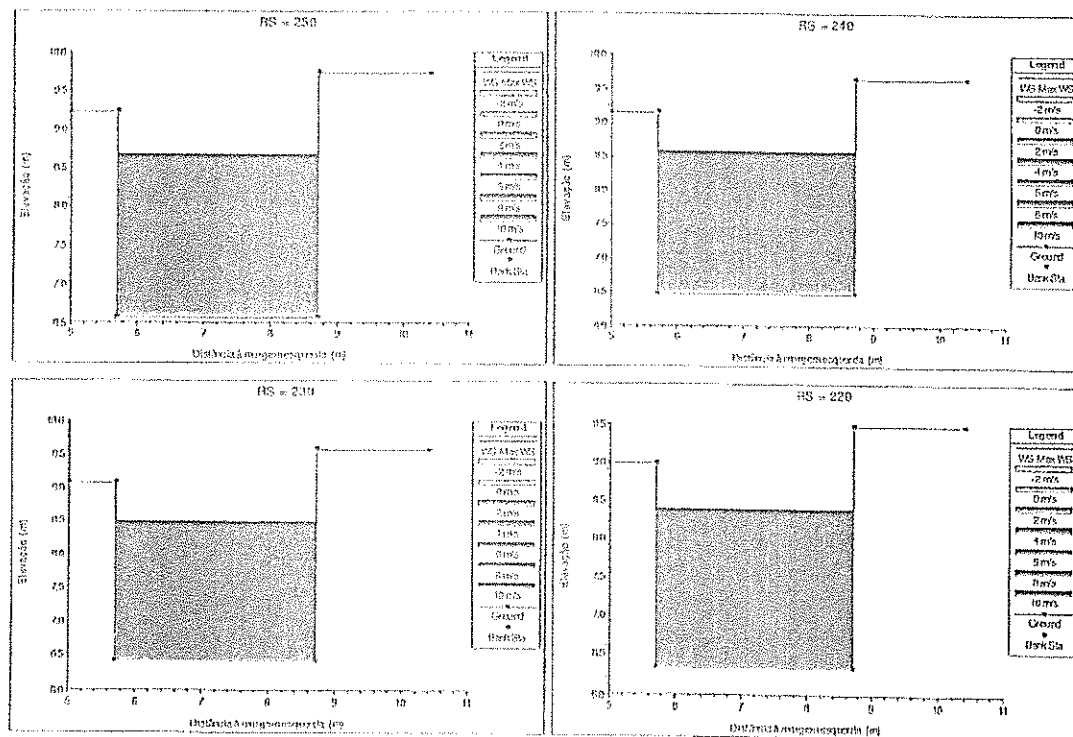


Figura 5.42| Elevação da superfície livre na ribeira regularizada. Secções 250 a 220 ($Q_{100anos} = 27,96 \text{ m}^3/\text{s}$)

2005
17/11/05
(2)

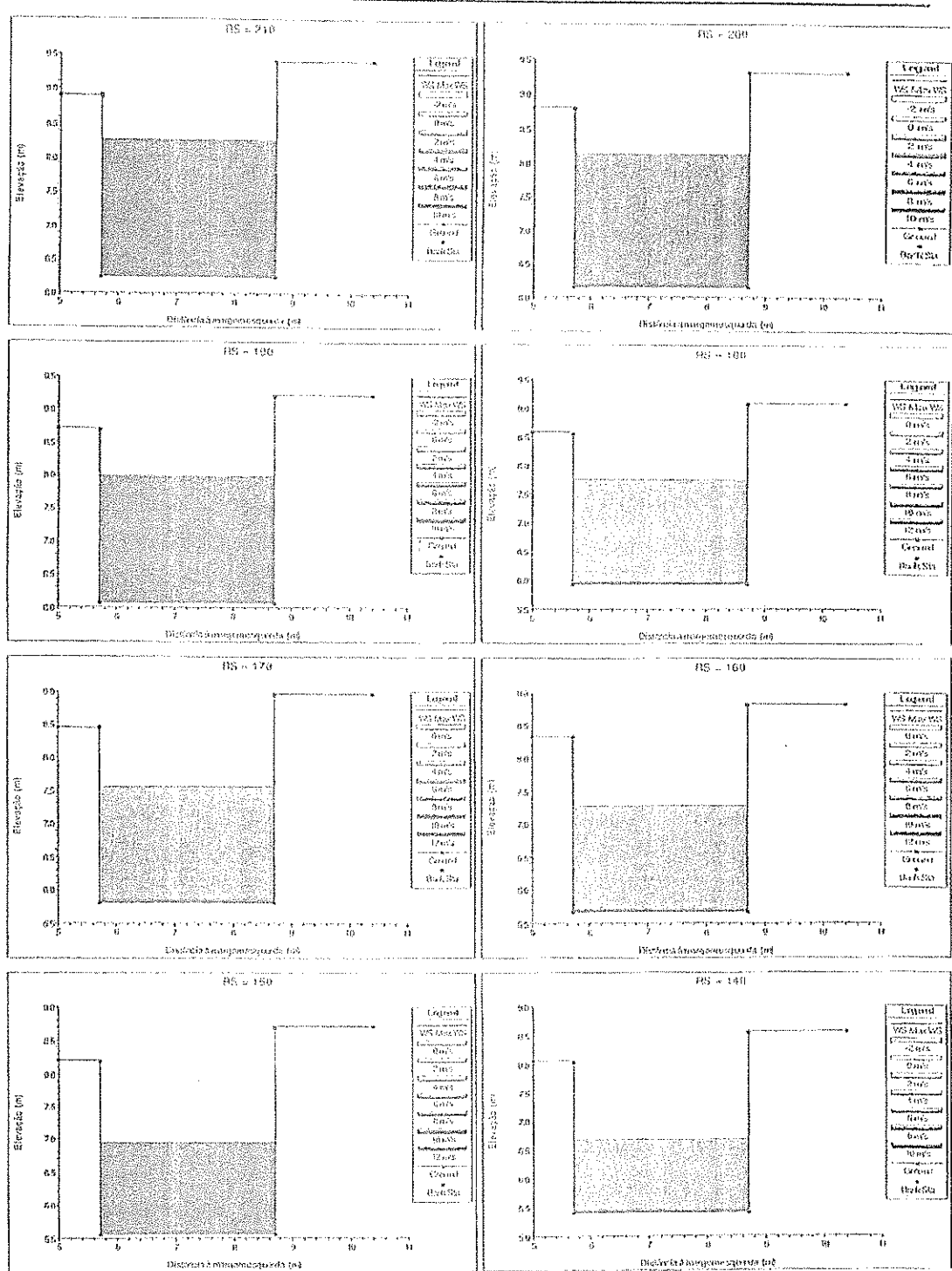


Figura 5.43] Elevação da superfície livre na ribeira regularizada. Secções 210 a 140 ($Q_{100anos} = 27,96 \text{ m}^3/\text{s}$)

