

Valter Albino, M.Sc.

**Delimitação das zonas ameaçadas pelas cheias na ribeira de Seiça,
na área territorial do Plano de Urbanização de Ourém.**

Estudo de perigosidade hidrológica.

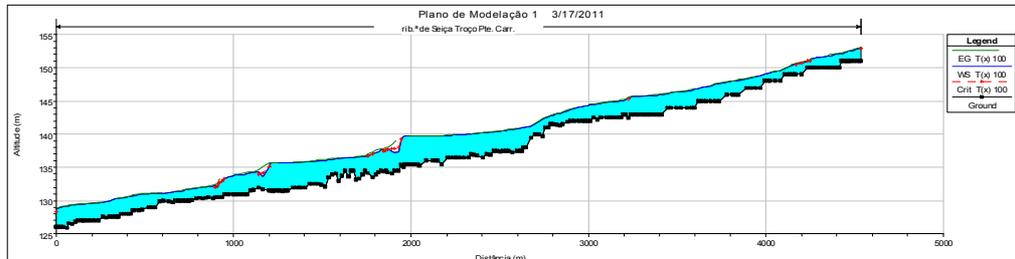
Porto Alto, Março - 2011

Valter Albino, M.Sc.



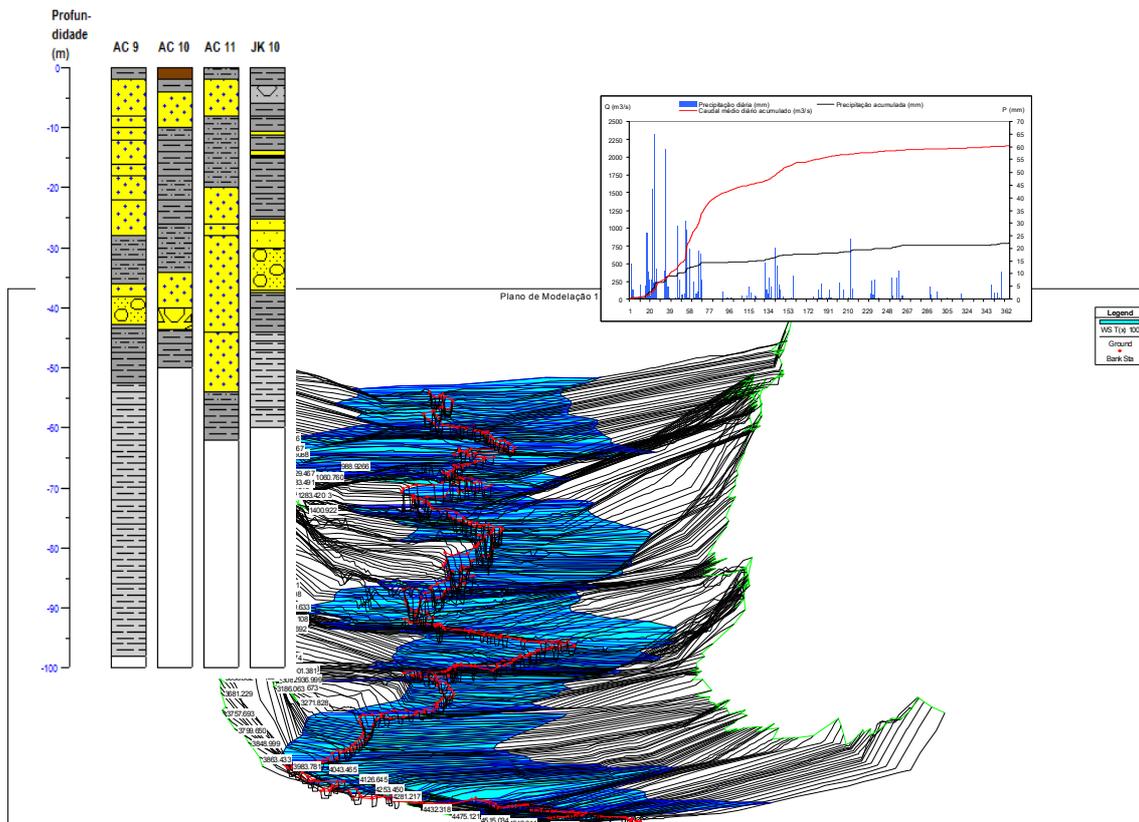
CÂMARA MUNICIPAL DE OURÉM

E AMBIOURÉM - GESTÃO DE ESPAÇOS E EQUIPAMENTOS MUNICIPAIS,
E. E. M.



**Delimitação das zonas ameaçadas pelas cheias na ribeira de Seça,
na área territorial do Plano de Urbanização de Ourém.**

Estudo de perigosidade hidrológica.



Porto Alto, Março - 2011

Ficha técnica

Título	Delimitação das zonas ameaçadas pelas cheias na ribeira de Seiça, na área territorial do Plano de Urbanização de Ourém. Estudo de perigosidade hidrológica.
Entidades que promovem o estudo	Câmara Municipal de Ourém e Ambourém - Gestão de Espaços e Equipamentos Municipais, E. E. M.

Elaboração	
Autoria	Formação académica / Associações Científicas
Valter Manuel Sanches Albino	Mestre em Geografia Física e Ordenamento do Território - IGOT/UL; Pós-graduado em Ordenamento do Território e Planeamento Ambiental - FCT/UNL; Pós-graduado em Sistemas de Informação Geográfica - FCT/UI; Licenciado em Geografia Física e Ordenamento do Território - IGOT/UL . Membro da Associação Portuguesa de Geógrafos n.º 1018 Membro da Associação Portuguesa de Geomorfólogos n.º 68

Índice geral

Ficha técnica	iii
Índice de figuras	vi
Índice de fotos.....	viii
Índice de tabelas.....	x
Índice de equações	xi
Índice de anexos.....	xii
Preâmbulo.....	xiii
Capítulo 1 – Definição do âmbito.....	1
1.1 Objectivos	1
1.2 Enquadramento legal e normativo	3
1.3 Antecedentes.....	5
1.4 Área de estudo	5
Capítulo 2 - Caracterização dos factores de escoamento.....	9
2.1 Climatologia e meteorologia	9
2.1.1 Rede climatológica.....	11
2.1.1.1 Análise da frequência de precipitações diárias máximas anuais.....	11
2.1.1.1.1 Determinação do período e retorno.....	14
2.1.1.1.2 Teste de adaptabilidade da função candidata	16
2.1.2 Balanço hidrológico sequencial da água no solo	17
2.1.3 Classificação e regime climático	19
2.2 Caracterização geológica	21
2.2.1 Enquadramento regional	21
2.2.2 Enquadramento da bacia fluvial	23
2.3 Caracterização geomorfológica.....	27
2.3.1 Enquadramento regional	27
2.3.2 Hidrogeomorfologia.....	30
2.3.2 Enquadramento local da bacia fluvial	33
2.4 Caracterização pedológica	40
2.4.1 Enquadramento regional	40
2.4.2 Enquadramento local da bacia fluvial	40
2.4.3 Grupos Hidrológicos de Solo.....	41
2.5 Caracterização do uso e ocupação do solo.....	42
2.5.1 Enquadramento local da bacia fluvial	42
2.5.1.1 Distribuição da população	44
2.6 Contexto hidrológico.....	45
2.6.1 Hidrologia de superfície	46
2.6.1.1 Hidrometria de caudais fluviais	46
2.6.2 Hidrologia subterrânea.....	47
Capítulo 3 – As cheias do Outono de 2006	51
3.1 Aspectos Gerais	51
3.2 Condições Meteorológicas	52
3.3 Método Histórico e Método Hidrogeomorfológico	55
Capítulo 4 – Metodologias, técnicas e fontes documentais.....	61
4.1 Metodologia	61
4.2 Processo conceptual do estudo	64
4.3 Climatologia	65
4.3.1 Classificação e regime climático	65
4.3.2 Preenchimento de falhas das séries de precipitação	66
4.3.3 Análise estatística da probabilidade e frequência de séries cronológicas de pluviosidade.....	66
4.3.4 Teste de adaptabilidade/rejeição/ajustamento.....	71
4.4 Grupos hidrológicos de solos	72
4.5 Hidrologia	76

4.5.1 Revisão da terminologia e conceitos de hidrologia teórica e prática	76
4.5.1.1 Energia em sistemas fluviais	76
4.5.1.2 Velocidade e resistência em escoamentos fluviais.....	83
4.6 Método Hidrológico-Hidráulico	89
4.6.1 Estimação do caudal de ponta de cheia	91
4.6.1.1 Tempo de concentração	92
4.6.1.2 Caudais de ponta de cheia.....	93
4.6.1.2.1 Fórmula do Soil Conservation Service	93
4.6.1.2.2 Fórmula de Loureiro.....	95
4.6.1.2.3 Fórmula Racional	95
4.6.1.2.4 Fórmula de Turazza-Giandotti	96
4.6.1.2.5 Fórmula de Iskowski	96
4.6.2 Definição das características geométricas dos canais a modelar	97
4.6.3 Características geométricas a consideração na modelação hidráulica.....	100
4.6.4 Modelação hidráulica	101
4.6.4.1 Ajuste e completagem dos dados geométricos	101
4.6.4.2 Definição dos dados de escoamento.....	102
4.6.4.3 Definição do plano geral da modelação hidráulica	102
4.6.4.3.1 Execução, validação e eventual calibração da modelação hidráulica.....	103
4.6.4.3.1.1 Conservação de energia	103
4.6.4.3.1.2 Perdas de Carga.....	104
Capítulo 5 – Resultados	105
5.1 Calibração e Validação	105
5.2 Extensão, profundidade e velocidade da superfície de inundação.....	106
Capítulo 6 – Considerações e Recomendações	111
6.1 Medidas de mitigação do efeito do risco de cheia	112
Referências documentais.....	113
Componente escrita	113
Componente cartográfica.....	120
Anexos.....	i

Índice de figuras

Figura 1 – Componentes de um modelo de risco (Ext. de VERDE e ZÉZERE, 2007, p. 8).....	2
Figura 2 – Localização regional da área objecto de análise da sub-bacia fluvial da ribeira de Seixa.....	6
Figura 3 – Enquadramento administrativo da área de estudo da sub-bacia fluvial da ribeira de Seixa.....	7
Figura 4 - Tipos de bloqueio em que se formam as gotas de ar frio. I – em bloqueio difluente; II – em <i>cut-off-low</i> , III – em ómega (Ext. de VENTURA, 1987, p. 46).....	9
Figura 5 – Mapa de precipitação média anual, normal 1931-60, para Portugal Continental (Ext. de DAVEAU <i>et al.</i> , 1977).	10
Figura 6 – Localização da rede meteorológica referenciada.....	12
Figura 7 – Representação gráfica do balanço hidrológico sequencial mensal do solo para a estação climatológica de Fátima (valores médios de 29 anos: 1932/1960).....	18
Figura 8 – Representação gráfica do balanço hidrológico sequencial mensal do solo para a estação climatológica de Caxarias (valores médios 2006/2007).....	19
Figura 9 – Representação gráfica dos meses secos de acordo com o critério de Gaussen para a estação climatológica de Fátima (valores médios de 1932/1960).....	21
Figura 10 – Meses secos de acordo com o critério de Gaussen para a estação climatológica de Caxarias (valores médios de 2006/2007).....	21
Figura 11 – Perfil morfoestrutural interpretativo da bacia cretácica da Estremadura. 1 - Maciço Hespérico; 2 - hemigraben oriental; 3 - depressão central; hemigraben ocidental; horst marginal (Ext. de PARALTA, 1995, p. 4, de acordo com Jacques Rey, 1983, <i>in vol.</i> 24, S.G.P.).....	22
Figura 12 – Enquadramento geológico da sub-bacia fluvial da ribeira de Seixa. (Ext. de OLIVEIRA <i>et al.</i> (S.G.P.), 1992).....	22
Figura 13 - Mapa e perfil geológicos da região entre Tomar e Vila Nova de Ourém. Mostram as associações de fácies, conglomeráticas, areníticas e lutíticas da unidade Ar. Ou. (Arenitos de Ourém) (Ext. de BARBOSA, 1995, p. 142).	25
Figura 14 – Geologia da área da sub-bacia hidrográfica da rib. ^a de Seixa.	26