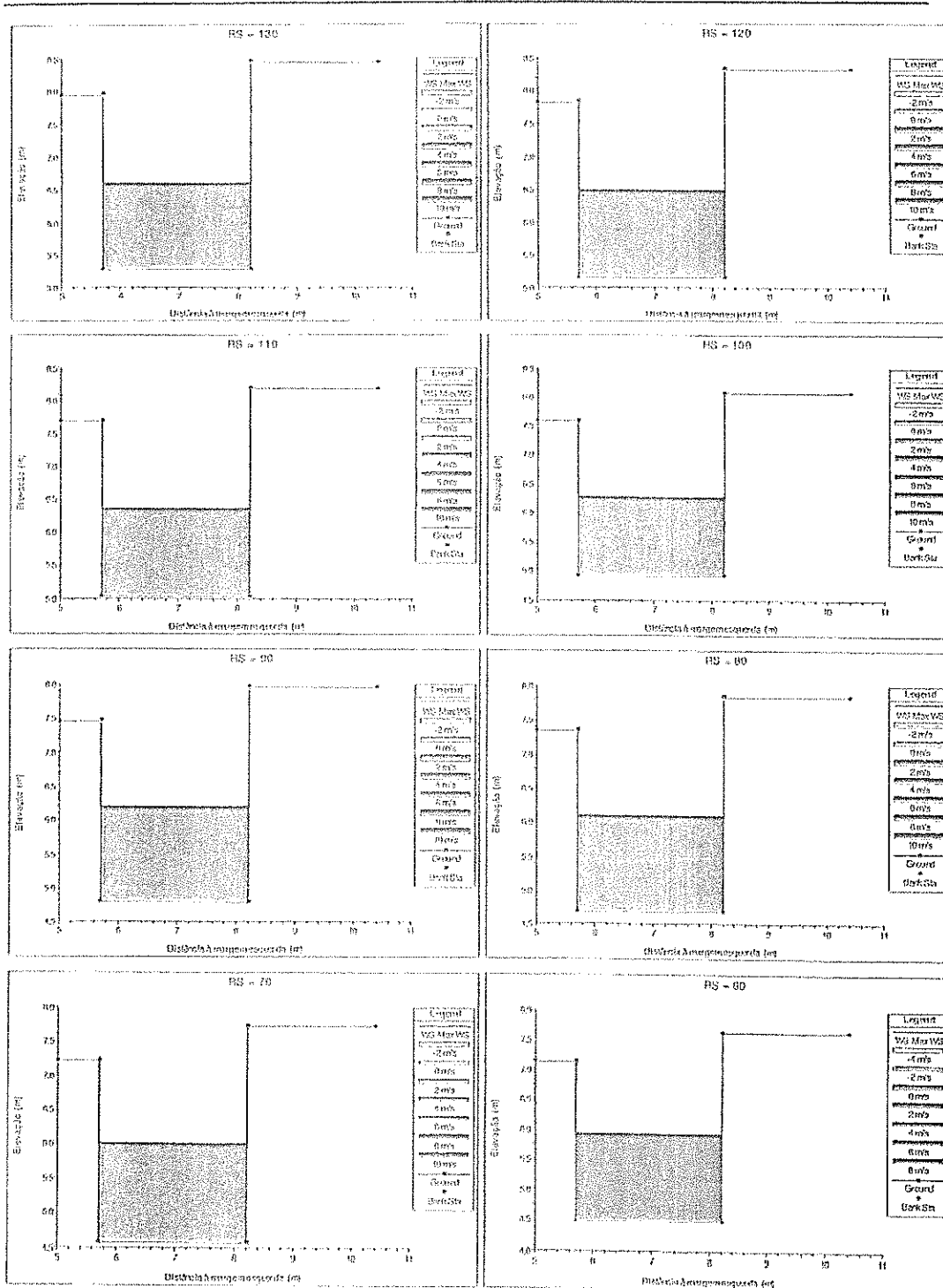


Figura 5.44 | Elevação da superfície livre na ribeira regularizada. Seções 130 a 60 ($Q_{100anos} = 27,96 \text{ m}^3/\text{s}$)

4

Nas Figuras 5.30 a 5.33 apresentam-se os valores máximos e os valores finais da superfície livre do escoamento da cheia centenária no perfil da ribeira regularizado.

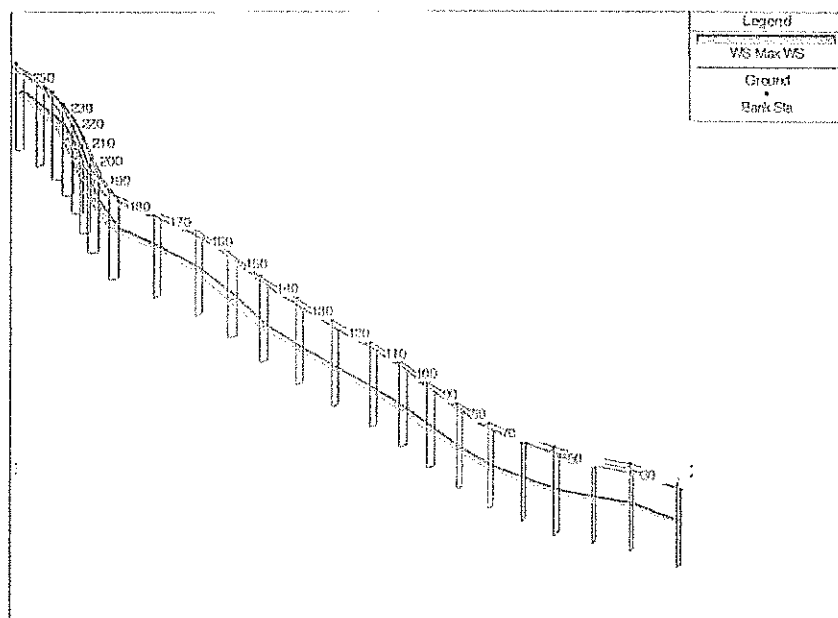


Figura 5.46] Perspetiva da elevação máxima da superfície livre na ribeira regularizada ($Q_{100\text{anos}} = 27,96 \text{ m}^3/\text{s}$)

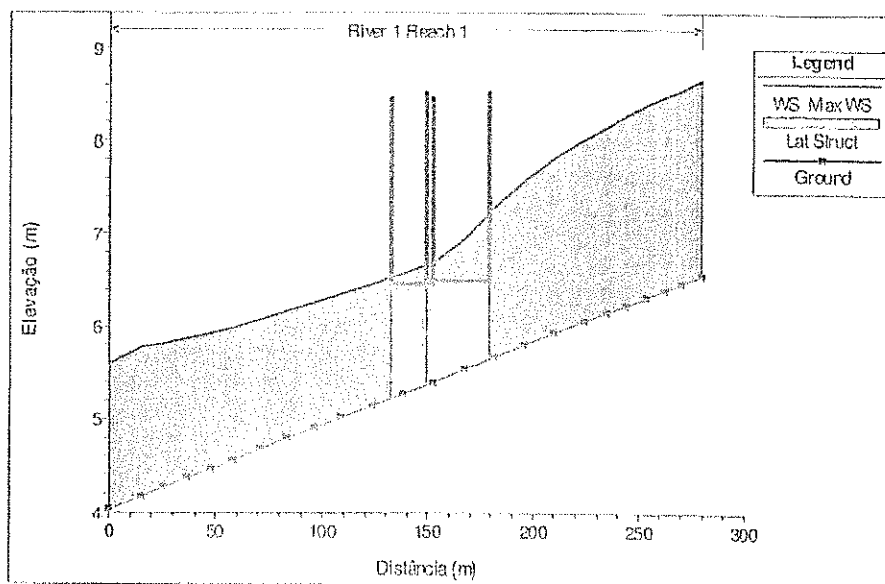


Figura 5.47] Elevação máxima da superfície livre na ribeira regularizada em perfil longitudinal ($Q_{100\text{anos}} = 27,96 \text{ m}^3/\text{s}$)

5 Dec 15 11
(2)

Na Figura 5.48 apresentam-se o hidrograma de cheia nas secções a montante (Secção 24) e a jusante (Secção 23) do descarregador para a bacia da esquerda.

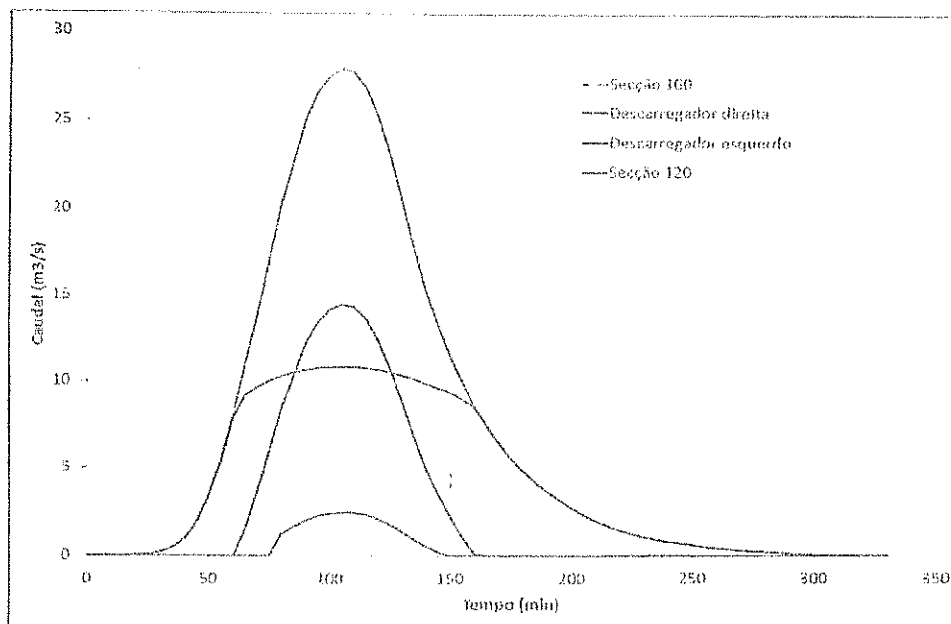


Figura 5.48| Hidrogramas de cheia nas secções a montante e a jusante dos descarregadores ($Q_{100anos} = 27,96 \text{ m}^3/\text{s}$)

Para o período de retorno de 100 anos apresenta-se, no Quadro 5.17 os resultados das simulações efetuadas, que consistem nos valores máximos da cota de cheia e dos correspondentes caudais, alturas de água e velocidades do escoamento. No mesmo quadro apresentam-se ainda as cotas mínima (fundo) e máxima (topo), assim como, a folga com que o escoamento se processa em cada secção transversal. Na Figura 5.49 pode observar-se a folga com que o escoamento da cheia centenária se processa no troço de ribeira regularizado.