Figura 15 – Extracto do Mapa Geomorfológico de Portugal. (Ext. de FERREIRA (CEG-IGOT-UL),1980).	27
Figura 16 – Extracto da carta geomorfológica do Maciço Calcário Estremenho (Ext. de FEIO e DAVEAU <i>et al.</i> , 2004, p. 67, de acordo com BRUM FERREIRA <i>et al.</i> , 1988).	28
Figura 17 – Enquadramento hidrográfico da sub-bacia fluvial da ribeira de Seiça.	31
Figura 18 – Interacção das componentes da dinâmica fluvial ao longo do perfil longitudinal de um rio (Ext. de RAMOS, 2009, p. 54, baseado em Sear e Newson, 1993, <i>in</i> Brooks, 2003 e Arbogast, 2007).	32
Figura 19 – Elementos morfológicos dos fundos de vale no contexto da bacia de drenagem: terraços fluviais, planície de inundação e canal fluvial, de acordo com NEWSON, 1995, modificado (Ext. de RAMOS, 2009, p. 58).	33
Figura 20 – Tipos de leitos fluviais, segundo a classificação de TRICART (Ext. de RAMOS, 2009, p. 59).	33
Figura 21 – Carta morfológica esquemática e provisória do Maciço Calcário Estremenho (Ext. de MARTINS, 1949).	35
Figura 22 – Repartição hipsométrica na área de estudo.	36
Figura 23 – Curva hipsométrica da bacia fluvial em estudo até à secção de Ponte do Carregal.	37
Figura 24 – Repartição do declive na bacia fluvial até à secção de estudo final.	38
Figura 25 – Perfis longitudinais dos troços fluviais até à secção de medição.	39
Figura 26 – Classificação da hierarquia fluvial.	40
Figura 27 – Repartição do tipo de solo na área da sub-bacia hidrográfica da rib. ^a de Seiça.	41
Figura 28 – Repartição espacial do CN na bacia fluvial da rib. ^a de Seiça.	42
Figura 29 – Uso e ocupação do solo.	43
Figura 30 – Áreas percorridas por incêndios na área de estudo (Ext. de A.F.N.).	44
Figura 31 – Densidade populacional por hectare, para o concelho de Ourém (Dados dos censos de 2001, de acordo com a BGRI).	45
Figura 32 – Representação gráfica dos valores médios diários de caudais cronológicos, classificados para a estação hidrométrica Agroal, no ano hidrológico 2006/2007.	46
Figura 33 – Representação gráfica de série de valores médios diários cronológicos de caudal médio diário acumulado, precipitação média diária e precipitação acumulada, para as estações Agroal e Caxarias, respectivamente, para o ano hidrológico 2006/2007.	46
Figura 34 – <i>Logs</i> litológicos de sondagens de perfurações de captações de água da CMO (perfis com legenda no anexo A.1).	48
Figura 35 – Superfície piezométrica e direcções de fluxo, do aquífero mais superficial, dos sistemas aquíferos O20 e O15, na proximidade da cidade de Ourém, subjacentes ao leito maior.	49
Figura 36 – Profundidade do topo do sistema aquífero de Ourém, junto à cidade de Ourém.	50
Figura 37 – Situação sinóptica de superfície (A) e em altitude (B, C, D), para as 00h:00m (A) e 12h:00m (B, C, D) de 24/11/2006 (Ext. de I.M., I.P., 2006).	53
Figura 38 – Situação sinóptica de superfície (A) e em altitude (B, C, D), para as 00h:00m (A) e 12h:00m (B, C, D) de 25/10/2006 (Ext. de I.M., I.P., 2006).	54
Figura 39 – Extensão da cheia de 25 de Outubro de 2006 na área do PUO.	56
Figura 40 – Enquadramento cartográfico da área de estudo.	62
Figura 41 – Processo conceptual de análise da distribuição de frequências de caudais de cheia (Ext. de HENRIQUES (1981, pp. 47-48; 1985, p. 61).	64
Figura 42 – Modelo conceptual de avaliação e gestão do risco de cheia (Ext. de RAMOS, 2009, p. 79, de acordo com Correia <i>et al.</i> , 1994).	64
Figura 43- sequência metodológica do método hidrológico-hidráulico.	90
Figura 44- Localização das bacias fluviais até à secção de medição considerada.	91
Figura 45- Definição das características geométricas do canal e fluvial e planície de inundação a modelar.	99
Figura 46 – Exemplo de secções transversais, traçadas a cor verde (Ext. de USACE, 2010b, p. 3-6).	100
Figura 47 – Perfil transversal do troço fluvial 2 - Ponte dos Cónegos, em frente ao <i>Intermarché</i>	102
Figura 48 – Representação gráfica da linha de energia (dos termos na equação da Conservação de Energia)	104
Figura 49 – Análise comparativa da cheia fluvial de projecto com recorrência centenária e da cheia fluvial demarcada através do método histórico e método hidrogeomorfológico.	106
Figura 50 – Extensão da cheia fluvial de projecto com recorrência centenária.	107
Figura 51 – Profundidade de fluxo da cheia fluvial de projecto com recorrência centenária.	108
Figura 52 – Profundidade de fluxo da cheia fluvial de projecto com recorrência centenária. Pormenor junto à Ponte dos Namorados.	108
Figura 53 – Profundidade de fluxo da cheia fluvial de projecto com recorrência centenária. Pormenor junto à Ponte dos Cónegos.	109
Figura 54 – Profundidade de fluxo da cheia fluvial de projecto com recorrência centenária. Pormenor junto à Ponte Nova.	109
Figura 55 – Velocidade de fluxo da cheia fluvial de projecto com recorrência centenária.	110

Índice de fotos

Foto 1 – Passagem hidráulica (PH) “ponte romana”, em São Sebastião, sobre o rib.º do Cuvo. Situação em leito de cheia (25/10/2006; cortesia de N.T.).....	56
Foto 2 – Passagem hidráulica “ponte romana”, em São Sebastião, sobre o rib.º do Cuvo. Pormenor da acumulação de resíduos de encontro ao tabuleiro da PH (25/10/2006; cortesia de N.T.).....	56
Foto 3 – Troço fluvial a montante da PH “ponte romana”, em São Sebastião, sobre o rib.º do Cuvo. Pormenor do afogamento da rodovia (Rua da Capela) na margem direita (25/10/2006; cortesia de N.T.).....	56
Foto 4 – Troço fluvial junto à “ponte romana”, em São Sebastião, sobre o rib.º do Cuvo. Imagem recolhida durante levantamento de níveis piezométricos (04/05/2010; cortesia de L.M. e V.A.).....	56
Foto 5 – Leito maior de margem direita da rib.ª de Seiça, junto à Ponte dos Namorados. Pormenor do desabamento de muro devido à potência fluvial (25/10/2006; cortesia de N.T.).....	56
Foto 6 – Leito maior de margem direita da rib.ª de Seiça, junto à Ponte dos Namorados. Pormenor do desabamento de muro devido à potência fluvial (25/10/2006; cortesia de N.T.).....	56
Foto 7 – Pormenorizações da cheia na rib.ª de Seiça. Em 1.º plano: linha de detritos no muro da Ponte dos Namorados, testemunhando o afogamento da mesma e em 2.ª plano: inundação de pomar de oliveiras (25/10/2006; cortesia de P.R.).....	57
Foto 8 – Pormenorização da cheia na rib.ª de Seiça. Em 1.º plano: linha de detritos no muro da Ponte dos Namorados, testemunhando o afogamento da mesma em cerca de 30 cm (25/10/2006; cortesia de P.R.).....	57
Foto 9 – Leito menor, e maior de margem esquerda e direita, da rib.ª de Seiça, a montante da Ponte dos Namorados (25/10/2006; cortesia de N.T.).....	57
Foto 10 – Leito menor, e maior de margem esquerda, da rib.ª de Seiça, a montante da Ponte dos Namorados (25/10/2006; cortesia de N.T.).....	57
Foto 11 – Leito menor da rib.ª de Seiça, a montante da Ponte dos Namorados, recolhida durante levantamento de níveis piezométricos (06/05/2010; cortesia de L.M.+V.A.).....	57
Foto 12 – Leito maior de margem direita, da rib.ª de Seiça, junto à Ponte dos Namorados. Pormenor da Rua dos Namorados afogada/submersa (25/10/2006; cortesia de N.T.).....	57
Foto 13 – Leito maior de margem direita, da rib.ª de Seiça, junto à Ponte dos Namorados. Pormenor de pomar de oliveiras e Rua dos Namorados afogados (25/10/2006; cortesia de N.T.).....	57
Foto 14 – Leito maior de margem direita da rib.ª de Seiça, a montante da Ponte dos Namorados. Pormenor de acesso agrícola afogado adjacente ao leito menor (25/10/2006; cortesia de P.R.).....	57
Foto 15 – Leito maior de margem esquerda da rib.ª de Seiça, a montante da Ponte dos Namorados (25/10/2006; cortesia de P.R.).....	57
Foto 16 – Leito maior de margem esquerda da rib.ª de Seiça, a montante da Ponte dos Namorados (25/10/2006; cortesia de N.T.).....	57
Foto 17 – Leito maior de margem esquerda da rib.ª de Seiça, junto à Ponte dos Namorados. Pormenor de edifício afectado pela cheia (25/10/2006; cortesia de P.R.).....	57
Foto 18 – Leito maior de margem esquerda da rib.ª de Seiça, junto à Ponte dos Namorados. Pormenor de divisão do mesmo edifício afectado pela cheia (25/10/2006; cortesia de P.R.).....	57
Foto 19 – Leito maior de margem esquerda da rib.ª de Seiça, junto à Ponte dos Namorados. Pormenor do mesmo edifício afectado pela cheia (25/10/2006; cortesia de P.R.).....	57
Foto 20 – Leito maior de margem esquerda da rib.ª de Seiça, junto à Ponte dos Namorados. Pormenor da profundidade da cheia registada na roupa, junto ao mesmo edifício afectado pela cheia (25/10/2006; cortesia de P.R.).....	57
Foto 21 – Leito maior de margem esquerda da rib.ª de Seiça, junto à Ponte dos Namorados. Pormenor da profundidade da cheia registada sob a forma de linha de detritos na carroçaria do automóvel, junto aos puxadores das portas (25/10/2006; cortesia de P.R.).....	57
Foto 22 – Leito maior de margem esquerda, da rib.ª de Seiça, junto a terras de empréstimo, perto do talude do aterro onde se instalou o complexo comercial do <i>Intermarché</i> , a jusante da Ponte dos Namorados (25/10/2006; cortesia de P.R.).....	58
Foto 23 – Leito maior de margem esquerda, da rib.ª de Seiça, junto ao talude do aterro do complexo comercial do <i>Intermarché</i> , a jusante da Ponte dos Namorados (04/02/2010; cortesia de V.A.).....	58
Foto 24 – Leito maior de margem esquerda, da rib.ª de Seiça, junto ao talude do aterro do complexo comercial do <i>Intermarché</i> , a jusante da Ponte dos Namorados (25/10/2006; cortesia de P.R.).....	58
Foto 25 – Leito maior de margem esquerda, da rib.ª de Seiça, junto ao talude da plataforma do parque de estacionamento do complexo comercial do <i>Intermarché</i> , a jusante da Ponte dos Namorados. Pormenor do rególfo ou contracorrente ou elevação do nível da água a montante dos diversos obstáculos situados no leito de cheia, devido ao estrangulamento do fluxo que esses mesmos obstáculos provocam (25/10/2006; cortesia de P.R.).....	58
Foto 26 – Leito maior de margem esquerda, da rib.ª de Seiça, junto ao talude da plataforma do parque de estacionamento do complexo comercial do <i>Intermarché</i> , a jusante da Ponte dos Namorados. Pormenor da linha de detritos (31/10/2006; cortesia de P.R.).....	58

Foto 27 – Leito menor da rib. ^a de Seiça, a montante da Ponte dos Cónegos. 1.º plano pormenor da erosão no fundo do leito e em 2.º plano, desabamento de muro junto à embocadura do rib. ^o do Matadouro (ordem 4) com a rib. ^a de Seiça (ordem 6) (30/10/2006; cortesia de P.R.).....	58
Foto 28 – Leito fluvial da rib. ^a de Seiça, na Ponte dos Cónegos, Avenida dos Bombeiros Voluntários (24/10/2006, 23h:00m; cortesia de C.F.).....	58
Foto 29 – Leito fluvial da rib. ^a de Seiça, na Ponte dos Cónegos, Avenida dos Bombeiros Voluntários. Pormenor de objectos transportados pelo fluxo (24/10/2006, 23h:00m; cortesia de C.F.).....	58
Foto 30 – Leito maior de margem direita, da rib. ^a de Seiça. Pormenor do afogamento da Avenida dos Bombeiros Voluntários, perto da Ponte dos Cónegos (24/10/2006, 23h:00m; cortesia de C.F.).....	58
Foto 31 – Leito fluvial da rib. ^a de Seiça, a montante da Ponte dos Cónegos. Pormenor da geometria hidráulica do canal fluvial. Imagem recolhida durante levantamento de níveis piezométricos (11/05/2006; cortesia de L.M.+V.A.).....	58
Foto 32 – Leito fluvial da rib. ^a de Seiça, a montante da Ponte dos Cónegos. Pormenor de captura de bidões/vasilhas metálicas junto ao tabuleiro da ponte, provavelmente devido à potência da última grande cheia de 2006. Imagem recolhida durante levantamento de níveis piezométricos (11/05/2006; cortesia de L.M.+V.A.).....	58
Foto 33 – Leito maior de margem direita, da rib. ^a de Seiça, perto da Ponte dos Cónegos. Pormenor dos efeitos da cheia perto do edifício n.º 9 (pequena empresa familiar) da Rua dos Bombeiros (24/10/2006, 23h:00m; cortesia de P.R.).....	58
Foto 33 – Leito maior de margem direita, da rib. ^a de Seiça, perto da Ponte dos Cónegos. Pormenor de marca de cheia no interior da divisão, perto do edifício n.º 9 (pequena empresa familiar) da Rua dos Bombeiros (30/10/2006; cortesia de P.R.).....	59
Foto 35 – Leito maior de margem direita, da rib. ^a de Seiça, perto da Ponte dos Cónegos. Pormenor de marca de cheia, acima do puxador da porta ao fundo, do edifício n.º 9 (pequena empresa familiar) da Rua dos Bombeiros (25/10/2006; cortesia de N.T.).....	59
Foto 36 – Leito maior de margem direita, da rib. ^a de Seiça, perto da Ponte dos Cónegos. Pormenor dos efeitos da cheia perto do edifício n.º 9 (pequena empresa familiar) da Rua dos Bombeiros. Pormenor de marca de cheia deixada pelo sedimentos argilosos (27/10/2006; cortesia de P.R.).....	59
Foto 37 – Leito maior de margem direita, da rib. ^a de Seiça, perto da Ponte dos Cónegos. Pormenor da cheia no edifício n.º 9 (pequena empresa familiar) da Rua dos Bombeiros (24/10/2006, 23h:00m; cortesia de C.F.).....	59
Foto 38 – Leito maior de margem esquerda, da rib. ^a de Seiça, a montante da Ponte dos Cónegos. Pormenor de marca de cheia deixada pelo sedimentos argilosos (31/10/2006; cortesia de P.R.).....	59
Foto 39 – Leito maior de margem direita, da rib. ^a de Seiça, a jusante da Ponte dos Cónegos. Pormenor de marca de cheia deixada por resíduos de vegetação (30/10/2006; cortesia de P.R.).....	59
Foto 40 – Leito maior de margem direita, da rib. ^a de Seiça, a jusante da Ponte dos Cónegos. Pormenorização de marca de cheia deixada por resíduos de vegetação (30/10/2006; cortesia de P.R.).....	59
Foto 41 – Leito menor de margem direita, da rib. ^a de Seiça, a jusante da Ponte dos Cónegos. Pormenor de fluxo turbulento com regolfo e erosão da margem côncava de meandro, junto a instalação pecuária (25/10/2006; cortesia de N.T.).....	59
Foto 42 – Leito menor de margem direita, da rib. ^a de Seiça, a jusante da Ponte dos Cónegos. Pormenor de fluxo laminar e efeito da avulsão na margem côncava de meandro, junto a instalação pecuária (30/10/2006; cortesia de P.R.).....	59
Foto 43 – Leito maior de margem direita, da rib. ^a de Seiça, a jusante da Ponte dos Cónegos. Pormenor dos efeitos da potência da cheia em vedação parcialmente derrubada de instalação pecuária (30/10/2006; cortesia de P.R.).....	59
Foto 44 – Leito maior de margem direita, em baixa de inundação, da rib. ^a de Seiça, a jusante da Ponte dos Cónegos. Pormenor da acumulação de r�sduos de vegeta�o transportados pela cheia, em vedação (a mesma parcialmente derrubada) de instala�o pecuária (30/10/2006; cortesia de P.R.).....	59
Foto 45 – Leito maior de margem direita, da rib. ^a de Seiça, a jusante da Ponte dos Cónegos. Pormenor da acreção vertical de fácies silto-argilosa transportados pela cheia, e exutório de canal fluvial entubado (30/10/2006; cortesia de P.R.).....	59
Foto 46 – Leito maior de margem direita, da rib. ^a de Seiça, a jusante da Ponte dos Cónegos. Pormenor da eleva�o do nível piezométrico no poço (30/10/2006; cortesia de P.R.).....	60
Foto 47 – Leito maior de margem esquerda, da rib. ^a de Seiça, a montante da Ponte Nova (25/10/2006; cortesia de N.T.).....	60
Foto 48 – Leito maior de margem esquerda, da rib. ^a de Seiça, a montante da Ponte Nova. Pormenor de linha de detritos (27/10/2006; cortesia de P.R.).....	60
Foto 49 – Leito maior de margem esquerda, da rib. ^a de Seiça, a montante da Ponte Nova. Pormenor de linha de detritos (25/10/2006; cortesia de N.T.).....	60
Foto 50 – Leito maior de margem esquerda, da rib. ^a de Seiça, a montante da Ponte Nova. (25/10/2006; cortesia de N.T.).....	60
Foto 51 – Leito menor da rib. ^a de Seiça, a jusante da Ponte Nova (25/10/2006; cortesia de N.T.).....	60
Foto 52 – Leito menor da rib. ^a de Seiça, a jusante da Ponte Nova. Saída de campo de monitoriza�o, 08/02/2010; cortesia de V.A.).....	60
Foto 53 – Leito menor da rib. ^a de Seiça, a jusante da Ponte Nova. Saída de campo de monitoriza�o (18/02/2010; cortesia de L.M. e V.A.).....	60
Foto 54 – Trabalho de levantamento topográfico de sec�es topo-batimétricas para este estudo. Pormenor de calibra�o da Estação total, a jusante da Ponte Nova, Parque Linear, margem esquerda da rib. ^a de Seiça (16/09/2010; cortesia de V.A.).....	60

Foto 55 – Trabalho de levantamento topográfico de secções topo-batimétricas para este estudo. Pormenor de calibração da Estação total, a jusante da Ponte Nova, Parque Linear, margem esquerda da rib. ^a de Seiça (16/09/2010; cortesia de V.A.).....	60
Foto 56 – Leito maior, de margem esquerda da rib. ^a de Seiça, a montante da Ponte Nova. Pormenor do efeito erosivo no sector côncavo do meandro ocupado com a ponte (25/10/2006; cortesia de N.T.).....	60
Foto 57 – Leito menor da rib. ^a de Seiça, a montante da Ponte Nova. Pormenor do regolfo e situação pré-afogamento do tabuleiro da ponte (25/10/2006; cortesia de N.T.).....	60
Foto 57 – Leito menor da rib. ^a de Seiça, a jusante da Ponte Nova. Pormenor do regolfo e situação pré-afogamento do tabuleiro da ponte (25/10/2006; cortesia de N.T.).....	60
Foto 58 – Leito maior, de margem direita da rib. ^a de Seiça, a jusante da Ponte Nova. Pormenor do regolfo e fluxo turbulento em direcção ao leito maior devido à reflexão do mesmo, no choque contra a parede esquerda da ponte (25/10/2006; cortesia de N.T.).....	60
Foto 59 – Leito maior, de margem direita da rib. ^a de Seiça, a jusante da Ponte Nova. Pormenor do regolfo e fluxo turbulento em direcção ao leito maior devido à reflexão do mesmo, no choque contra a parede esquerda da ponte. (25/10/2006; cortesia de N.T.).....	60

Índice de tabelas

Tabela 1 – Desastres naturais com maior número de vítimas mortais e maior número de pessoas afectadas em Portugal.....	2
Tabela 2 - Repartição areal da área de estudo da sub-bacia fluvial da Ribeira de Seiça pelo mapa administrativo (Geometria baseada em IGP e INAG, 2010).....	6
Tabela 3 – Valores de precipitação referentes ao posto udométrico de Fátima para.....	12
Tabela 4 – Valores de precipitação com dados referentes aos valores máximos anuais da quantidade de precipitação em 24 horas, para vários períodos de retorno (Ext. de FARIA et al., 1980, pp. 47,51, 53, 58, 74, 84, 85).....	13
Tabela 5 - Precipitação mensal média por estação udométrica (Ext. de MENDES et al., 1991, pp. 93-94).	13
Tabela 6– Rede climatológica utilizada (Ext. de: http://snirh.pt).....	14
Tabela 7– Séries cronológicas de precipitação utilizadas para a área de estudo (Ext. de: http://snirh.pt).....	14
Tabela 8 - Valores da precipitação máxima diária anual (mm), de acordo com a distribuição de Gumbel.	15
Tabela 9 - Precipitação média diária máxima anual na área de estudo.....	15
Tabela 10 - Parâmetros de curvas IDF estabelecidos com base em precipitações intensas registadas em postos.....	16
Tabela 11 - Resultados da aplicação dos testes de ajustamento utilizados, à função candidata, para as séries em estudo.....	16
Tabela 12 - Balanço hidrológico sequencial mensal do solo para a estação climatológica de Fátima (valores médios de 29 anos: 1932/1960), segundo o método Thornthwaite-Matter.....	17
Tabela 13 - Determinação dos valores do escoamento de superfície (mm ou l.m ²) a partir do balanço hidrológico mensal.....	18
Tabela 14 - Balanço hidrológico sequencial mensal do solo para a estação climatológica de Caxarias (valores médios 2006/2007), segundo o método Thornthwaite-Matter.....	18
Tabela 15 - Determinação dos valores do escoamento de superfície (mm ou l.m ²) a partir do balanço hidrológico mensal para a estação climatológica de Caxarias (valores médios 2006/2007), segundo o método Thornthwaite-Matter.....	19
Tabela 16 - Classificação climática de Thornthwaite e Mather a partir do balanço hidrológico sequencial mensal para a estação climatológica de Fátima (valores médios de 29 anos: 1932-1960).....	20
Tabela 17 - Litostratigrafia da bacia da rib. ^a de Seiça.....	23
Tabela 18 - Síntese dos elementos morfológicos dos fundos de vale e sua relação com os caudais fluviais (Ext. de RAMOS, 2009, p. 58).....	32
Tabela 19 - Morfometria da bacia fluvial na área da secção de medição em estudo.	36
Tabela 20 – Características morfométricas das bacias-vertente a modelar.....	38
Tabela 21 – Classes de uso e ocupação do solo.....	43
Tabela 22 - Sistemas aquíferos, pertencentes à unidade hidrogeológica Orla Ocidental, subjacentes à área de estudo (Ext. de: URL: http://snirh.pt/snirh/_atlasagua/sistemasaquiferos ; acesso em 22/02/2011).....	47
Tabela 23 – Cartografia utilizada.....	63
Tabela 24 - Características da distribuição de Gumbel (Máximos).....	68
Tabela 25 - Critérios de determinação de GHS quando um horizonte impermeável à água existe a uma profundidade entre 50 e 100 centímetros, desde a superfície. (Ext. de USDA, 2009).....	76
Tabela 26 - Critérios de determinação de GHS quando qualquer horizonte impermeável à água existe a uma profundidade superior a 100 centímetros, desde a superfície (Ext. de USDA, 2009).....	76
Tabela 27 - Número de escoamento em função do uso e ocupação do solo e grupo hidrológico de solo para AMC III. Tabela <i>Look-up</i> do CN, de acordo com SCS (Ext. de LENCASTRE e FRANCO, 2010, pp. 295, 297; DUNNE e LEOPOLD, 1978, p. 296; CHOW <i>et al.</i> p. 149).....	76
Tabela 28 – Tipos de energia / carga / alturas em hidrologia (Ext. de LENCASTRE, 1996, p. 50).	77

Tabela 29 - Tipos de movimentos de escoamento em canais abertos. (Modificado de KNIGHTON, 1984, p. 48; SIMONS, D. B., in CHORLEY, 1969, p. 125; LENCASTRE, 1996, p. 185).....	80
Tabela 30 - Tipos de canais fluviais em função da coesão do substrato.	86
Tabela 31 - Variáveis pertinentes no transporte de sedimentos pelo canal.	87
Tabela 32 - Coeficientes numéricos e índices da geometria hidráulica.	88
Tabela 33 - Dados morfométricos das bacias vertente.....	91
Tabela 34 - Tempo de concentração (horas) por bacia vertente.....	93
Tabela 35 – CN adoptado por estação de medição.....	94
Tabela 36 - Valores de caudal de ponta de cheia para período de retorno de 100 anos (com excepção da fórmula de Iskowski).	97
Tabela 37 – Valores do coeficiente de rugosidade adoptados (Ext. de LENCASTRE e FRANCO, 2010, pp. 147-148 e USACE 2010b, pp. 3-13 a 3.16).....	98
Tabela 38– Características geométricas, referentes ao canal fluvial, na área a modelar.	99
Tabela 39 – Análise comparativa areal entre a obtida pelo método histórico e método hidrogeomorfológico e método hidrológico-hidráulico.	105
Tabela 40 – Análise comparativa das alturas de escoamento entre os valores obtidos pelo método histórico e método hidrogeomorfológico e método hidrológico-hidráulico.....	105

Índice de equações

Equação 1 – Curva de vazão.....	51
Equação 2 – Regime hídrico sazonal: Índice de aridez.....	65
Equação 3 – Regime hídrico sazonal: Índice de humidade.....	65
Equação 4 – Índice hídrico anual.....	65
Equação 5 – Eficiência térmica no Verão.....	65
Equação 6 - Distância média entre estações da rede hidrometeorológica.....	65
Equação 7 – Expressão da recta da regressão linear simples.....	66
Equação 8 - Método ponderado pelas estações na envolvente.....	66
Equação 9 – Função de densidade de probabilidade (FDP) / função densidade da distribuição de Gumbel.....	67
Equação 10 – Função de densidade de probabilidade (FDP) / função densidade da distribuição de Gumbel.....	67
Equação 11 – Função de distribuição / função acumulada de probabilidades (FAP) da distribuição de Gumbel.....	67
Equação 12 – Função de distribuição / função acumulada de probabilidades (FAP) da distribuição de Gumbel.....	67
Equação 13 – Inversão da FAP da distribuição de Gumbel / Função de quantis.....	67
Equação 14 – Parâmetro de escala.....	68
Equação 15 – Parâmetro de posição.....	68
Equação 16 – Média da população dos valores da variável.....	68
Equação 17 – Variância da população dos valores da variável.....	68
Equação 18 – Cálculo de determinado período de retorno.....	69
Equação 19 – Factor de frequência/probabilidade.....	69
Equação 20 – Cálculo da variável reduzida.....	69
Equação 21 – Cálculo da variável reduzida.....	69
Equação 22 – Cálculo da variável reduzida para determinado período de retorno.....	69
Equação 23 – Probabilidade de excedência.....	70
Equação 24 – Período de retorno.....	70
Equação 25 – Probabilidade de não excedência.....	70
Equação 26 – Período de retorno.....	70
Equação 27 – Período de retorno.....	70
Equação 28 – Frequência de ocorrência (probabilidade de excedência).....	70
Equação 29 – Teste de adaptabilidade do qui-quadrado.....	71
Equação 30 – Valor do máximo afastamento do teste de adaptabilidade de Kolmogorov-Smirnov.....	72
Equação 31 – Valor da estatística do teste de adaptabilidade de Kolmogorov-Smirnov, baseado na fcd, aplicada à lei de Gumbel de extremos de tipo I, com parâmetros estimados a partir da amostra pelo método dos momentos.....	72
Equação 32 – Precipitação máxima anual na bacia hidrográfica com período de retorno T.....	72
Equação 33 – Número de escoamento ponderado pela área.....	73
Equação 34 – Carga cinética.....	77
Equação 35 – Energia total.....	77
Equação 36 – Energia potencial.....	78
Equação 37 – Energia cinética.....	78
Equação 38 – Conservação da energia.....	78

Equação 39 – Número de Reynolds.....	81
Equação 40 – Número de Froude.....	82
Equação 41 – Número de Froude.....	82
Equação 42 – Resistência ao fluxo.....	84
Equação 43 – Determinação da velocidade média do escoamento.....	84
Equação 44 – Caudal em escoamento livre uniforme.....	85
Equação 45 – Determinação do caudal.....	85
Equação 46 – Raio hidráulico.....	85
Equação 47 – Coeficiente de rugosidade, K_s de Strickler, para canais em material não coerente.....	85
Equação 48 – Rugosidade considerando a sua distribuição não uniforme.....	86
Equação 49 – Largura da secção.....	87
Equação 50 – Profundidade média.....	87
Equação 51 – Velocidade média.....	87
Equação 52 – Declive do canal fluvial / gradiente energético.....	87
Equação 53 – Constante do factor de rugosidade.....	88
Equação 54 – Factor de fricção de Darcy-Weisbach.....	88
Equação 55 – Caudal sólido em suspensão.....	88
Equação 56 – Equação da continuidade aplicada à geometria hidráulica.....	88
Equação 57 – Coeficientes da geometria hidráulica.....	88
Equação 58 – Expoentes da geometria hidráulica.....	88
Equação 59 – Tempo de concentração de Temez (1978).....	92
Equação 60 – Tempo de concentração de Kirpich modificada.....	92
Equação 61 – Tempo de concentração de Giandotti.....	92
Equação 62 – Pré-determinação de caudal de ponta de cheia de do <i>Soil Conservation Service</i>	93
Equação 63 – Método <i>Soil Conservation Service</i> : precipitação efectiva/útil - R	93
Equação 64 – Método <i>Soil Conservation Service</i> : perdas iniciais - I_a	93
Equação 65 – Método <i>Soil Conservation Service</i> : Capacidade máxima de retenção - S	94
Equação 66 – Método <i>Soil Conservation Service</i> : precipitação acumulada - P	94
Equação 67 – Intensidade de precipitação - I_p	94
Equação 68 – Pré-determinação de caudal de ponta de cheia de Loureiro.....	95
Equação 69 – Pré-determinação do caudal de ponta de cheia pelo método Racional (tradicional).....	95
Equação 70 – Pré-determinação de caudal de ponta de cheia pelo método Racional Modificado (TEMEZ, 1991).....	96
Equação 71 – Pré-determinação de caudal de ponta de cheia pelo método Racional Modificado (TEMEZ, 1991) – cálculo do coeficiente de uniformidade da precipitação.....	96
Equação 72 – Pré-determinação de caudal de ponta de cheia de Turazza-Giandotti.....	96
Equação 73 – Pré-determinação de caudal de ponta de cheia de Iskowski.....	96
Equação 74 – Equação unidimensional de conservação da energia (teorema de Bernoulli).....	103
Equação 75 – Resolução da perda de energia através da equação de Manning-Strickler.....	104

Índice de anexos

A. 1. – Sedimentos subjacentes à planície aluvial.....	iii
A. 2 – Fichas de pontos de monitorização do nível piezométrico.....	vii
A. 3. – Correspondência entre os números de escoamento para diferentes condições antecedentes de humedecimento do solo (antecedent moisture conditions) (Ext. de LENCASTRE e FRANCO, 2010, p. 297).....	ix
A. 4. – Valores característicos do troço fluvial modelado para todas as secções da rib.º de Seiça, no troço fluvial modelado, para a cheia centenária.....	x
A. 5. – Mapa de perigo de cheia (Tr 100 anos) (mapa de dimensão A0).....	xix

Preâmbulo

A sub-bacia hidrográfica da ribeira de Seiça constitui o hidrossistema objecto de análise do presente estudo, focalizado na situação hidrológica extrema de cheia.