9

Quadro 5.17| Condições do escoamento da cheia centenária na ribeira regularizada ($Q_{100anos} = 27,96 \text{ m}^3/\text{s}$)

Perfil	Q_{total} [m ³ /s]	Z_{fundo} [m]	$Z_{superfície}$ [m]	Z_{topo} [m]	$H_{água}$ [m]	Folga [m]	$V_{média}$ [m/s]
250	27.96	6.56	6.64	9.22	2.08	0.58	4.48
240	27.96	6.47	6.54	9.13	2.07	0.59	4.5
230	27.96	6.4	6.46	9.06	2.06	0.6	4.53
220	27.96	6.32	6.37	8.98	2.05	0.61	4.55
210	27.95	6.24	6.26	8.9	2.02	0.64	4.6
200	27.95	6.15	6.14	8.81	1.99	0.67	4.68
190	27.95	6.06	6.01	8.72	1.95	0.71	4.79
180	27.95	5.93	5.79	8.59	1.86	0.8	5
170	27.95	5.8	5.55	8.46	1.75	0.91	5.31
160	27.95	5.67	5.29	8.33	1.62	1.04	5.76
150	27.4	5.55	4.95	8.21	1.4	1.26	6.51
140	13.41	5.41	6.7	8.07	1.29	1.37	3.46
130	10.9	5.28	6.58	7.94	1.31	1.35	3.34
120	10.9	5.15	6.47	7.81	1.32	1.34	3.3
110	10.9	5.02	6.36	7.68	1.34	1.32	3.26
100	10.9	4.91	6.26	7.57	1.35	1.31	3.23
90	10.9	4.79	6.17	7.45	1.38	1.28	3.16
80	10.9	4.68	6.08	7.34	1.4	1.26	3.11
70	10.9	4.56	6	7.22	1.44	1.22	3.03
60	10.9	4.47	5.93	7.13	1.46	1.2	2.98
50	10.9	4.37	5.87	7.03	1.5	1.16	2.9
40	10.9	4.27	5.82	6.93	1.55	1.11	2.81
30	10.9	4.17	5.78	6.83	1.61	1.05	2.7
20	10.9	4.04	5.6	6.7	1.56	1.1	4.65

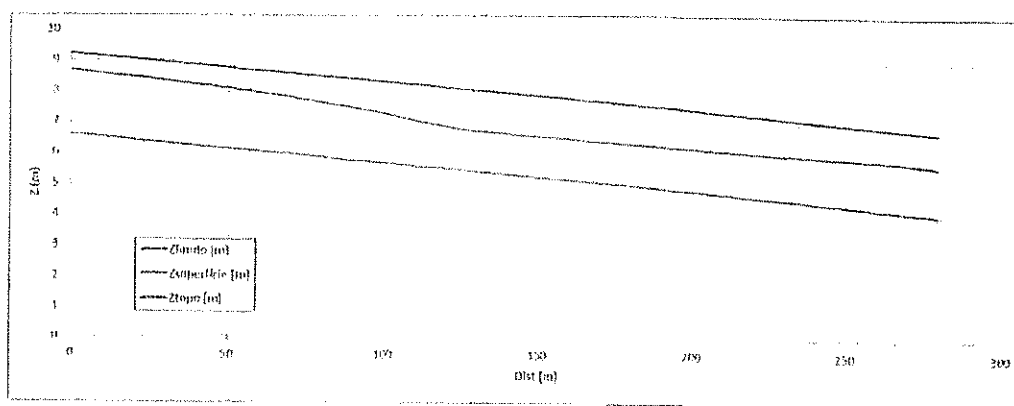


Figura 5.49| Cotas de fundo, da superfície da água máxima no trecho de ribeira regularizado ($Q_{100anos} = 27,96 \text{ m}^3/\text{s}$)

2009
14/10
①

Pode observar-se, entre outros resultados, o valor das folgas com que o escoamento do caudal com período de retorno de 100 anos se processa na linha de água. Da secção 250 até à secção 160 a folga varia entre 0,58 m e 1,04 m. Nas restantes secções a folga é sempre superior a 1,0 m. O caudal escoado é de cerca de 28 m³/s, a montante dos descarregadores e de cerca de 10.9 m³/s, a jusante destes.

Quanto às bacias de amortecimento, na simulação da cheia centenária, a bacia da esquerda atinge a respetiva capacidade máxima de armazenamento (Figura 5.51) enquanto que a bacia da direita não atinge a capacidade máxima (Figura 5.51)

A elevação da superfície livre na bacia da direita atinge a cota de (6,10), havendo retorno de caudal para a ribeira (Figura 5.51). Para evitar que tal aconteça, no jardim da Algojeia será colocado uma descarga de superfície ao coletor de Ø 1600 à cota 5,80 m.

A variação temporal do caudal descarregado para o interior de cada bacia (esquerda e direita) é apresentada na figura 5.40.

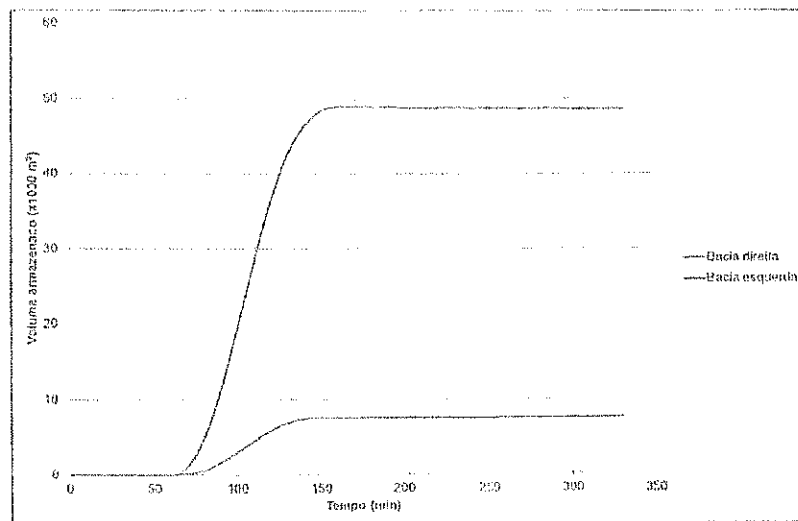


Figura 5.50| Volume de água armazenado nas bacias de amortecimento ($Q_{100anos} = 27,96 \text{ m}^3/\text{s}$)

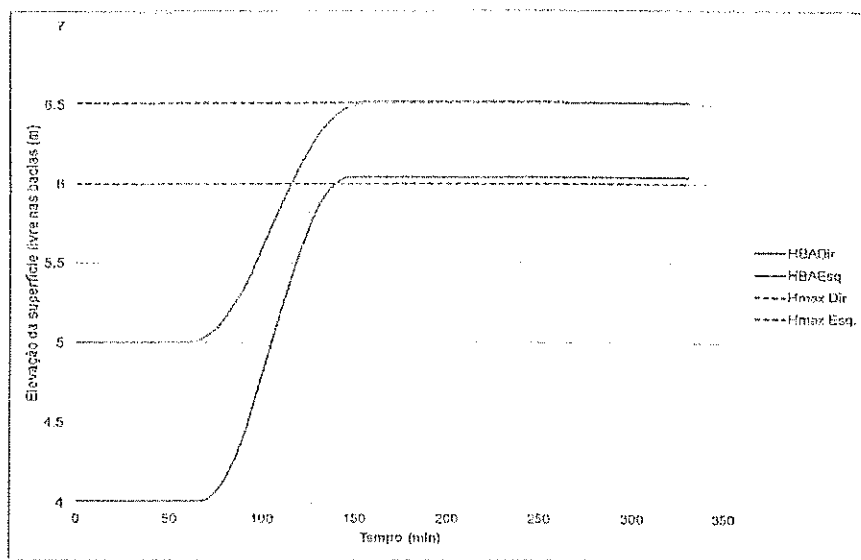


Figura 5.51| Elevação da superfície livre nas bacias de amortecimento ($Q_{100anos} = 27,96 \text{ m}^3/\text{s}$)

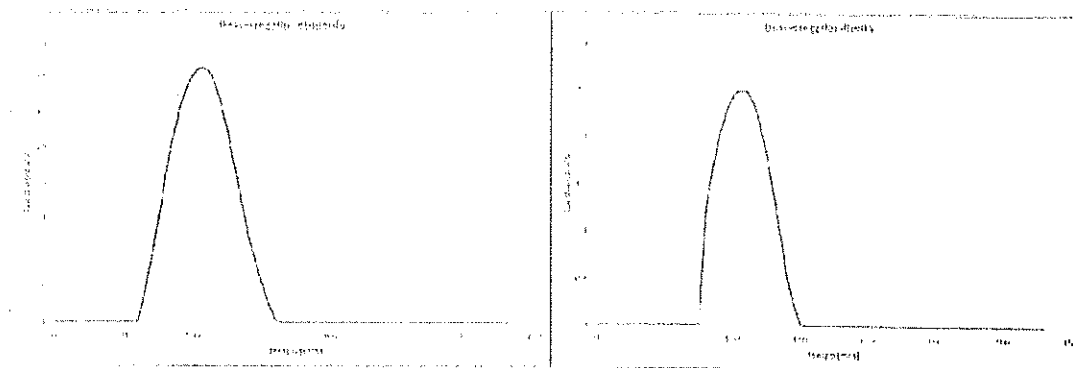


Figura 5.52| Caudal descarregado para o interior das bacias ($Q_{100anos} = 27,96 \text{ m}^3/\text{s}$)
Esq - bacia da esquerda; Dir, - bacia da direita

Conforme referido em 5.3.3 tomou-se como pressuposto inicial que o volume de amortecimento necessário corresponderia à diferença entre os volumes dos hidrogramas de cheia correspondentes aos períodos de retorno de 100 e 2 anos, tendo-se obtido o valor de $52.40 \times 10^3 \text{ m}^3$. Concluiu-se que, é possível armazenar nas bacias da direita e da esquerda esse volume com a condicionante de se poder escoar um caudal de cerca de $10 \text{ m}^3/\text{s}$.

5.6.4 Órgão de descarga da bacia de amortecimento

O esvaziamento da bacia de amortecimento da Figueira é realizado através de válvulas de maré.

Doc 9
13/10
④

5.7 Dimensionamento das valas de escoamento

Tendo em conta o caudal que aflui à bacia de amortecimento através dos descarregadores dimensionaram-se as valas de escoamento preferencial dentro das bacias.

Para efeitos de dimensionamento das valas de drenagem considerou-se: o caudal de dimensionamento; cotas de montante, (Z_m), cota de jusante da vala (Z_j), altura máxima na vala (h_u), geometria trapezoidal.

O dimensionamento hidráulico é efetuado em função da equação de Manning-Strickler,

$$Q = K_s \times S \times R^{2/3} \times \sqrt{J}$$

sendo:

K Coeficiente de Manning

S Secção trapezoidal definida pela equação $S = (l + mh_u)h_u$, onde m é a inclinação das paredes da vala e h_u a altura da vala

R Raio hidráulico definido por $R = \left(\frac{(l + mh_u)h_u}{l + 2h_u\sqrt{1 + m^2}} \right)$

Para a análise em questão foi considerado uma rugosidade de $n=0.035$, ou seja, cobertura da vala em solo natural com vegetação (definidos como canais em terra uniformes).

No Quadro 5.18 apresentam-se as características resultantes do dimensionamento da vala e na Figura 5.53 a sua posição relativa no interior bacia de amortecimento. No Desenho 8 do Anexo 1 apresentam-se as valas de escoamento em pormenor.

Quadro 5.18| Características da vala

	Q [m ³ /s]	$i_{méd}$ [m/m]	Secção	Tipo material	Lagura rasto [m]	h_u [m]
Vala 1	2,69	0,0150	Retangular	Terreno Natural com vegetação	4,0	0,40
Vala 2	14,50	0,015	Retangular	Terreno Natural com vegetação	20,0	1,00

4

Observar os pormenores tipo nas peças desenhadas em anexo

Figura 5.53| Valas nas bacias de amortecimento

2015
12/15
C

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho refere-se à definição de uma solução integrada de defesa contra cheias na cidade de Setúbal. Foram objeto deste estudo: i) a definição de uma solução de regularização do troço final da ribeira da Figueira; ii) o dimensionamento de duas bacias de amortecimento a implementar e a respetiva compatibilização com as infraestruturas existentes; iii) o dimensionamento de valas de drenagem para a condução dos caudais descarregados; e iv) redimensionamento de 2 passagens hidráulicas existentes na ribeira da Figueira.

Com vista a cumprir os objetivos acima referidos procedeu-se à realização de um estudo hidrológico da ribeira da Figueira com a caracterização das características fisiográficas da respetiva bacia, do tempo de concentração, do regime de precipitações, dos caudais e dos volumes de cheia.

Para responder aos objetivos i) e ii) avaliou-se primeiramente a capacidade de transporte do troço a céu aberto da ribeira da Figueira, isto é, determinou-se o valor do caudal a partir do qual se verifica extravasamento da ribeira. Para efetuar a modelação numérica do escoamento na ribeira da Figueira, a mesma foi caracterizada por secções transversais espaçadas de 5 em 5m no interior do troço em estudo. O modelo numérico implementado permitiu visualizar as áreas de inundação, especialmente para os caudais mais elevados. Para avaliar a capacidade de transporte atual do troço a céu aberto da ribeira da Figueira simulou-se o escoamento em regime uniforme para caudais entre 1 e 20 m³/s ao longo da ribeira não regularizada e determinaram-se as secções de transbordo para diversos caudais. Verificou-se que mesmo para caudais pequenos existia inundação das áreas adjacentes à ribeira de forma totalmente arbitrária. Desta forma considerou-se ser necessário regularizar o leito da ribeira para uma secção capaz de conduzir caudais com períodos de retorno de 10 anos sem a ocorrência de transbordo dos taludes laterais. Para períodos de retorno superiores, 50 e 100 anos, preconizou-se a implementação de duas bacias de amortecimento, uma na margem esquerda, onde se efetuará o amortecimento principal e outra na margem direita onde se efetuará um armazenamento adicional.

Note-se que, a implementação da bacia de amortecimento na zona em estudo, contribuirá para um melhor comportamento global do sistema ribeirinho, aquando da ocorrência de precipitações excepcionais e servirá também para amortecer os caudais de cheia gerados na bacia hidrográfica da ribeira da Figueira. Como pré-dimensionamento do volume a armazenar na bacia de amortecimento considerou-se o balanço entre os hidrogramas de cheias com períodos de retorno de 100 e 10 anos ($V_{100\text{anos}} - V_{10\text{anos}} = 52\,400\text{ m}^3$). Com base nas condicionantes topográficas e de compatibilização com as infraestruturas existentes definiu-se que será possível implementar na várzea uma área de armazenamento do lado direito da ribeira com capacidade máxima de $7\,380\text{ m}^3$ entre as cotas (4.00) e (6.00) - bacia da direita - e outra área de armazenamento do lado esquerdo da ribeira com capacidade máxima de $48\,670\text{ m}^3$ entre as cotas (5.00) e (6.50) - bacia da esquerda. Ou seja, consegue-se alocar um volume de $56\,050\text{ m}^3$ destinado a armazenamento de volumes de cheia na várzea da Figueira/Algodeira. As bacias de amortecimento previstas serão do tipo *superficial*, em termos de comportamento hidráulico e serão bacias *secas* em termos de principais características, na medida em que apenas conterão água em períodos de tempo relativamente curtos, após as chuvadas.

De seguida, definiu-se a geometria dos descarregadores laterais de caudal a implementar na ribeira para as bacias da direita e da esquerda, considerando como limite máximo de caudal a jusante destes descarregadores, o caudal com período de retorno de 10 anos ($Q_{2\text{anos}} = 10.65\text{ m}^3/\text{s}$), tendo-se ficado com 30 e 20 m de comprimento e com as soleiras implementadas à cota (6,50) e (6,45), respetivamente.