A estrutura do estudo possui seis capítulos. No capítulo 1 procede-se à definição do âmbito, designadamente, objectivos, metodologia, enquadramento legal e normativo e situação administrativo-territorial da área de estudo; no capítulo 2, efectua-se descrição dos factores de escoamento que impedem sobre a porção da sub-bacia hidrográfica até à secção de referência, designadamente, geológico, climático, pedológico e geomorfológico, incluindo caracterização da variação piezométrica da subunidade aquífera superficial do sistema aquífero de Ourém; no capítulo 3 é caracterizada a cheia de 25/10/2006, no capítulo 4 apresentam-se as metodologias e técnicas; no capítulo 5 são apresentados os resultados e no capítulo 6 são efectuadas algumas considerações e recomendações.

O estudo hidrológico envolveu diversos contributos de diversas unidades orgânicas da Câmara Municipal de Ourém, durante a fase em que o presente estudo foi desenvolvido nas instalações da mesma.

Assim, salienta-se, nomeadamente, o Director (à época) do Projecto Municipal do Ordenamento do Território de Ourém (PMOTO, unidade extinta e integrada na nova orgânica) Geóg.º Físico Paulo Reis, que me solicitou a realização do presente estudo, e que na fase inicial de arranque do projecto, contribuiu com dados da cheia de 25/10/2006, nomeadamente, cotas, registos de imagem, e da extensão da mancha de cheia identificada pelo próprio, e que se reveste de especial importância pois os dados são válidos, e únicos, para validação do modelo hidrológico-hidráulico, devido à inexistência de dados hidrométricos na área de estudo; a Técnica de Sistemas de Informação Geográfica Sandra Loureiro na colaboração em fase inicial do projecto à época do PMOTO; a Geóloga Luísa Marques da Divisão de Ambiente, no desenvolvimento do estudo, durante as interessantes, cativantes e frutuosas campanhas de campo de reconhecimento e interpretação morfossedimentar, morfotectónica e hidrológicas; o Chefe da Divisão de Estudos e Projectos (DEP) Eng.º Civil João Graça e Eng.º Civil Rui Teixeira na cedência de planta de modelação do Parque Linear; a Chefe da Divisão de Planeamento e Ordenamento do Território (DPOT) Eng.ª Geógrafa Eugénia Lopes, que disponibilizou informação geográfica (topográfica e topocadastral, ortofotomapas e temática), levantamento topográfico do projecto de execução do edifício multifuncional onde se encontra o *Intermarché*; o Topógrafo João Conde e Porta-Miras Leandro, no apoio ao levantamento de pontos de controlo e secções de referência.

Capítulo 1 – Definição do âmbito

1.1 Objectivos

O objectivo geral do estudo consiste na delimitação da perigosidade das zonas ameaçadas pelas cheias no perímetro urbano do Plano de Urbanização de Ourém (PUO). Como objectivos específicos enumeram-se a determinação da susceptibilidade, a determinação da probabilidade temporal, a calibração e validação da cartografia final de perigosidade. Atendendo às ocorrências, a área a delimitar situa-se, em termos genéricos, no fundo de vale da rib.^a de Seiça.

Terminologicamente, e de acordo com a Lei da Água, entende-se como zona ameaçada pelas cheias «... a área contígua à margem de um curso de água que se estende até à linha alcançada pela cheia com período de retorno de 100 anos ou pela maior cheia conhecida, no caso de não existirem dados que permitam identificar a anterior;» (alínea ggg), art.º 4.º).

De acordo com o art.º 2.º/1 do DL n.º 115/2010, de 22/10, e sem prejuízo da terminologia definida pelo art.º 4.º da Lei da Água, entende-se por inundação a cobertura temporária por água de uma parcela do terreno fora do leito normal, resultante de cheias provocadas por fenómenos naturais como a precipitação, incrementando o caudal dos rios, torrentes de montanha e cursos de água efémeros correspondendo estas a cheias fluviais, ou de sobreelevação do nível das águas do mar nas zonas costeiras; devendo-se entender por leito normal o terreno ocupado pelas águas com o caudal que resulta da média dos caudais máximos instantâneos anuais, sendo que no caso de águas sujeitas à influência das marés corresponde à zona atingida pela máxima preia-mar das águas vivas equinociais.

Por susceptibilidade (S) deve-se entender como «Incidência espacial do perigo. Representa a propensão para uma área ser afectada por um determinado perigo, em tempo indeterminado, sendo avaliada através dos factores de predisposição para a ocorrência dos processos ou acções, não contemplando o seu período de retorno ou a probabilidade de ocorrência.». Por perigosidade ou Probabilidade do Perigo (P) deve-se entender como: «Probabilidade de ocorrência de um processo ou acção (natural, tecnológico ou misto) com potencial destruidor (ou para provocar danos) com uma determinada severidade, numa dada área e num dado período de tempo.» (ZÊZERE, 2001, p. 81; veja-se também JULIÃO *et al.*, 2009, pp. 20-21¹).

Por severidade (Sv) entende-se como a «Capacidade do processo ou acção para danos em função da sua magnitude, intensidade, grau, velocidade ou outro parâmetro que melhor expresse o seu potencial destruidor (O conceito reporta, exclusivamente, a grandeza física do processo ou acção e não as suas consequências (estas dependem também da disposição) (JULIÃO *et al.*, 2009, p. 20).

Assim, a susceptibilidade e probabilidade determinam uma determinada perigosidade (fig. 1). Veja-se também RAMOS (2009, p. 76).

¹ Guia técnico na sequência do Despacho n.º 27660/2008, de 29/10.

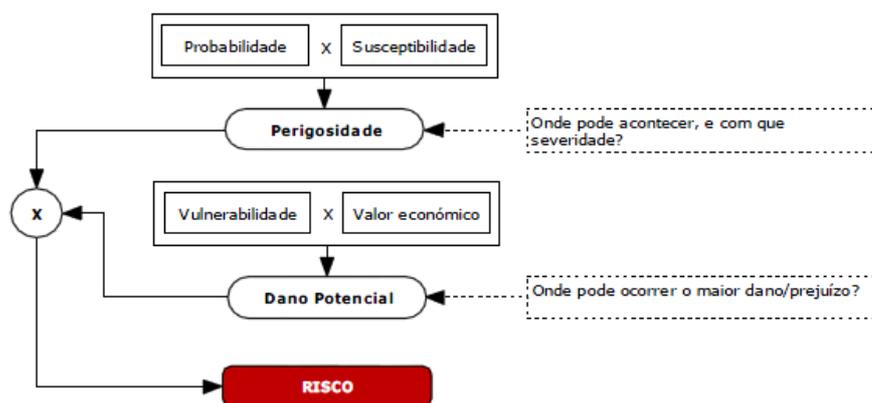


Figura 1 – Componentes de um modelo de risco (Ext. de VERDE e ZÉZERE, 2007, p. 8).

Acerca do risco de cheia, e a título exemplificativo, SANTOS (2009, p. 2) refere que «.. de acordo com a *Emergency Events Database (EM-DAT)*², as cheias são, de entre os desastres naturais, o processo mais frequente a nível mundial com 32% das ocorrências no período 1991-2005 (CRED, 2008). A tendência mundial quanto à ocorrência dos desastres naturais de origem hidrológica e meteorológica é de um aumento significativo, em particular para a ocorrência de cheias/inundações, tempestades e secas.». O mesmo autor refere que «Na Europa, “as cheias extremas são o tipo de catástrofe natural mais comum” (AEA, 2005). Entre 1998 e 2002 a Europa sofreu cerca de 100 cheias/inundações, que causaram 700 vítimas mortais, o desalojamento de cerca de 500 mil pessoas e 25 mil milhões de euros em prejuízos económicos cobertos por seguros, afectando cerca de 1,5% da população europeia.».

De acordo com registos da EM-DAT, as temperaturas extremas são o desastre natural responsável pelo número máximo de vítimas mortais já registado, logo seguido pelas cheias, que são o tipo de desastre natural com maior frequência de ocorrência (ibidem, 2009, pp. 3-4) (tabela 1).

Tabela 1 – Desastres naturais com maior número de vítimas mortais e maior número de pessoas afectadas em Portugal (Ext. de SANTOS, 2009, p. 3, Adaptado de CRED (2008).

N.º de vítimas mortais	Tipo de desastre natural	Data	N.º pessoas afectadas	Tipo de desastre natural	Data
2696	Temp. Extremas	Ago/2003	150000	Incêndios	Jan/2003
462	Cheias	Nov/1967	25000	Cheias	Fev/1979
41	Temp. Extremas	Jul/2006	20220	Cheias	Jan/1979
30	Cheias	Dez/1981	2000	Cheias	Nov/1983
29	Tempestades	Out/1997	2000	Cheias	Dez/1996
19	Cheias	Jan/1979	1100	Cheias	Nov/1967
19	Cheias	Nov/1983	1050	Cheias	Jan/1996
15	Incêndios	Jun/1986	900	Cheias	Dez/1981
15	Incêndios	Mai/2005	240	Cheias	Out/2006
14	Incêndios	Set/1985	200	Tempestades	Out/1997

² A EM-DAT é mantida e actualizada pelo *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED)* da Universidade Católica de Louvain. Para que a ocorrência surja na base de dados, pelo menos um dos critérios tem de se verificar: número de vítimas mortais >10; número de pessoas afectadas >100; existência de um pedido de ajuda internacional; existência de declaração de estado de emergência.

1.2 Enquadramento legal e normativo

A cartografia de risco das zonas ameaçadas pelas cheias no contexto do PUO não abrange zonas ameaçadas pelas cheias classificadas como zonas adjacentes nos termos da Lei da Titularidade dos Recursos Hídricos (Lei n.º 54/2005, de 15/11).

A delimitação é obrigatória por lei, conforme Lei da Água (art.º 40.º da L 58/2005, de 29/12) e DL n.º 364/1998, de 21/11 («Visa, esta exigência, fazer face aos problemas de riscos de cheia em zonas urbanas, precisamente as áreas onde estes se apresentam como mais evidentes e gravosos, quer pelas alterações introduzidas pelos processos urbanos nas condições de drenagem natural, quer pelo facto de estas zonas terem sido excluídas, na generalidade dos planos directores municipais, da Reserva Ecológica Nacional (zonas de leito de cheia), uma vez que se encontravam objectivamente comprometidas com edificação.» OLIVEIRA, 2010, pp. 65-82), e Secção III do Anexo previsto nos art.ºs 4.º e 5.º do Regime Jurídico da Reserva Ecológica Nacional (RJREN (DL n.º 166/2008, de 22/08, rectificado pela Declaração de Rectificação n.º 63-B/2008, de 28/10)), ainda que de forma insuficiente, e prevista ao nível da política regional sectorial vide Directiva n.º 2007/60/CE, de 23/10 relativa à avaliação e gestão dos riscos de inundações, transposta através do DL n.º 115/2010, 221/10, cuja articulação com os instrumentos de gestão territorial está estabelecida no art.º 12.º, nomeadamente, sem prejuízo de aplicação das Leis n.ºs 54/2005, de 15/11 e 58/2005, de 29/12, e dos DL n.ºs 364/1998, de 21/11, e 166/2008, de 22/08, até à conclusão das cartas de zonas inundáveis para áreas de risco e cartas de riscos de inundações, que são elementos a prever na nova figura de plano sectorial – os planos de gestão dos riscos de inundações, vide art.º 9.º, - e que deverá estar concluída antes de 22/12/2015. Após a entrada em vigor dos planos de gestão dos riscos de inundações, devem os planos municipais de ordenamento do território (PMOT) ser adaptados de acordo com as formas e prazos de adaptação que vierem a ser estabelecidos naqueles planos.

As questões relacionadas com a protecção civil e risco encontram enquadramento no n.º 6 do art.º 26.º da Lei da Bases da Protecção Civil ((LBPC) L n.º 24/2006, de 03/07); estão previstas de forma genérica na Lei de Bases da Política de Ordenamento do Território e de Urbanismo (LB POTU) (alínea h), art.º 3.º da L n.º 48/1998, de 11/08, alterada pela L n.º 54/2007, de 31/08) e nos art.ºs 9.º, 10.º e 11.º do regime jurídico dos instrumentos de gestão territorial (RJIGT), aprovado pelo DL 380/1999, de 22/09, alterado pelo DL n.º 53/2000, de 7/04, DL n.º 310/2003, de 10/12, L n.º 58/2005, de 29/12, L n.º 56/2007, de 31/08, DL n.º 316/2007, de 19/09, DL n.º 46/2009, de 20/02 e DL n.º 181/2009, de 7/08, assim como, genericamente, na Lei de Bases do Ambiente vide alínea a), art.º 3.º, da L n.º 11/1987, de 07/04 («... as a actuações com efeitos imediatos ou a prazo no ambiente devem ser consideradas de forma antecipativa, reduzindo ou eliminando as causas, prioritariamente à correcção dos efeitos dessas acções ou actividades susceptíveis de alterarem a qualidade do ambiente...»).

O risco de cheia também está consagrado no Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT) (Declaração de rectificação n.º 80-A/2007, de 07/09, vide ponto n.º 58, do, capítulo 4 do relatório, Modelo territorial – O novo mapa de Portugal, articulado com o quadro 1 do Programa de Acção, medida prioritária 3 do objectivo específico 1.11.

O risco de cheia também está previsto no Plano Regional de Ordenamento do Território de Oeste e Vale do Tejo (PROTOVT), vide RCM n.º 64-A/2009, de 06/08, rectificada pela Declaração de Rectificação n.º 71-A/2009, de 02/10, num dos três sistemas estruturantes, o domínio do Sistema Ambiental (traduzido no Modelo Territorial pela

Estrutura Regional de Protecção e Valorização Ambiental), vide ponto 2.2.2, área dos Riscos, onde classifica a Ribeira de Seiça como propensa a risco de cheia rápida e estipula, na Directriz 11, para os PMOT a concretização de estudos de delimitação de áreas sujeitas a inundações. Também identifica a Ribeira de Seiça como Corredor Ecológico Complementar pertencente à Rede Complementar da Estrutura Regional de Protecção e Valorização Ambiental.

A sua demarcação (fenómeno) também se encontra previsto no instrumento de carácter normativo Manual para a Elaboração, Revisão e Análise de Planos Municipais de Ordenamento do Território na Vertente da Protecção Civil, elaborado pela Autoridade Nacional de Protecção Civil e em documento produzido pela C.C.D.R.L.V.T. (2010, 39-41).

De acordo com o Plano Director Municipal de Ourém (PDMO) o perímetro urbano de Ourém está parcialmente abrangido por zonas ameaçadas por cheias, vide art.º 18.º do regulamento da RCM n.º 148-A/2002, de 30/12 e respectivas plantas de ordenamento e de condicionantes.

Salienta-se que as cheias enquanto fenómeno natural potencialmente danoso, também se encontram previstas, de forma extremamente implícita na Lei dos Solos (DL n.º 794/1976, 05/11) vide art.º 1.º (Princípios gerais) onde se refere que «A alteração do uso ou da ocupação dos solos para fins urbanísticos, incluindo os industriais, carece de prévia aprovação da Administração Pública. Esta aprovação visa o **adequado ordenamento do território** para um equilibrado desenvolvimento sócio-económico das suas diversas regiões e inclui o controle e superintendência dos empreendimentos da iniciativa privada.», ou art.º 14.º (Zona de defesa e «controle» urbanos), onde se refere que «Serão constituídas zonas de defesa e controle urbanos, destinadas a evitar ou controlar as actividades nos solos circundantes dos aglomerados, ou neles incluídos, e as alterações no uso dos mesmos que possam ser inconvenientes para os interesses colectivos da respectiva população e para o adequado funcionamento do sistema urbano, nos diversos aspectos que careçam de tutela, incluindo o **equilíbrio biofísico**, bem como a preservar as características e condições necessárias ao desenvolvimento do aglomerado.».

De forma completamente explícita a Lei dos Solos espanhola (Lei n.º 8/2007, 29/05) trata o risco de cheia, e riscos em geral, de forma mais adequada, nomeadamente no art.º 12.º: «2. Está en la situación de suelo rural: a) En todo caso, el suelo preservado por la ordenación territorial y urbanística de su transformación mediante la urbanización, que deberá incluir, como mínimo, los terrenos excluidos de dicha transformación por la legislación de protección o policía del dominio público, de la naturaleza o del patrimonio cultural, los que deban quedar sujetos a tal protección conforme a la ordenación territorial y urbanística por los valores en ellos concurrentes, incluso los ecológicos, agrícolas, ganaderos, forestales y paisajísticos, así como aquéllos con riesgos naturales o tecnológicos, incluidos los de **inundación** o de otros accidentes graves, y cuantos otros prevea la legislación de ordenación territorial o urbanística.» e no art.º 15.º: «2. El informe de sostenibilidad ambiental de los instrumentos de ordenación de actuaciones de urbanización deberá incluir un **mapa de riesgos naturales** del ámbito objeto de ordenación.».

1.3 Antecedentes

No contexto da proposta de alteração do geossistema zonas ameaçadas por cheias (ZAC), como elemento hidrogeomorfológico enquadrado pela Reserva Ecológica Nacional, em sede de elaboração do Plano de Urbanização de Ourém, o Director do Projecto Municipal de Ordenamento do Território (PMOTO), emitiu informação de folhas 4 (registo n.º 10911, de 29/04/2009), na sequência da reunião técnica de 25/03/2009, na Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional e Lisboa e Vale do Tejo³.

Reportando-se ao relatório sectorial entregue pela Câmara Municipal de Ourém, intitulado «Estudo Hidráulico e Hidrológico do Troço da Ribeira de Seiça no Perímetro Urbano de Ourém», com data de Abril de 2004, no equacionamento / síntese, assente na acta de reunião, a Administração da Região Hidrográfica do Tejo, I.P. (ARH Tejo) informa oralmente o seguinte relativamente às zonas ameaçadas por cheias (ZAC): «A ARH Tejo informou que o estudo hidrológico do troço da Ribeira de Seiça tem imprecisões relevantes. Segundo a ARH este sistema da REN em vigor está delimitado por defeito conforme comprovado pela cheia de 2006. A análise deste assunto deve considerar os demais afluentes presentes na área em causa, incluindo eventuais áreas inundadas.» Tendo-se tomado as seguintes decisões: «Deve ser delimitada nova ZAC com base na maior cheia conhecida. Deve ser apresentada a bacia hidrográfica.» Ainda conforme informação do Director do PMOTO (ponto 4), é necessária a elaboração de novo estudo tendo por objectivo delimitar a maior cheia conhecida.

1.4 Área de estudo

O território nacional está subdividido em 10 Regiões Hidrográficas, oito em Portugal continental e duas correspondentes às Regiões autónomas.

O local de estudo situa-se na área de jurisdição da Administração da Região Hidrográfica do Tejo, I. P. (ARH Tejo), (região hidrográfica n.º 5) na margem direita do rio Tejo (fig. 2).

Em termos administrativo-territoriais, a sub-bacia fluvial da ribeira de Seiça, situa-se parcialmente no distrito de Leiria, concelho de Leiria (troço superior do afluente ribeiro do Cuvo) e no distrito de Santarém, concelhos de Ourém (troço intermédio) e Tomar (troço inferior), porém, a maior parte da extensão espacial impende sobre o concelho de Ourém (tabela 2 e fig. 3).

³ Vide p. 2/3 do arquivo administrativo Pasta 3 do Plano de Urbanização de Ourém.

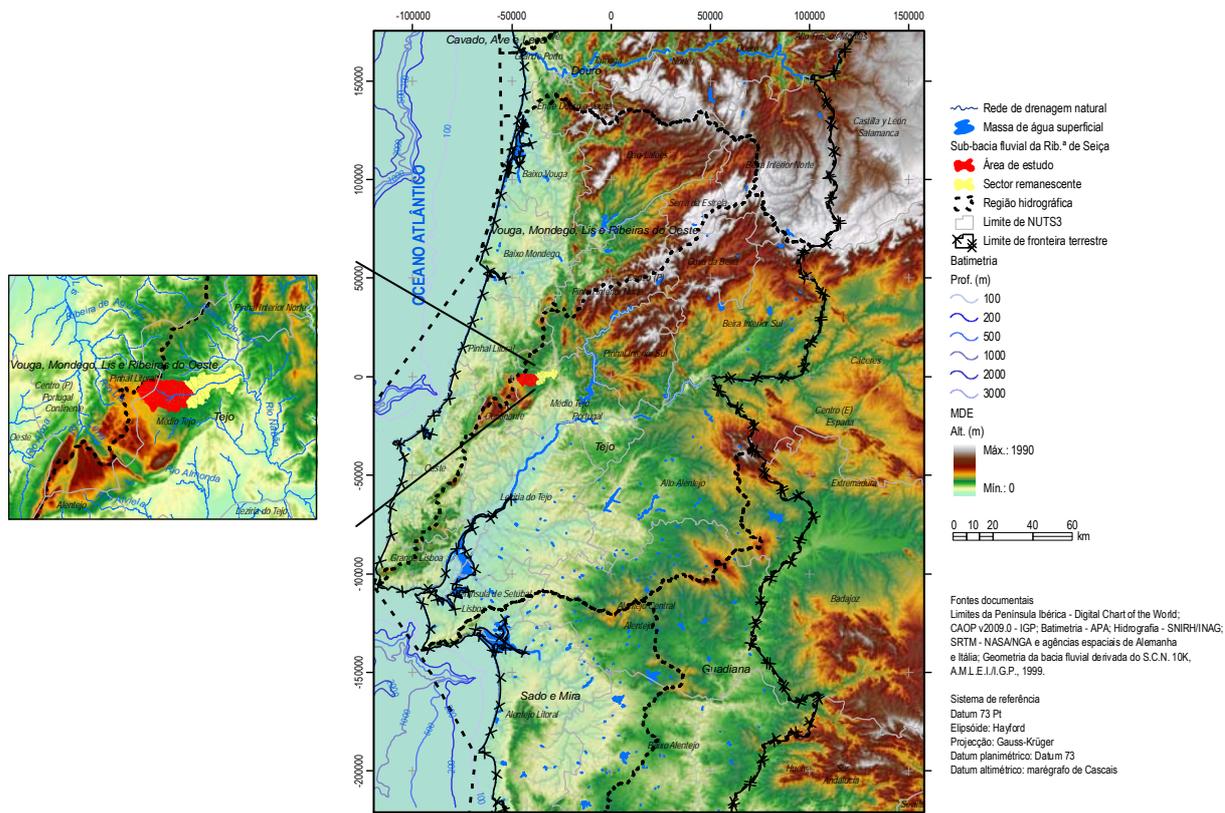


Figura 2 – Localização regional da área objecto de análise da sub-bacia fluvial da ribeira de Seça.

Tabela 2 - Repartição areal da área de estudo da sub-bacia fluvial da Ribeira de Seça pelo mapa administrativo (Geometria baseada em IGP e INAG, 2010).

Freguesia	Concelho	Distrito	DICOFRE	Perímetro	Área	Proporção
				(m)	(m ²)	(%)
Atouguia	Ourém	Santarém	142102	22285,5	18508303,0	33,2
Nossa Senhora das Misericórdias			142111	21124,6	11931107,5	21,4
Nossa Senhora da Piedade			142115	17115,3	10071504,8	18,1
Santa Catarina da Serra	Leiria	Leiria	100922	15044,3	9154487,3	16,4
Fátima	Ourém	Santarém	142106	11213,0	4742063,8	8,5
Gondemaria			142109	7932,7	1336444,9	2,4
Seça			142113	571,0	8565,3	0,02
Total				95286,4	55752476,5	100

A ribeira de Seça é um afluente de margem direita do rio Nabão, que por sua vez conflui com o rio Zêzere, ambos sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Tejo.

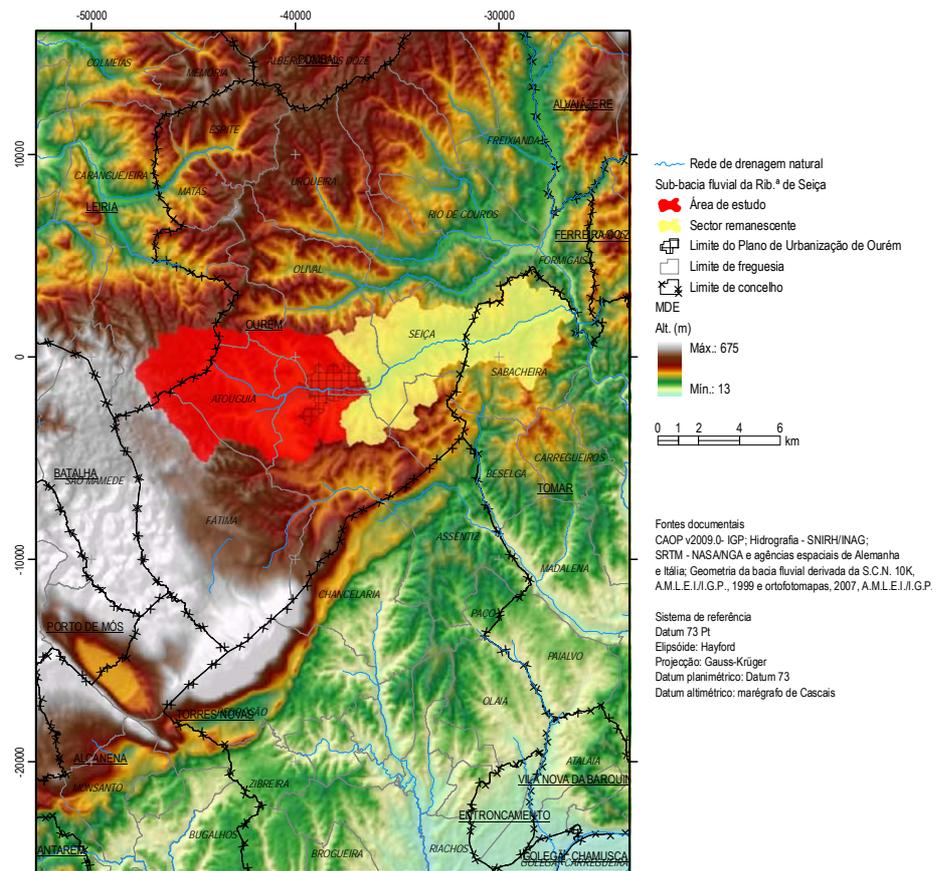


Figura 3 – Enquadramento administrativo da área de estudo da sub-bacia fluvial da ribeira de Seça.