Estabelecidos os volumes de armazenamento necessários e as características dos órgãos de entrada de caudal nas bacias da esquerda e da direita (descarregadores laterais), definiu-se a geometria e o tipo de revestimento a adotar na regularização do troço a céu aberto da ribeira da Figueira. Para tal, assumiu-se que o troço de linha de água regularizado deveria ser capaz de transportar em condições de segurança o caudal de cheia com período de retorno de 100 anos ($Q_{100\text{anos}} = 27,96\text{ m}^3/\text{s}$), no troço a montante das descargas laterais, e o caudal de cheia com período de retorno de 2 anos ($Q_{2\text{anos}} = 10.65\text{ m}^3/\text{s}$), no troço a jusante das descargas até à secção de entrada no troço canalizado. Foram definidas 2 secções tipo em toda a ribeira, uma a montante das descargas laterais de caudal (Secção tipo 1) e outra a jusante destas descargas (Secção tipo 2). Estabeleceu-se uma inclinação constante 0,009 do leito mantendo a cota do rasto da ribeira regularizada à entrada do troço coberto de (4,04).

← DUC 5
11/15
②

Simularam-se vários caudais em regime permanente na ribeira regularizada, nomeadamente de 1 a 20 m³/s, verificando-se capacidade de vazão para todos.

Após uma simulação integrada de uma cheia centenária na ribeira regularizada com a bacia de amortecimento preconizada (bacias da direita e da esquerda) pode observar-se que, entre outros resultados, o valor das folgas com que o escoamento deste caudal se processa na linha de água é sempre superior a 50 cm. O caudal escoado é de cerca de 27.95 m³/s, a montante dos descarregadores e de cerca de 10,9 m³/s, a jusante destes.

O esvaziamento dos caudais acumulados na bacia de amortecimento (é realizado através de 2 pontos de descarga com válvulas de maré).

Foram dimensionadas as valas de drenagem que encaminham o escoamento proveniente das descargas. Com base nos caudais de 2.69 e 14.50 m³/s preconizaram-se valas de secção retangular construídas em terreno natural com larguras de rasto de 4,0 e 20,0 m e, com alturas de 0,4 e 1,0 m para as Valas 1 e 2, respetivamente.

4

Como no troço a céu aberto regularizado se adota uma solução de revestimento com betão, portanto, uma solução que assegura a estabilidade do leito e margens mesmo para velocidades elevadas do escoamento, desde que se mantenham condições adequadas de limpeza da linha de água, da bacia de amortecimento, e das valas de drenagem, para que o sistema funcione nas condições idealizadas, o mesmo terá capacidade dar resposta à cheia centenária. Neste contexto deverão realizar-se operações de limpeza e manutenção sazonais por forma a não permitir que o funcionamento das estruturas referidas fique limitado ou impossibilitado e também como medida de proteção do sistema de drenagem para jusante uma vez que limitam a quantidade de material erodido e/ou lixo que passa para jusante. Em particular, deverá ter-se especial cuidado com as válvulas de maré uma vez que a zona da bacia onde estão implementadas, apresenta frequentemente depósito de lixo e de material erodido. Considerando a reduzida dimensão dos orifícios preconizados, apenas operações regulares de limpeza conseguirão evitar a sua colmatação e a consequente criação de zonas de águas paradas no interior da bacia de amortecimento, induzindo assim à criação de charcos, normalmente acompanhados por aparecimento de mau odores, anfíbios e insetos.

As operações de limpeza descritas serão facilitadas pelo facto de o material do canal ser constituído por betão, e por outro lado o rebaixamento do rasto por efeito do perfil de projeto, permitirá a retenção de material sólido removível antes de atingir a rede de coletores, mediante limpezas programadas.

A solução integrada de defesa contra cheias encontrada neste estudo permitirá regularizar o escoamento dos caudais de cheia na ribeira evitando situações de alagamentos até ao presente relativamente frequentes. Permite ainda garantir que numa situação de cheia extrema, os volumes elevados provenientes da bacia a montante sejam armazenados de forma controlada num local previsto para esse efeito evitando assim prejuízos avultados. Estes mesmos volumes poderão ser esvaziados gradualmente, após a cheia, garantindo sempre que o nível de água armazenado não seja causador de inundações a jusante.

10.4.10
2

Por fim, saliente-se que o estudo realizado prevê que a jusante da bacia de amortecimento se consiga transportar o caudal de cheia com período de retorno de 2 anos ou pelo menos $10,90 \text{ m}^3/\text{s}$ (valor resultante da simulação integrada de todo o sistema), nomeadamente, em ambos os troços a céu aberto e canalizado da ribeira, o que atualmente, não acontece. De facto, a capacidade de vazão atual do trecho canalizado da ribeira é inferior à requerida ($4,6 < 10,9 \text{ m}^3/\text{s}$). Assim, a solução integrada de defesa contra cheias apresentada neste estudo só funcionará da forma aqui descrita quando a secção de vazão do trecho canalizado for intervencionada para transportar um caudal mínimo de $10,9 \text{ m}^3/\text{s}$. Neste contexto, recomenda-se que a obra de aumento da secção de vazão do trecho canalizado seja concretizada, se possível, imediatamente após a implementação a solução definida neste estudo.

Ainda duas recomendações a tomar em conta na fase de projeto de execução: a comunicação ao condomínio do edifício implantado na margem esquerda da ribeira, a montante da PH da Estrada, para que introduzam uma abertura de cerca de 20 cm na parte inferior da proteção do passadiço, em vidro, atendendo à proximidade da cota de elevação da superfície livre da água (T_{100}) e a cota de soleira do passagem pedonal, e a instalação de placas informativas a propósito da condição de área inundável no jardim da Alameda e da bacia de amortecimento da margem esquerda, após ouvir a opinião da Proteção Civil Municipal.

4

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- [1] "Defesa contra cheias na cidade de Setúbal. Estudo Prévio (2009)". ATKINS. INAG
- [2] ANTÃO DA SILVA, P., BANA E COSTA, C., NUNES CORREIA, F. (1998) – "Avaliação multicritério das incidências ambientais de medidas de controlo de cheias: o caso da Ribeira do Livramento". 4º Congresso da Água. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos. - Lisboa : APRH, 1998.
- [3] "Índice Hidrográfico e Classificação Decimal dos Cursos de Água de Portugal (1981)" DGRAH. Ministério da Habitação e Obras Públicas, Lisboa
- [4] BRANDÃO, C., RODRIGUES, R. e PINTO DA COSTA, J. (2001) – "Análise de fenómenos extremos. Precipitações intensas em Portugal Continental". Direcção dos Serviços de Recursos Hídricos, Instituto da Água, Dezembro.
- [5] CHOW, V.T. (1981) – "Open-channel hydraulics". International student edition, McGraw-Hill International Book Company, pp. 120-123.
- [6] CORREIA, F.N. (1984a) – "Proposta de um método para a determinação de caudais de cheia em pequenas bacias naturais e urbanas". ITH6, LNEC, Lisboa, Portugal
- [7] DECRETO REGULAMENTAR Nº 23/95 DE 23 DE AGOSTO. Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações. *Diário da República – I Série-B. N.º 194 – 23-08-1995*
- [8] IEP (2001) – "Manual de drenagem superficial em vias de comunicação." Lisboa: Instituto das Estradas de Portugal (IEP).
- [9] LENCASTRE, A. (1991) – "Hidráulica geral". Edição do Autor, 2ª edição, Luso-Brasileira, Lisboa. Portugal.
- [10] LNEC (1995) – "Curso sobre drenagem de águas superficiais em vias de comunicação." Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), 16 e 17 de Fevereiro, 1995.
- [11] USACE (2002) – "HEC-RAS River Analysis System – User's manual". U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Centre (HEC).
- [12] TEMEZ, J.R. (1978) – "Calculo hidrometeorológico de caudales maximos em pequenas cuencas naturales." Madrid: Ministério de Obras Públicas y Urbanismo (MOPU). Dirección General de Carreteras, n. 12, 1978.

Handwritten notes: a bracket on the left, and the text "doc 9" and "7/12" next to a circled "1".