Capítulo 2 - Caracterização dos factores de escoamento

2.1 Climatologia e meteorologia

De acordo com MEDEIROS (1994, p. 75), «...Portugal (e, em geral, a Península Ibérica) encontra-se a uma latitude muito sensível, próximo do limite entre a circulação de oeste e a cintura de altas pressões subtropicais: limite oscilante que, ao longo do ano, deixa o país submetido a condições atmosféricas de feição bem diferente. Em altitude, (...) a presença duma corrente que sopra de oeste, a alguns quilómetros de altitude, o *jet stream*⁴, responsável pela deslocação da frente polar e pelo jogo complexo das massas de ar superfície» (Ibidem, p. 75) condiciona inevitavelmente o tipo de tempo atmosférico. De facto, a dinâmica atmosférica em altitude é um aspecto essencial para entender as situações de superfície. Por exemplo, «Quando o *jet* circula com grande velocidade, superior a 150 km/h, assume trajectória zonal; fica, em regra, a norte da frente polar, devido à inclinação da superfície frontal de sul para norte. Nestas condições, o tipo de tempo que se faz sentir no território português é determinado pela frente polar, e que é condicionada, por seu turno, pelo *jet*. A circulação processa-se de oeste e os recortes da frente polar são sublinhados por depressões, com cerca de 1500 km de largura média. Resulta tempo instável, chuvoso, com influência da passagem das frentes quentes e frias das depressões.» (Ibidem, p. 76). Com a circulação meridional ou ondulatória e conseqüente enfraquecimento da corrente de jacto geram-se dorsais ou cristas orientadas para norte e vales ou talwegues orientados para sul, de escala planetária. Um terceiro tipo de circulação em altitude, associada à circulação ondulatória/meridiana, são as situações de bloqueio (fig. 4). Com «... estrangulamento das dorsais, ficando a crista alargada nas latitudes maiores: estamos neste caso em presença dum bloqueio em ómega.»; a subdivisão do fluxo de oeste em dois ramos, «... de tal modo que o do norte assume curvatura anticiclónica e o do sul, curvatura ciclónica; à superfície resultam, com nitidez, anticiclone a norte e depressão a sul...» denominando-se esta situação de bloqueio difluente. «A subdivisão do *jet*, afinal estruturado segundo faixas de ventos fortes justapostos, pode também conduzir a um fluxo zonal a norte e gota de ar frio a sul (*cut-off-low*) ou então à situação inversa, isto é, curvatura anticiclónica na parte norte e trajectória zonal a sul (*cut-off-high*)» (Ibidem, p. 77).

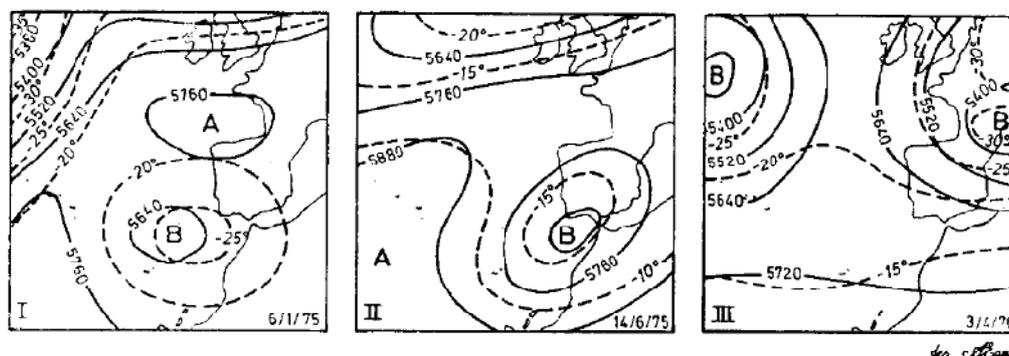


Figura 4 - Tipos de bloqueio em que se formam as gotas de ar frio. I – em bloqueio difluente; II – em *cut-off-low*; III – em ómega (Ext. de VENTURA, 1987, p. 46).

⁴ Corrente de jacto.

De acordo com FRAGOSO (2008, p. 29), «O relevo⁵, a latitude e o afastamento ao oceano são três ordens de factores geográficos condicionantes da distribuição espacial das chuvas que têm, com desigual contribuição, nítidas repercussões no padrão pluviométrico médio.». O mesmo autor (p. 195, citando VENTURA⁶, 1994), informa que este «... realçou que os episódios de chuvas abundantes por si analisados resultaram, essencialmente, de dois tipos de situações sinópticas: «Na mais comum, a margem Ocidental ou Sudoeste da Península Ibérica é influenciada por depressões relacionadas com gotas de ar frio, em altitude, às quais, por vezes, aparecem associadas depressões frontais. O outro tipo de situação menos frequente, está relacionado com a passagem de perturbações frontais, do quadrante Oeste, guiadas por um fluxo zonal em altitude.» (ibidem, p. 394).».

De acordo com DAVEAU *et al.* (1977), em termos de precipitação média anual, para a área de estudo, existe variação entre os 800 a 1000 mm, sensivelmente, a W do meridiano de Torres Novas, no troço intermédio e inferior, e entre 1000 e 1400 mm a E do mesmo meridiano, em direcção às cabeceiras de vale da rib.^a de Seixa e afluentes (fig. 5).

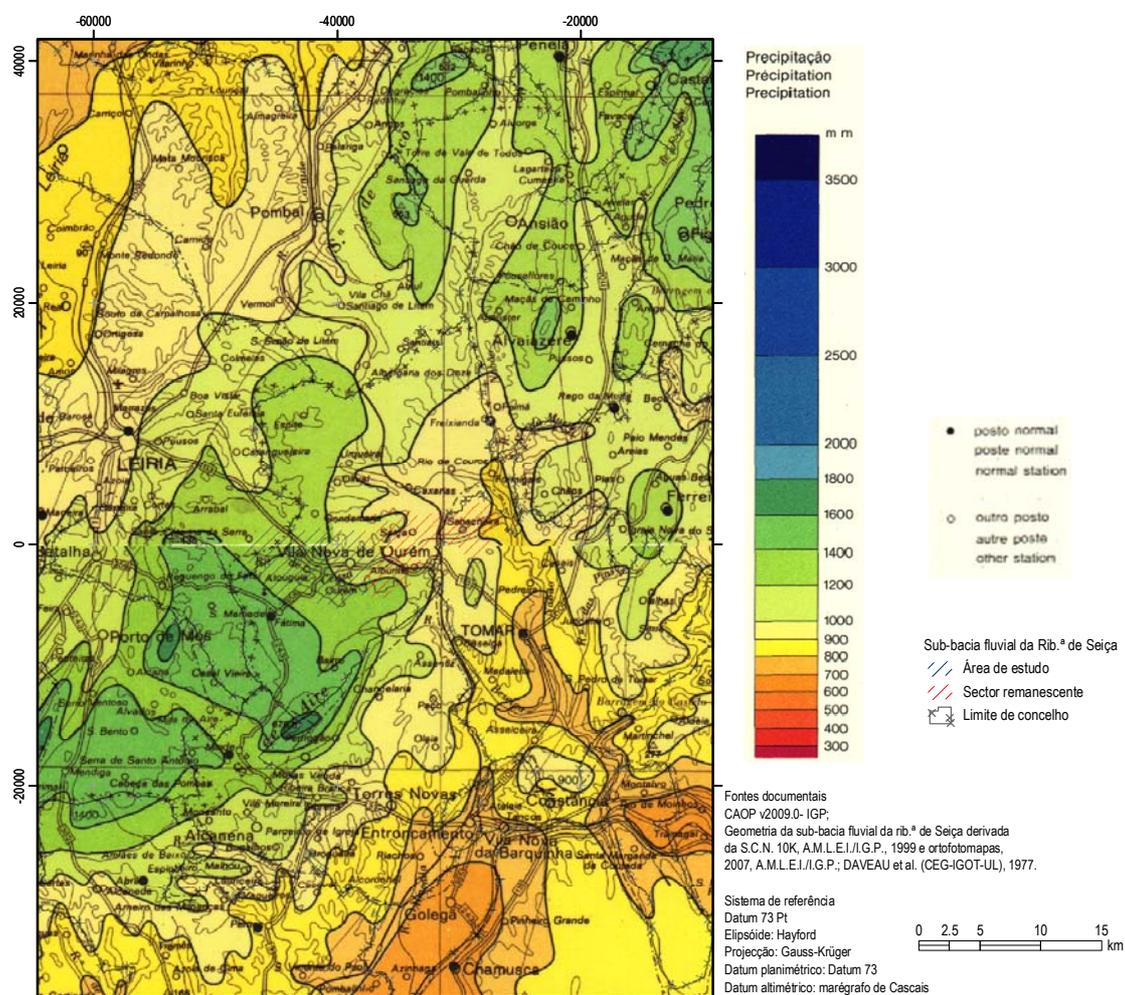


Figura 5 – Mapa de precipitação média anual, normal 1931-60, para Portugal Continental (Ext. de DAVEAU *et al.*, 1977).

⁵ Altitude e exposição.

⁶ VENTURA, J. E. (1994) - «As Precipitações no Sul de Portugal (ritmo e distribuição espacial). Dissertação para a obtenção do grau de doutor em Geografia Física e Planeamento regional, Universidade Nova de Lisboa, 438 pp. (não publicado).

Para pequenas bacias hidrográficas, como o caso-vertente, onde o tempo de concentração é de relativamente poucas horas, as precipitações de curta duração possuem significado elevado no desencadeamento dos fenómenos de escoamento superficial extremos, pelo que é importante o conhecimento da intensidade, duração e frequência de ocorrência da precipitação. Ademais, o relacionamento entre precipitação e escoamento, especialmente das bacias hidrográficas relativamente pequenas, «... manifesta-se tanto ao nível do comportamento interanual e na variação mensal, como até, de forma mais próxima, nas oscilações diárias e horárias dos caudais, que tendem a traduzir, com notável fidelidade, a duração e intensidade das chuvadas, em particular quando a bacia possui um substrato pouco permeável.» (REIS, 2006, p. 467).

2.1.1 Rede climatológica

2.1.1.1 Análise da frequência de precipitações diárias máximas anuais

Para posterior tratamento e análise de séries de precipitação, procedeu-se à utilização da informação pluviométrica disponível no portal electrónico da Autoridade Nacional da Água, através do subportal do Serviço Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH), incluindo a geometria das estações (vide Atlas da Água).

Também foram consultadas publicações do Instituto de Meteorologia (fascículos XLIX e XIX) e relatórios do INAG das cheias do Outono de 2006. A análise destas diferentes fontes de informação permitiu aferir a consistência da orientação metodológica com vista à determinação da resolução temporal para diferentes períodos médios para uma determinada estação de referência. A selecção da série cronológica suficientemente extensa e/ou sem falhas, donde se destacam os valores máximos diários anuais foi decisivo na escolha da estação de referência. Com excepção da estação de Santa Catarina da Serra (onde $M_o > M_d > M$, isto é, curva com distribuição assimétrica negativa) as curvas de distribuição são assimétricas positivas ($M_o < M_d < M$).

De acordo com FRAGOSO (2008, pp. 50-51), «A caracterização dos episódios de precipitação intensa, nomeadamente quando a investigação é levada a cabo com fins de aplicação operacional, necessita de poder ser expressa em termos quantitativos. Um dos parâmetros mais importantes para definir o grau de excepcionalidade dos episódios de chuva intensa, e cujo cálculo está muito generalizado, é o “período de retorno”, que pode ser definido como o número de anos que decorre, em média para que um dado valor de um fenómeno seja igualado ou ultrapassado.». FRAGOSO (2008, p. 153) refere que «O ajustamento de séries empíricas de precipitações máximas diárias a funções de densidade de probabilidade é um procedimento muito utilizado, tendo em vista o cálculo de valores de precipitação que poderão ocorrer num determinado período de tempo, num dado local. A estimação de valores extremos e da sua frequência de ocorrência é indispensável ao correcto dimensionamento de obras de hidráulica e à minimização dos riscos associados a inundações.».

Para possibilitar uma base comparativa são apresentados valores de precipitação da bibliografia da especialidade, associados a estações meteorológicas referenciadas na fig. 6.

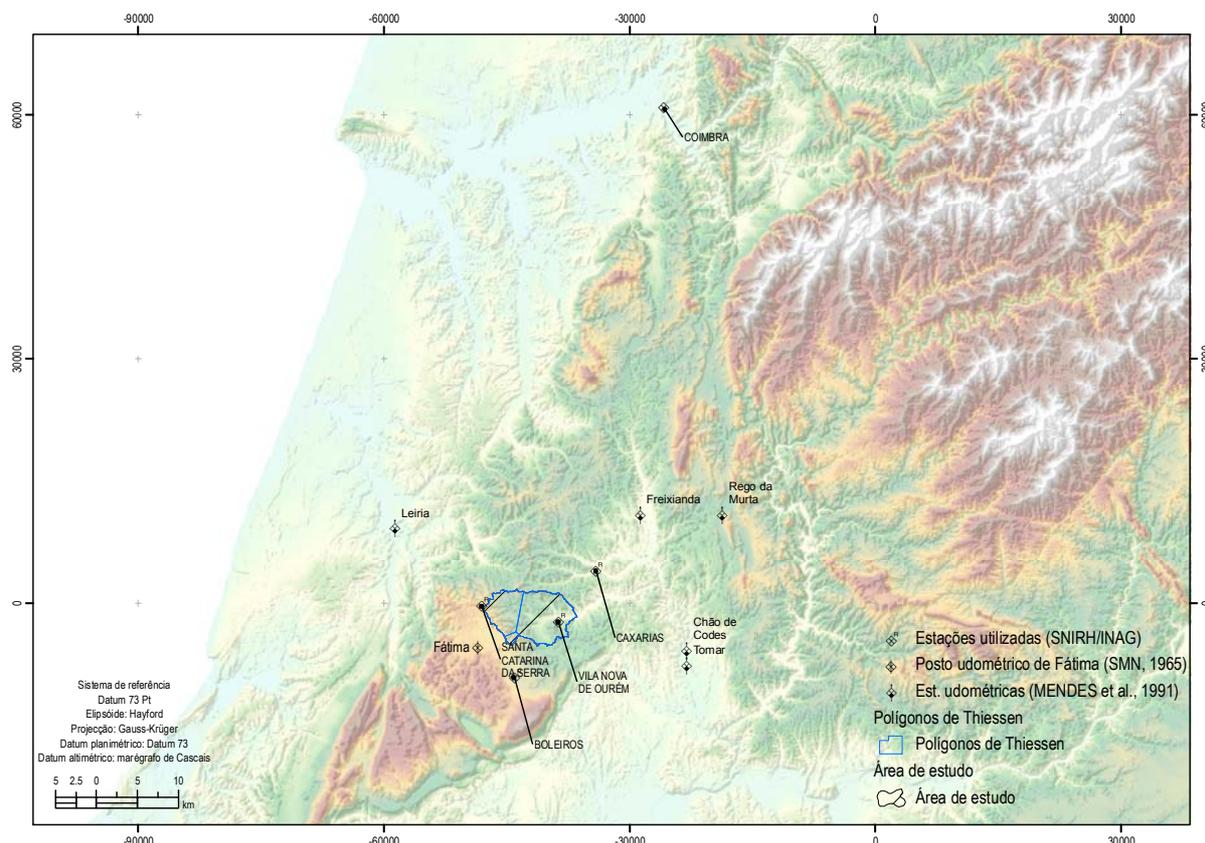


Figura 6 – Localização da rede meteorológica referenciada.