-
- [13] SOIL CONSERVATION SERVICE (1973) – "A method for estimating volume and rate of runoff in small watersheds". U.S. Department of Agriculture, Washington DC.
 - [14] APONTAMENTOS DE HIDRAULICA APLICADA (2010) – Instituto superior de Engenharia de Lisboa.
 - [15] FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (1985) – "Hydraulic design of highway culverts". Hydraulic Design Series n.º 5, U.S. Department of Transportation.
 - [16] Hydraulic Design of Highway culvert – HDS5 (2001)– U.S. Department of transportation-federal highway administration.

Quadro A. 2| Resultado da simulação linha de água da ribeira da Figueira regularizada (2 anos)

Tempo (h)	Hidrogramas 2 anos (Q (m ³ /s))					Conduta
	Entrada	Após PH Muro	Após PH Rotunda	Após PH Estrada	Após PH Aqueduto	
0:00	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0
0:05	0,1	0,2	0,2	0,2	0	0
0:10	0,1	0,15	0,25	0,26	0,26	0
0:15	0,2	0,11	0,17	0,18	0,19	0
0:20	0,4	0,16	0,15	0,16	0,16	0
0:25	0,8	0,31	0,2	0,19	0,19	0
0:30	1,4	0,64	0,39	0,35	0,35	0
0:35	2,4	1,19	0,81	0,77	0,75	0
0:40	3,6	2,11	1,66	1,56	1,54	0
0:45	5	3,29	2,77	2,66	2,6	0,03
0:50	6,7	4,64	4,1	3,97	3,75	0,2
0:55	8,5	6,36	5,79	5,63	5,13	0,47
1:00	10	8,17	7,58	7,44	6,61	0,79
1:05	11,2	9,7	9,17	9,05	7,91	1,11
1:10	12,1	10,93	10,49	10,4	8,99	1,39
1:15	12,5	11,89	11,54	11,46	9,83	1,61
1:20	12,6	12,42	12,21	12,16	10,39	1,75
1:25	12,3	12,58	12,5	12,48	10,65	1,82
1:30	11,7	12,33	12,39	12,39	10,59	1,8
1:35	11	11,78	11,94	11,97	10,26	1,72
1:40	10	11,13	11,33	11,37	9,79	1,6
1:45	8,9	10,2	10,5	10,55	9,15	1,43
1:50	7,8	9,11	9,46	9,53	8,34	1,22
1:55	6,8	8,01	8,37	8,44	7,47	1
2:00	5,9	6,97	7,31	7,39	6,61	0,8
2:05	5,1	6,06	6,36	6,43	5,84	0,62
2:10	4,4	5,25	5,52	5,58	5,14	0,47
2:15	3,7	4,54	4,78	4,84	4,52	0,34
2:20	3,2	3,86	4,11	4,17	3,95	0,24
2:25	2,7	3,33	3,55	3,6	3,46	0,15
2:30	2,3	2,82	3,03	3,07	3,01	0,08
2:35	1,9	2,4	2,57	2,61	2,59	0,03
2:40	1,7	2,01	2,18	2,22	2,22	0
2:45	1,4	1,77	1,89	1,92	1,93	0
2:50	1,2	1,48	1,62	1,65	1,66	0
2:55	1	1,26	1,38	1,41	1,41	0
3:00	0,9	1,06	1,17	1,19	1,2	0
3:05	0,7	0,94	1,02	1,04	1,04	0
3:10	0,6	0,77	0,86	0,88	0,88	0
3:15	0,5	0,64	0,72	0,74	0,75	0
3:20	0,5	0,54	0,61	0,63	0,64	0
3:25	0,4	0,51	0,55	0,56	0,57	0
3:30	0,3	0,44	0,49	0,5	0,5	0
3:35	0,3	0,34	0,42	0,43	0,43	0
3:40	0,2	0,31	0,36	0,37	0,37	0
3:45	0,2	0,24	0,3	0,31	0,31	0
3:50	0,2	0,21	0,25	0,26	0,26	0

Doc 5
6/15
②

3:55	0,1	0,2	0,22	0,23	0,23	0
4:00	0,1	0,14	0,19	0,19	0,2	0
4:05	0,1	0,11	0,15	0,16	0,16	0
4:10	0,1	0,1	0,12	0,13	0,13	0
4:15	0,1	0,1	0,11	0,11	0,11	0
4:20	0,1	0,1	0,1	0,11	0,11	0
4:25	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0
4:30	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0
4:35	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0
4:40	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0
4:45	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0
4:50	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0
4:55	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0

Quadro A. 3| Resultado da simulação linha de água da ribeira da Figueira regularizada (5 anos)

Tempo (h)	Hidrogramas 5 anos (Q (m³/s))					Conduta
	Entrada	Após PH Muro	Após PH Rotunda	Após PH Estrada	Após PH Aqueduto	
0:00	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0
0:05	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0
0:10	0,2	0,15	0,25	0,26	0,26	0
0:15	0,4	0,17	0,19	0,2	0,2	0
0:20	0,7	0,31	0,23	0,22	0,22	0
0:25	1,3	0,58	0,38	0,35	0,34	0
0:30	2,2	1,09	0,76	0,69	0,68	0
0:35	3,5	1,93	1,51	1,42	1,4	0
0:40	5,3	3,16	2,62	2,5	2,46	0,02
0:45	7,3	4,87	4,21	4,06	3,81	0,21
0:50	9,7	6,91	6,22	6,04	5,47	0,54
0:55	12,1	9,25	8,49	8,32	7,31	0,96
1:00	14,2	11,56	10,76	10,6	9,13	1,42
1:05	15,9	13,75	12,96	12,81	10,89	1,88
1:10	17	15,3	14,68	14,56	12,27	2,25
1:15	17,6	16,31	15,88	15,79	13,1	2,46
1:20	17,7	17,27	16,9	16,91	14,15	2,74
1:25	17,3	17,75	17,53	17,49	14,65	2,84
1:30	16,6	17,26	17,36	17,37	14,55	2,82
1:35	15,5	16,66	16,85	16,89	14,15	2,74
1:40	14,1	15,92	16,17	16,13	13,35	2,53
1:45	12,6	14,62	15,04	15,11	12,75	2,37
1:50	11,1	13	13,55	13,66	11,6	2,07
1:55	9,7	11,34	11,89	12	10,3	1,73
2:00	8,5	9,98	10,45	10,55	9,15	1,43
2:05	7,3	8,73	9,16	9,25	8,11	1,16
2:10	6,3	7,53	7,92	8,01	7,12	0,92
2:15	5,4	6,48	6,82	6,9	6,21	0,72
2:20	4,6	5,57	5,86	5,94	5,43	0,53
2:25	3,9	4,75	5,03	5,1	4,73	0,38
2:30	3,3	4,06	4,3	4,37	4,12	0,27
2:35	2,8	3,45	3,69	3,74	3,59	0,17
2:40	2,4	2,93	3,14	3,19	3,11	0,1
2:45	2	2,5	2,67	2,72	2,69	0,04
2:50	1,7	2,11	2,27	2,31	2,32	0,01
2:55	1,5	1,79	1,94	1,97	1,98	0
3:00	1,2	1,56	1,68	1,71	1,72	0
3:05	1,1	1,28	1,42	1,45	1,45	0
3:10	0,9	1,14	1,23	1,25	1,26	0
3:15	0,8	0,96	1,06	1,08	1,08	0
3:20	0,7	0,84	0,92	0,93	0,94	0
3:25	0,6	0,74	0,8	0,82	0,82	0
3:30	0,5	0,64	0,7	0,71	0,72	0
3:35	0,4	0,54	0,61	0,62	0,63	0
3:40	0,3	0,44	0,52	0,53	0,54	0
3:45	0,3	0,34	0,43	0,44	0,45	0
3:50	0,3	0,31	0,36	0,37	0,38	0
3:55	0,2	0,3	0,32	0,33	0,33	0
4:00	0,2	0,24	0,28	0,29	0,3	0

2009
5-15
④

4:05	0,2	0,21	0,25	0,25	0,26	0
4:10	0,1	0,2	0,22	0,23	0,23	0
4:15	0,1	0,14	0,19	0,19	0,2	0
4:20	0,1	0,11	0,15	0,16	0,16	0
4:25	0,1	0,1	0,12	0,13	0,13	0
4:30	0,1	0,1	0,11	0,11	0,11	0
4:35	0,1	0,1	0,1	0,11	0,11	0
4:40	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0
4:45	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0
4:50	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0
4:55	0,1	0,1	0,12	0,12	0,12	0