De acordo com o Fascículo XIII do Serviço Meteorológico Nacional (1965) é possível reter alguns valores de pluviosidade, do entretanto extinto posto de Fátima (tabela 3).

Tabela 3 – Valores de precipitação referentes ao posto udométrico de Fátima para o período 1932-1960 (Ext. de SMN, 1965).

Mês	Posto de Fátima			
	Período = 1932-1960			
	Lat. = 39°37' N			
	Long. = 8°42' W			
	Hs = 380 m; hr = 1.5 m			
	Precipitação (R (mm))		Número de dias	
	Total	Máx.	R ≥ 0,1 mm	R ≥ 10 mm
JAN	219	97,2	13	7
FEV	170,2	94	11	6
MAR	199,2	96,2	14	7
ABR	105	53,4	11	4
MAI	77,5	43	9	3
JUN	33,2	82,6	4	1
JUL	12,3	58,6	1	0
AGO	12	28	2	0
SET	66,7	128,6	5	2
OUT	99,6	86,6	9	3
NOV	157,8	98	11	5
DEZ	249,3	128,2	15	8
Σ / Máx.	1401,8	128,6	105	46

FARIA *et al.* (1980) apresentou uma análise estatística dos valores⁷ máximos no ano da quantidade diária de precipitação, em 520 locais de Portugal Continental. O método de análise/tratamento estatístico utilizou a lei da

⁷ Foram utilizadas séries cronológicas sem falhas de observação.

probabilidade de Gumbel e recorreu-se ao factor frequência⁸ afim de calcular valores de intervalos de recorrência (períodos de retorno). A informação gerada consiste na indicação do período ou períodos analisados; valor máximo absoluto observado em cada período (com indicação do mês e do ano em que ocorreu); valor da média⁹ da série; número de anos da série e valores correspondentes aos seguintes períodos de retorno: 5, 10, 25, 50, 100 (tabela 4).

Tabela 4 – Valores de precipitação com dados referentes aos valores máximos anuais da quantidade de precipitação em 24 horas, para vários períodos de retorno (Ext. de FÁRIA et al., 1980, pp. 47,51, 53, 58, 74, 84, 85).

	Chão de Codes	Fátima (Cova da Iria)	Freixianda	Leiria	Leiria	Rego da Murta	Tomar	Tomar
Lat.	39°37' N	39°37' N	39°46' N	39°45'	39°45'	39°46' N	39°36' N	39°36' N
Long.	8°04' W	7°42' W	8°28' W	8°49'	8°49'	8°21' W	8°27' W	8°27' W
Alt. (m)	300	330	110	61	61	220	122	122
Período	1941-76	1932-62	1945-75	1932-49	1953-75	1935-75	1932-50	1952-74
Máx. Abs.	104,5 - Nov. 55	128 - Set. 42	93,4 - Mai 70	75 - Set. 49	95 - Jan. 60	100 - Out. 53	96 - Set. 38	120 - Nov. 59
M	65,4	74,5	55,4	12,9	52,6	57,9	31	61,1
N	36	31	31	18	23	41	19	23
S	16,2	24,6	17,5	13,2	14,8	15,4	17	20
M ₅	79,1	97	70,5	55,2	65,9	70,8	50,5	79,1
M ₁₀	89,9	112	82,3	70,1	76,2	80,9	60	93
M ₂₅	103,4	134,5	97,1	108	89,2	93,7	74,5	110,5
M ₅₀	113,5	149,5	108,8	146,8	98,8	103,2	86	123,5
M ₁₀₀	123,5	164,5	119,1	194,1	108,3	112,6	96	136,4

Notas: Max. Abs. = valor máximo absoluto (com indicação do mês e do ano em que ocorreu); M = valor da média da série (valor correspondente a um período de retorno de 2.33 anos.); N = número de anos da série; S = desvio padrão da série; Valores correspondentes aos seguintes períodos de retorno; M5 = 5 anos; M10 = 10 anos; M25 = 25 anos; M50 = 50 anos; M100 = 100 anos.

MENDES *et al.* (1991) também apresentaram valores de precipitação para a normal climatológica 1951-1980 (tabela 5).

Tabela 5 - Precipitação mensal média por estação udométrica (Ext. de MENDES et al., 1991, pp. 93-94).

	Chão de Codes		Freixianda		Leiria		Rego da Murta		Tomar	
Lat.	39°37' N		39°46' N		39°45' N		39°46' N		39°36' N	
Long.	8°24' W		8°28' W		8°49' W		8°21' W		8°24' W	
H _s ¹ (m)	300		110		61		220		78	
h ₂ ² (m)	1,5		1,5		1,5		1,5		1,5	
Período	1951-80		1951-80		1952-80		1951-80		1951-83	
Precipitação (mm)	Total	Máx. diária	Total	Máx. diária	Total	Máx. diária	Total	Máx. diária	Total	Máx. diária
Janeiro	182,6	75	147,9	91,5	136,4	95	166,4	80,7	120,4	71,4
Fevereiro	163,9	128,5	146,8	78,4	130,3	60,5	151	78,2	110	90,9
Março	136	57	122,5	91	109,2	74,4	130,7	80,1	96,7	62,3
Abril	82	57,5	71	62,3	67,1	48,5	77,9	59,5	57,2	49,5
Mai	78,3	75	71,5	93,4	65	50,4	77,6	51,9	53,9	57
Junho	37,6	37	33,2	40,4	30,7	44,2	42,3	42	26,5	50,4
Julho	6,5	24	4,1	15,3	4,8	23	7,3	33	3,7	15,2
Agosto	8,9	18,5	8,8	19	10,5	31,2	12,1	30	6,8	62,2
Setembro	39,5	52	42,5	73,4	33,2	42,4	51	83,2	36,4	78
Outubro	102,4	70	107	67	88,4	58,6	105,6	100	74,1	62,5
Novembro	141,5	93	128,5	70	114	76,1	138,5	78	100	120,3
Dezembro	175,2	50	131	57,3	133,1	59	140,4	58,2	102,2	77,5
Soma / Máx.	1154,4	128,5	1014,8	93,4	922,7	95	1100,8	100	787,9	120,3

Notas: 1 - Altitude do solo no local; 2 - Altura da boca do udometro acima do solo.

⁸ Para considerar a dimensão das amostras disponíveis.

⁹ Valor correspondente a um período de retorno de 2,33 anos.

Os dados de precipitação diária utilizados e disponibilizados pelo INAG, correspondem a registos acumulados entre as 09h:00m de cada dia, a possuem as seguintes características (tabela 6):

Tabela 6– Rede climatológica utilizada (Ext. de: <http://snirh.pt>).

Atributo	Valor		
	16E/05UG	16F/05U	16F/03U
Código	16E/05UG	16F/05U	16F/03U
Nome	Santa Catarina da Serra	Vila Nova de Ourém	Boleiros
Latitude	39.665	39.648754	39.586808
Longitude	-8.694	-8.584723	-8.646944
Coord. X	151878.928	161237.406	155857.447
Coord. Y	299835.777	297932.493	291083.437
Altitude (m)	376	194	316
Bacia hidrográfica	Lis/Ribeiras Costeiras	Tejo	Tejo
Distrito	Leiria	Santarém	Santarém
Concelho	Leiria	Ourém	Ourém
Freguesia	Santa Catarina da Serra	Nossa Senhora das Misericórdias	Fátima
Ent. resp. est. automática	INAG	-	-
Ent. resp. est. convencional	CCDR-CENTRO	CCDR-LVT	CCDR-LVT
Tipo de estação automática	Udográfica	-	-
Tipo de estação convencional	Udométrica	Udométrica	Udométrica
Ent. func. est. convencional	1/10/1980	1/10/1980	1/10/1979
Encerr. est. convencional	-	1/9/1995	30-09-2002
Ent. func. est. automática	-	-	-
Encerr. est. automática	-	-	-
Telemetria	Não	Não	Não
Estado	Não instalada	Extinta	Extinta
Ind. Qualidade	-	-	-
Área de influência (polígono de Thiessen) (m ²)	18320614	35574747	1621463
Área de influência, em % (polígono de Thiessen)	33	64	3

2.1.1.1.1 Determinação do período e retorno

O período de retorno foi definido tendo por base a lei de Gumbel para os valores de precipitação das estações climatológicas da tabela 7.

Tabela 7– Séries cronológicas de precipitação utilizadas para a área de estudo (Ext. de: <http://snirh.pt>).

	Boleiros (16F/03U)		Vila Nova de Ourém (16F/05U)		Santa Catarina da Serra (16E/05UG)	
	DDMMAAAA	Pre. diá. máx. anual (mm)	DDMMAAAA	Pre. diá. máx. anual (mm)	DDMMAAAA	Pre. diá. máx. anual (mm)
Estatísticos	10/15/1979	65,9	4/10/1981	29	11/3/1980	35
	12/29/1981	58	11/7/1982	70,8	11/7/1982	55
	11/7/1982	72,8	11/9/1983	88,2	3/16/1984	62,5
	11/9/1983	85,2	2/16/1985	50	9/10/1986	75,6
	2/10/1985	65	9/16/1986	46,5	1/30/1988	72
	9/16/1986	53,7	9/25/1987	37	12/21/1989	68,5
	4/7/1987	52	5/5/1988	33,8	3/1/1991	71,4
	5/5/1988	55	4/5/1990	51,6	1/9/1992	42,8
	11/26/1989	65,8	2/28/1991	30,2	11/5/1994	34,8
	10/14/1990	55,8	9/26/1992	26,5		#
	6/14/1992	56,9	2/10/1993	38,1		#
	4/25/1993	66,1	3/30/1994	46,9		#
	2/12/1995	40	2/12/1995	35		#
	5/6/1996	86,1		#		#
	6/1/1998	65,5		#		#
	3/10/1999	37		#		#
	12/7/2000	134		#		#
9/18/2002	49,8		#		#	
Contagem		18		13		9
Média aritmética		64,7		44,9		57,5
Desvio padrão		21,6		17,7		16,3
Máximo		134		88,2		75,6
Mínimo		37		26,5		34,8
Amplitude		97		61,7		40,8

	Boleiros (16F/03U)		Vila Nova de Ourém (16F/05U)		Santa Catarina da Serra (16E/05UG)	
Soma		1164,6		583,6		517,6
Mediana		61,5		38,1		62,5
Moda		#N/D		#N/D		#N/D
Variância		465,433		313,374		265,119
Coef. de variação		0,333		0,394		0,283
Grau achat. / Curtose		5,878		2,007		-1,625
Grau de assimetria		2,019		1,465		-0,493

Os quantitativos de precipitação para vários períodos de retorno encontram-se na tabela 8, incluindo o valor com uma chance de ocorrência, em média, em 100 anos.

Tabela 8 - Valores da precipitação máxima diária anual (mm), de acordo com a distribuição de Gumbel.

Rede Meteorológica		Período de retorno												
Posto	Nome	2	2,33	5	10	15	20	25	30	50	100	500	1000	10000
16F/03U	Boleiros	61,5	65,9	84,8	100,3	109,0	115,1	119,8	123,6	134,2	148,6	181,8	196,0	243,4
16F/05U	Vila Nova de Ourém	42,4	46,2	62,5	75,8	83,4	88,6	92,7	96,0	105,2	117,6	146,2	158,5	199,4
16E/05UG	Santa Catarina da Serra	55,3	59,1	75,2	88,4	95,8	101,0	105,0	108,2	117,3	129,6	157,8	170,0	210,4

A tabela 9 apresenta o valor de precipitação ponderado pela área de influência de cada estação.

Tabela 9 - Precipitação média diária máxima anual na área de estudo.

Postos de medição		Precipitação		Área		Precipitação ponderada
		mm	km ²	%	mm	
16F/03U	Boleiros	148,6	1,6	2,9	4,3	
16F/05U	Vila Nova de Ourém	117,6	35,6	64,1	75,3	
16E/05UG	Santa Catarina da Serra	129,6	18,3	33,0	42,8	
Σ		395,7	55,5	100,0	122,4	

De acordo com BRANDÃO *et al.* (2001) e PORTELA (s.d.), a área de estudo encontra-se sob a influência da estação udrográfica de Coimbra (IG), pelo que será sobre os parâmetros desta que em articulação com a precipitação máxima anual diária para cada um dos três postos de medição supra mencionados, se determinará a precipitação máxima anual na bacia hidrográfica com período de retorno T , com duração subdiária.

Também se considera um coeficiente de repartição (PORTELA, s.d.) para os métodos Racional e Turazza-Giandotti devido à tendência de sobrevalorização do caudal de ponta de cheia, atendendo às condições de escoamento da bacia (tabela 10).

Na tabela 10 constam os parâmetros utilizados para a curva IDF que exerce influência espacial sobre a área da bacia fluvial em estudo.

Tabela 10 - Parâmetros de curvas IDF estabelecidos com base em precipitações intensas registadas em postos udográficos do Continente (Ext. de BRANDÃO *et al.*, 2001).