Quadro A. 4| Resultado da simulação linha de água da ribeira da Figueira regularizada (10 anos)

Tempo (h)	Hidrogramas 10 anos (Q (m ³ /s))					
	Entrada	Após PH Muro	Após PH Rotunda	Após PH Estrada	Após PH Aqueduto	Adutora
0:00	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0
0:05	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0
0:10	0,1	0,15	0,25	0,26	0,26	0
0:15	0,3	0,11	0,17	0,18	0,19	0
0:20	0,5	0,22	0,17	0,17	0,17	0
0:25	0,9	0,4	0,26	0,25	0,24	0
0:30	1,6	0,75	0,49	0,44	0,44	0
0:35	2,8	1,37	1,01	0,94	0,92	0
0:40	4,4	2,46	1,96	1,85	1,82	0
0:45	6,5	4	3,39	3,25	3,12	0,1
0:50	9	6,05	5,33	5,15	4,73	0,38
0:55	11,8	8,53	7,72	7,53	6,68	0,81
1:00	14,7	11,19	10,29	10,11	8,74	1,32
1:05	17,2	14	13,01	12,82	10,9	1,88
1:10	19,1	16,05	15,22	15,06	12,66	2,35
1:15	20,5	18,39	17,52	17,44	14,59	2,83
1:20	21,2	19,9	19,28	19,14	16,02	3,08
1:25	21,3	20,79	20,41	20,31	17,04	3,25
1:30	20,8	21,16	20,97	20,92	17,57	3,33
1:35	19,9	20,91	20,95	20,95	17,61	3,34
1:40	18,7	20,22	20,42	20,47	17,2	3,27
1:45	17	19,12	19,48	19,56	16,43	3,15
1:50	15,2	17,36	17,93	18,05	15,14	2,93
1:55	13,4	15,72	16,3	16,33	13,51	2,58
2:00	11,7	13,99	14,59	14,71	12,42	2,28
2:05	10,2	12,04	12,69	12,82	10,96	1,9
2:10	8,8	10,5	11,03	11,14	9,63	1,55
2:15	7,6	9,07	9,56	9,66	8,45	1,24
2:20	6,5	7,83	8,25	8,35	7,39	0,98
2:25	5,5	6,69	7,06	7,15	6,41	0,76
2:30	4,7	5,68	6,01	6,09	5,55	0,56
2:35	4	4,86	5,14	5,21	4,83	0,4
2:40	3,4	4,16	4,4	4,47	4,21	0,29
2:45	2,9	3,55	3,78	3,84	3,67	0,19
2:50	2,5	3,03	3,24	3,29	3,2	0,11
2:55	2,1	2,6	2,77	2,82	2,78	0,05
3:00	1,8	2,2	2,37	2,41	2,41	0,01
3:05	1,5	1,89	2,03	2,07	2,08	0
3:10	1,3	1,58	1,73	1,76	1,77	0
3:15	1,1	1,36	1,48	1,51	1,52	0
3:20	0,9	1,16	1,26	1,29	1,3	0
3:25	0,8	0,96	1,07	1,09	1,1	0
3:30	0,7	0,84	0,92	0,94	0,94	0
3:35	0,6	0,74	0,8	0,82	0,82	0
3:40	0,5	0,64	0,7	0,72	0,72	0
3:45	0,4	0,54	0,61	0,62	0,63	0
3:50	0,4	0,44	0,52	0,53	0,54	0
3:55	0,3	0,41	0,46	0,47	0,47	0
4:00	0,3	0,34	0,39	0,41	0,41	0

S 12049
4-15
@

4:05	0,2	0,31	0,35	0,36	0,36	0
4:10	0,2	0,24	0,3	0,31	0,31	0
4:15	0,2	0,21	0,25	0,26	0,26	0
4:20	0,1	0,2	0,22	0,23	0,23	0
4:25	0,1	0,14	0,19	0,19	0,2	0
4:30	0,1	0,11	0,15	0,16	0,16	0
4:35	0,1	0,1	0,12	0,13	0,13	0
4:40	0,1	0,1	0,11	0,11	0,11	0
4:45	0,1	0,1	0,1	0,11	0,11	0
4:50	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0
4:55	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0

Quadro A. 5| Resultado da simulação linha de água da ribeira da Figueira regularizada (20 anos)

Tempo (h)	Hidrogramas 20 anos (Q (m ³ /s))					
	Entrada	Após PH Muro	Após PH Rotunda	Após PH Estrada	Após PH Aqueduto	Adutora
0:00	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0
0:05	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0
0:10	0,1	0,15	0,25	0,26	0,26	0
0:15	0,3	0,11	0,17	0,16	0,19	0
0:20	0,5	0,22	0,17	0,17	0,17	0
0:25	0,7	0,4	0,26	0,25	0,24	0
0:30	1,3	0,61	0,43	0,4	0,39	0
0:35	2,2	1,1	0,8	0,74	0,73	0
0:40	3,7	1,94	1,53	1,43	1,41	0
0:45	5,7	3,32	2,73	2,6	2,55	0,02
0:50	8,2	5,23	4,51	4,34	4,05	0,26
0:55	11,3	7,73	6,9	6,7	6	0,65
1:00	14,7	10,68	9,7	9,5	8,26	1,19
1:05	17,8	13,91	12,76	12,55	10,68	1,82
1:10	20,3	16,23	15,28	15,1	12,71	2,36
1:15	22,2	19,34	18,21	18,08	15,12	2,93
1:20	23,4	21,25	20,45	20,27	16,99	3,24
1:25	23,9	22,8	22,07	21,93	18,44	3,47
1:30	23,6	23,72	23,1	23,01	19,38	3,61
1:35	22,9	23,64	23,45	23,41	19,73	3,66
1:40	21,7	23,04	23,23	23,25	19,61	3,64
1:45	20	22,03	22,51	22,57	19,03	3,56
1:50	17,9	20,58	21,24	21,35	17,97	3,4
1:55	15,8	18,62	19,33	19,48	16,37	3,14
2:00	13,8	16,23	17,03	17,21	14,43	2,8
2:05	12	14,5	15,14	15,18	12,81	2,39
2:10	10,4	12,46	13,15	13,29	11,32	1,99
2:15	9	10,7	11,29	11,42	9,85	1,61
2:20	7,7	9,28	9,78	9,88	8,62	1,29
2:25	6,5	7,95	8,39	8,49	7,51	1,01
2:30	5,5	6,71	7,11	7,21	6,46	0,77
2:35	4,7	5,69	6,02	6,11	5,57	0,56
2:40	4	4,86	5,14	5,21	4,83	0,4
2:45	3,4	4,16	4,4	4,47	4,21	0,29
2:50	2,9	3,55	3,78	3,84	3,67	0,19
2:55	2,5	3,03	3,24	3,29	3,2	0,11
3:00	2,1	2,6	2,77	2,82	2,78	0,05
3:05	1,8	2,2	2,37	2,41	2,41	0,01
3:10	1,5	1,89	2,03	2,07	2,08	0
3:15	1,3	1,58	1,73	1,76	1,77	0
3:20	1,1	1,36	1,48	1,51	1,52	0
3:25	0,9	1,16	1,26	1,29	1,3	0
3:30	0,8	0,96	1,07	1,09	1,1	0
3:35	0,7	0,84	0,92	0,94	0,94	0
3:40	0,6	0,74	0,8	0,82	0,82	0
3:45	0,5	0,64	0,7	0,72	0,72	0
3:50	0,4	0,54	0,61	0,62	0,63	0
3:55	0,4	0,44	0,52	0,53	0,54	0
4:00	0,3	0,41	0,46	0,47	0,47	0

✓ DUC 9
3/10
①

4:05	0,3	0,34	0,39	0,41	0,41	0
4:10	0,2	0,31	0,35	0,36	0,36	0
4:15	0,2	0,24	0,3	0,31	0,31	0
4:20	0,2	0,21	0,25	0,26	0,26	0
4:25	0,1	0,2	0,22	0,23	0,23	0
4:30	0,1	0,14	0,19	0,19	0,2	0
4:35	0,1	0,11	0,15	0,16	0,16	0
4:40	0,1	0,1	0,12	0,13	0,13	0
4:45	0,1	0,1	0,11	0,11	0,11	0
4:50	0,1	0,1	0,1	0,11	0,11	0
4:55	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0

Quadro A. 6] Resultado da simulação linha de água da ribeira da Figueira regularizada (50 anos)

Tempo (h)	Hidrogramas 50 anos (Q (m ³ /s))					Adutora
	Entrada	Após PH Muro	Após PH Rotunda	Após PH Estrada	Após PH Aqueduto	
0:00	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0
0:05	0,1	0,15	0,25	0,26	0,26	0
0:10	0,1	0,11	0,17	0,18	0,19	0
0:15	0,1	0,1	0,13	0,14	0,14	0
0:20	0,1	0,1	0,11	0,12	0,12	0
0:25	0,2	0,05	0,09	0,09	0,09	0
0:30	0,4	0,21	0,11	0,11	0,11	0
0:35	0,2	0,81	0,41	0,35	0,34	0
0:40	1,4	1,22	0,9	0,82	0,8	0
0:45	2,5	2,19	1,74	1,63	1,61	0
0:50	4,2	3,79	3,14	3	2,9	0
0:55	6,5	6	5,2	5,02	4,62	0,13
1:00	9,4	8,86	7,93	7,71	6,82	0,49
1:05	13	12,16	11,04	10,81	9,3	1,04
1:10	16,9	15,64	14,38	14,14	11,93	1,72
1:15	20,8	19,18	17,85	17,69	14,78	2,37
1:20	24,2	22,58	21,26	20,98	17,6	3,1
1:25	26,9	25,17	24,21	23,98	20,28	3,59
1:30	28,6	27,86	26,56	26,32	22,29	4
1:35	29,5	28,92	28,06	27,86	23,65	4,29
1:40	29,6	29,37	28,87	28,82	24,49	4,42
1:45	29	29,15	29,05	29,04	24,69	4,59
1:50	27,7	28,22	28,57	28,6	24,32	4,65
1:55	26	26,79	27,49	27,54	23,39	4,63
2:00	23,7	24,16	25,37	25,64	21,8	4,47
2:05	21,2	21,84	23,21	23,38	19,74	4,31
2:10	18,7	19,56	20,8	21,01	17,69	3,99
2:15	16,4	16,86	17,87	18,1	15,2	3,6
2:20	14,3	15,03	15,74	15,81	13,12	3,28
2:25	12,4	12,93	13,67	13,81	11,73	2,84
2:30	10,7	10,98	11,64	11,78	10,13	2,39
2:35	9,1	9,42	9,96	10,08	8,78	1,97
2:40	7,8	8,05	8,52	8,62	7,6	1,54
2:45	6,6	6,81	7,22	7,31	6,55	1,21
2:50	5,6	5,79	6,12	6,21	5,65	0,92
2:55	4,7	4,87	5,18	5,25	4,87	0,7
3:00	4	4,16	4,41	4,48	4,22	0,51
3:05	3,4	3,55	3,79	3,85	3,67	0,36
3:10	2,9	3,03	3,24	3,29	3,2	0,25
3:15	2,5	2,6	2,77	2,82	2,78	0,17
3:20	2,1	2,2	2,37	2,41	2,41	0,09
3:25	1,8	1,89	2,03	2,07	2,08	0,04
3:30	1,5	1,58	1,73	1,76	1,77	0,01
3:35	1,3	1,36	1,48	1,51	1,52	0
3:40	1,1	1,16	1,26	1,29	1,3	0
3:45	0,9	0,96	1,07	1,09	1,1	0
3:50	0,8	0,84	0,92	0,94	0,94	0
3:55	0,7	0,74	0,8	0,82	0,82	0
4:00	0,6	0,64	0,7	0,72	0,72	0

Doc
27/10
C

4:05	0,5	0,54	0,61	0,62	0,63	0
4:10	0,4	0,44	0,52	0,53	0,54	0
4:15	0,4	0,41	0,46	0,47	0,47	0
4:20	0,3	0,34	0,39	0,41	0,41	0
4:25	0,3	0,31	0,35	0,36	0,36	0
4:30	0,2	0,24	0,3	0,31	0,31	0
4:35	0,2	0,21	0,25	0,26	0,26	0
4:40	0,1	0,14	0,2	0,21	0,21	0
4:45	0,1	0,11	0,16	0,17	0,17	0
4:50	0,1	0,1	0,13	0,13	0,14	0
4:55	0,1	0,1	0,11	0,11	0,12	0

Quadro A. 7] Resultado da simulação linha de água da ribeira da Figueira regularizada (100 anos)

Tempo (h)	Hidrogramas 100 anos (Q (m ³ /s))					Aclutura
	Entrada	Após PH Muro	Após PH Rolunda	Após PH Estrada	Após PH Aqueduto	
0:00	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0
0:05	0,1	0,14	0,24	0,25	0,25	0
0:10	0,1	0,11	0,15	0,17	0,17	0
0:15	0,2	0,1	0,12	0,13	0,13	0
0:20	0,3	0,17	0,13	0,13	0,13	0
0:25	0,5	0,26	0,19	0,18	0,18	0
0:30	1	0,43	0,32	0,29	0,29	0
0:35	1,7	0,87	0,62	0,57	0,56	0
0:40	2,9	1,55	1,26	1,17	1,15	0
0:45	4,8	2,65	2,24	2,13	2,11	0
0:50	7,4	4,49	3,93	3,77	3,67	0,13
0:55	10,7	7,03	6,33	6,11	5,71	0,49
1:00	14,7	10,2	9,35	9,12	8,22	1,04
1:05	19,1	14,01	12,94	12,69	11,11	1,72
1:10	23,5	17,72	16,61	16,34	14,09	2,37
1:15	27,3	21,68	20,45	20,18	17,25	3,1
1:20	30,2	26,05	24	23,76	20,44	3,59
1:25	32,1	29,16	26,96	26,67	22,93	4
1:30	33,1	31,23	29,44	29,22	25,2	4,29
1:35	33,2	32,37	31,06	30,95	26,73	4,42
1:40	32,5	32,8	32	31,93	27,62	4,59
1:45	31,1	32,57	32,34	32,31	27,96	4,65
1:50	29,1	31,64	32,03	32,04	27,75	4,63
1:55	26,5	29,94	30,98	31,04	26,87	4,47
2:00	23,7	27,44	29,05	29,17	25,21	4,31
2:05	20,9	24,69	26,38	26,59	22,93	3,99
2:10	18,4	21,63	23,3	23,59	20,34	3,6
2:15	16	19,18	20,41	20,61	17,69	3,28
2:20	13,9	16,69	17,51	17,7	15,09	2,84
2:25	12	14,33	15,02	15,19	13,24	2,39
2:30	10,2	12,29	12,86	13,01	11,46	1,97
2:35	8,7	10,46	10,96	11,09	9,92	1,54
2:40	7,3	8,91	9,34	9,45	8,55	1,21
2:45	6,2	7,49	7,87	7,97	7,32	0,92
2:50	5,3	6,36	6,68	6,77	6,31	0,7
2:55	4,5	5,42	5,68	5,76	5,45	0,51
3:00	3,8	4,61	4,84	4,91	4,72	0,36
3:05	3,3	3,9	4,1	4,17	4,07	0,25
3:10	2,8	3,38	3,55	3,6	3,56	0,17
3:15	2,4	2,88	3,04	3,08	3,08	0,09
3:20	2	2,47	2,6	2,64	2,65	0,04
3:25	1,7	2,08	2,21	2,25	2,26	0,01
3:30	1,5	1,76	1,89	1,92	1,93	0
3:35	1,2	1,54	1,64	1,66	1,57	0
3:40	1,1	1,26	1,37	1,4	1,4	0
3:45	0,9	1,13	1,19	1,21	1,22	0
3:50	0,8	0,94	1,02	1,04	1,04	0
3:55	0,7	0,83	0,88	0,9	0,9	0
4:00	0,6	0,73	0,77	0,79	0,79	0
4:05	0,5	0,63	0,67	0,69	0,69	0
4:10	0,4	0,53	0,58	0,6	0,6	0

4 Dues
17/3
2

4:15	0,3	0,43	0,49	0,51	0,51	0
4:20	0,3	0,33	0,4	0,42	0,42	0
4:25	0,2	0,31	0,34	0,35	0,35	0
4:30	0,2	0,23	0,28	0,29	0,3	0
4:35	0,2	0,21	0,24	0,25	0,25	0
4:40	0,1	0,2	0,21	0,22	0,22	0
4:45	0,1	0,13	0,18	0,18	0,18	0
4:50	0,1	0,11	0,14	0,15	0,15	0
4:55	0,1	0,1	0,12	0,12	0,12	0