Posto udográfico :12G/01 Coimbra (IG)				
Períodos de retorno (anos)	2	Parâmetros das curvas intensidade-duração-frequência para durações da precipitação entre 30 minutos e 6 horas	a	280,69
			b	-0,653
	5		a	374,38
			b	-0,647
	10		a	436,65
			b	-0,644
	20		a	496,49
			b	-0,643
	50		a	574,03
			b	-0,641
	100		a	632,17
			b	-0,64
	500		a	766,63
			b	-0,639
1000	a	824,45		
	b	-0,638		

2.1.1.1.2 Teste de adaptabilidade da função candidata

Os teste de adaptabilidade ou aderência utilizados para os valores dos três postos udométricos foram os testes do qui-quadrado (χ^2) e de Kolmogorov-Smirnov (K-S) para um nível de significância, α , previamente fixado em 0,05 (ou seja representa 5% da área total debaixo da curva ou um nível de confiança de 95%). Após determinação do estatístico de χ^2 , verificou-se que este não excedeu o valor crítico (tabelado), com excepção de Santa Catarina da Serra, o que significa que é muito provável que os valores de precipitação estimados pela função candidata encontram-se bem ajustados à realidade, ou que, dito de outra forma, é provável que um $\chi^2 \geq$ ao valor crítico possui uma probabilidade de acontecer de apenas 0,05 (5%), pelo que se aceita a hipótese nula com aquele nível de significância, ao contrário do posto supramencionado que também apresenta o estatístico mais elevado (tabela 11).

Tabela 11 - Resultados da aplicação dos testes de ajustamento utilizados, à função candidata, para as séries em estudo.

Estação udométrica/udográfica		Distribuição	Teste de ajustamento			
			Qui-quadrado		Kolmogorov-Smirnov	
			Valor	Aceitação	Valor	Aceitação
Boleiros	16F/03U	Extremos Tipo I (Gumbel)	3,05	S	0,2109	N
Vila Nova de Ourém	16F/05U		1,88	S	0,2440	N
Santa Catarina da Serra	16E/05UG		8,90	N	0,2856	N

Por outro lado, face aos resultados do teste de Kolmogorov-Smirnov deve-se rejeitar, de acordo com este teste, o ajustamento dos valores da amostra à lei de Gumbel tipo I, para o nível de confiança considerado, para os três postos de medição. Pensa-se que estes resultados negativos se devem à reduzida extensão cronológica. De facto, a dimensão mínima das séries com qualidade a analisar deveria ser de 15 anos.

Contudo, por não haver alternativa viável, opta-se por avançar as séries de valores em causa. A ponderação dos valores com área da bacia em estudo e com o posto udográfico de Coimbra permitirá alcançar resultados mais realistas.

2.1.2 Balanço hidrológico sequencial da água no solo

O balanço hidrológico pode ser utilizado para caracterização climática de uma região (com base nos valores médios mensais de precipitação e da evapotranspiração potencial, déficit hídrico e superávit hídrico anuais médios, correspondentes à soma dos respectivos valores mensais verificados ao longo do ano; à posteriori destes cálculos podem ser determinados índices climáticos), necessidades de rega de sistemas de culturas agrícolas (com base no déficit hídrico); cálculo do escoamento superficial (com base no superávit e variação de armazenamento de água no solo); cálculo da recarga natural de aquíferos (escoamento subterrâneo + variação de armazenamento de água no subsolo); predição de impactes humanos no ciclo hidrológico. Assim, as potencialidades de aplicação em Ordenamento do Território são notáveis, para avaliação da exequibilidade económica e ecológica de estratégias de uso e ocupação e transformação dos recursos terra e água (DUNNE e LEOPOLD (1978, pp. 236-237) e LENCASTRE e FRANCO (2010, pp. 327-338)).

Os valores normais da precipitação e temperatura foram extraídos de MENDES e BETTENCOURT (1980, p. 122). Assim para a estação de Fátima, observa-se, por exemplo, que a reconstituição da reserva útil da água do solo concretiza-se entre Outubro e Novembro (tabela 12, fig. 7).

Tabela 12 - Balanço hidrológico sequencial mensal do solo para a estação climatológica de Fátima (valores médios de 29 anos: 1932/1960), segundo o método Thornthwaite-Matter¹⁰.

$$U = \boxed{100} \text{ mm}$$

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Temperatura média (°C)	7,1	7,8	9,4	10,7	13,2	15,5	17,0	16,6	16,3	13,3	9,6	6,3	
Índice i	1,70	1,96	2,60	3,16	4,35	5,55	6,38	6,15	5,98	4,40	2,68	1,42	46,33
ETp0 (mm)	26,98	30,27	38,03	44,57	57,63	70,15	78,55	76,29	74,61	58,16	39,03	23,30	
Coefficiente K	0,80	0,89	0,99	1,10	1,20	1,25	1,23	1,15	1,04	0,93	0,83	0,78	
ETP (mm)	21,6	26,9	37,7	49,0	69,2	87,7	96,6	87,7	77,6	54,1	32,4	18,2	658,6
Precipitação (mm)	219,0	170,0	199,0	105,0	78,0	33,0	12,0	12,0	67,0	100,0	158,0	249,0	1402,0
Déficit de precipitação	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-54,7	-84,6	-75,7	-10,6	0,0	0,0	0,0	225,6
Perda de água potencial	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	54,7	139,3	215,0	225,6	0,0	57,3	0,0	
Armazenamento (A) (mm)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	57,9	24,8	11,6	10,5	56,4	100,0	100,0	
Variação do armazenamento	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-42,1	-33,0	-13,2	-1,2	45,9	43,6	0,0	
ETR (mm)	21,6	26,9	37,7	49,0	69,2	75,1	45,0	25,2	68,2	54,1	32,4	18,2	522,5
Déficit hídrico (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,6	51,6	62,5	9,4	0,0	0,0	0,0	136,1
Superávit (mm)	197,4	143,1	161,3	56,0	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	82,0	230,8	879,5

Balanço anual

A inicial	+	Precip.	-	ETR	=	A final	+	Superávit
100,0	+	1402	-	522,5	=	100,0	+	879,5
		979,5			=			979,5

A estimativa do escoamento superficial foi determinada de acordo com a regra de Thornthwaite e Mather de metade do conjunto, a partir do superávit¹¹, conforme exposto em DUNNE e LEOPOLD (1978, pp. 243-244), MENDES e BETTENCOURT (1980, p. 7) ou LENCASTRE e FRANCO (1984, p. 333), iniciando-se no primeiro mês com superávit (Novembro). O escoamento superficial (*runoff*) é a parcela de superávit hídrico alimenta o escoamento superficial, a percolação e o escoamento subterrâneo, porém, nem toda a água resultante do excesso hídrico de um mês se escoar nesse mês, podendo escoar-se no(s) mês(es) seguinte(s) (vide RAMOS, 2005, p. 44).

¹⁰ Baseado em programa de cálculo desenvolvido pelo Professor Doutor Eusébio Reis (Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa (IGOT-JL) para a disciplina de Hidrologia Continental (Maio de 2002).

¹¹ Face a RAMOS, 2005, p. 44, superávit (ou excesso) hídrico (S). Quando o solo está saturado e $P \geq Etp$, então $S = P - Etp$. Mas se está a ocorrer a reconstituição da reserva útil, então $S = (P - Etp) - |\Delta A|$.

É um processo subaéreo função da declividade da morfografia, possança e textura do solo, condutividade hidráulica do substrato, vegetação e intervenção humana (vide, por exemplo, RAMOS, 2005, pp. 47-53). O escoamento superficial é máximo em Janeiro, com 166.7 l.m⁻², para ser mínimo e atingir 1.8 l.m⁻² no mês de Outubro, vide linha 3, tabela 13.

Tabela 13 - Determinação dos valores do escoamento de superfície (mm ou l.m²) a partir do balanço hidrológico mensal.

Termos do balanço hidrológico		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Ano
1	SH	197,4	143,1	161,3	56,0	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	82,0	230,8	879
2	R + S _s + S _{SSO}	333,3	309,7	316,2	214,1	115,9	57,9	29,0	14,5	7,2	3,6	82,0	271,8	1,755
3	R	166,7	154,9	158,1	107,0	57,9	29,0	14,5	7,2	3,6	1,8	41,0	135,9	878
4	S _s + S _{SSO}	166,7	154,9	158,1	107,0	57,9	29,0	14,5	7,2	3,6	1,8	41,0	135,9	878
5	Δ S _s + S _{SSO}	+30,8	-11,8	+3,2	-51,1	-49,1	-29,0	-14,5	-7,2	-3,6	-1,8	+39,2	+94,9	

Legenda: SH= superávit; R= escoamento superficial; S_s= armazenamento de água à superfície; S_{SSO}= armazenamento de água no subsolo.

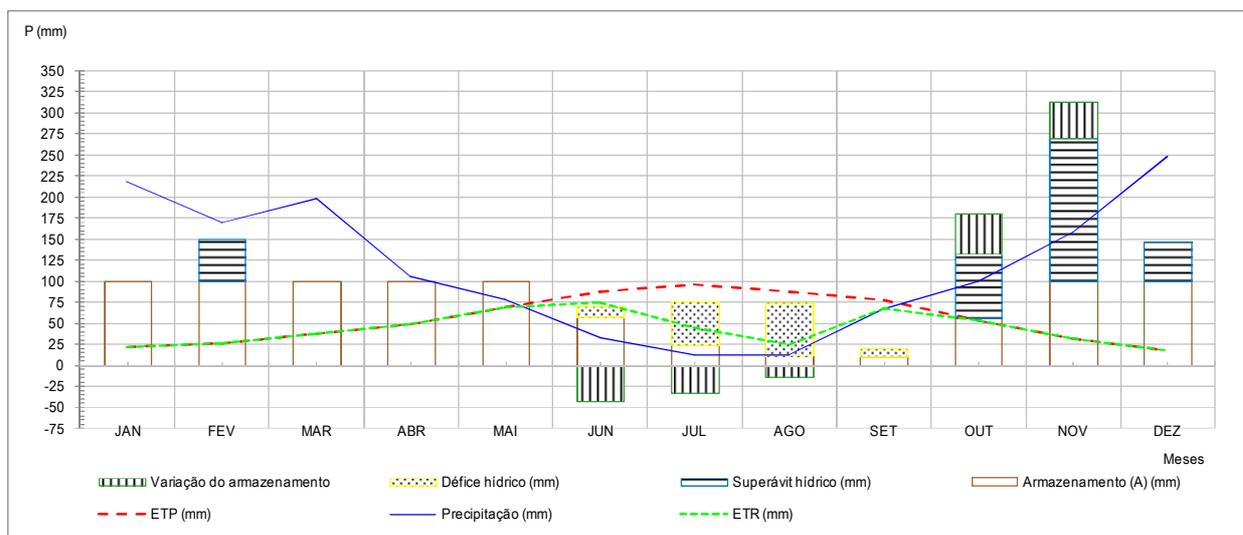


Figura 7 – Representação gráfica do balanço hidrológico sequencial mensal do solo para a estação climatológica de Fátima (valores médios de 29 anos: 1932/1960).

Também se ensaiou o cálculo balanço hidrológico sequencial mensal, segundo o método Thornthwaite-Matter, para o ano de 2006/2007, para a estação climatológica de Caxarias (dados extraídos de SNIRH/INAG (tabela 14, fig. 8).

Tabela 14 - Balanço hidrológico sequencial mensal do solo para a estação climatológica de Caxarias (valores médios 2006/2007), segundo o método Thornthwaite-Matter.

U = 100 mm

		A inicial												ANO
		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
Temperatura média (°C)		8,2	10,2	11,1	13,4	15,1	17,4	19,6	20,1	19,9	16,9	13,7	7,7	
Índice i		2,11	2,94	3,34	4,45	5,33	6,61	7,91	8,22	8,10	6,32	4,60	1,92	61,86
ETp0 (mm)		24,18	33,29	37,68	49,65	59,15	72,80	86,67	89,93	88,62	69,76	51,29	22,05	
Coefficiente K		0,82	0,90	1,00	1,11	1,19	1,24	1,22	1,14	1,04	0,93	0,84	0,79	
ETP (mm)		19,8	30,0	37,7	55,1	70,4	90,3	105,7	102,5	92,2	64,9	43,1	17,4	729,1
Precipitação (mm)		17,7	82,1	16,3	28,3	51,9	36,7	10,2	2,6	31,6	240,4	213,4	65,7	796,9
Déficit de precipitação		-2,1	0,0	-21,4	-26,8	-18,5	-53,6	-95,5	-99,9	-60,6	0,0	0,0	0,0	378,4
Perda de água potencial		2,1	0,0	21,4	48,2	66,7	120,3	215,8	315,7	376,3	0,0	0,0	0,0	
Armazenamento (A) (mm)	100,0	97,9	100,0	80,7	61,8	51,3	30,0	11,6	4,3	2,3	100,0	100,0	100,0	
Variação do armazenamento		-2,1	2,1	-19,3	-19,0	-10,4	-21,3	-18,5	-7,3	-1,9	97,7	0,0	0,0	
ETR (mm)		19,8	30,0	35,6	47,3	62,3	58,0	28,7	9,9	33,5	64,9	43,1	17,4	450,4
Déficit hídrico (mm)		0,0	0,0	2,1	7,8	8,1	32,3	77,1	92,6	58,6	0,0	0,0	0,0	278,6
Superávit hídrico (mm)		0,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	77,8	170,3	48,3	346,5

Balço anual

A inicial	+	Precip.	-	ETR	=	A final	+	Superávit
100,0	+	796,9	-	450,4	=	100,0	+	346,5
					=	446,5		

Os meses de maior escoamento correspondem ao período de Outubro a Fevereiro, com máximo registado em Novembro, com 104,6 l.m⁻², e mínimo com 0,3 l.m⁻² no mês de Setembro, vide linha 3, tabela 15.

Tabela 15 - Determinação dos valores do escoamento de superfície (mm ou l.m²) a partir do balanço hidrológico mensal para a estação climatológica de Caxarias (valores médios 2006/2007), segundo o método Thornthwaite-Matter.

Termos do balanço hidrológico		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Ano
1	SH	0,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	77,8	170,3	48,3	346
2	R + S _s + s _{so}	76,4	88,3	44,1	22,1	11,0	5,5	2,8	1,4	0,7	77,8	209,2	152,9	692
3	R	38,2	44,1	22,1	11,0	5,5	2,8	1,4	0,7	0,3	38,9	104,6	76,4	346
4	S _s + s _{so}	38,2	44,1	22,1	11,0	5,5	2,8	1,4	0,7	0,3	38,9	104,6	76,4	346
5	Δ S _s + s _{so}	-38,2	+5,9	-22,1	-11,0	-5,5	-2,8	-1,4	-0,7	-0,3	+38,6	+65,7	-28,2	

Legenda: SH= superávit; R= escoamento superficial; S_s= armazenamento de água à superfície; S_{so}= armazenamento de água no subsolo.

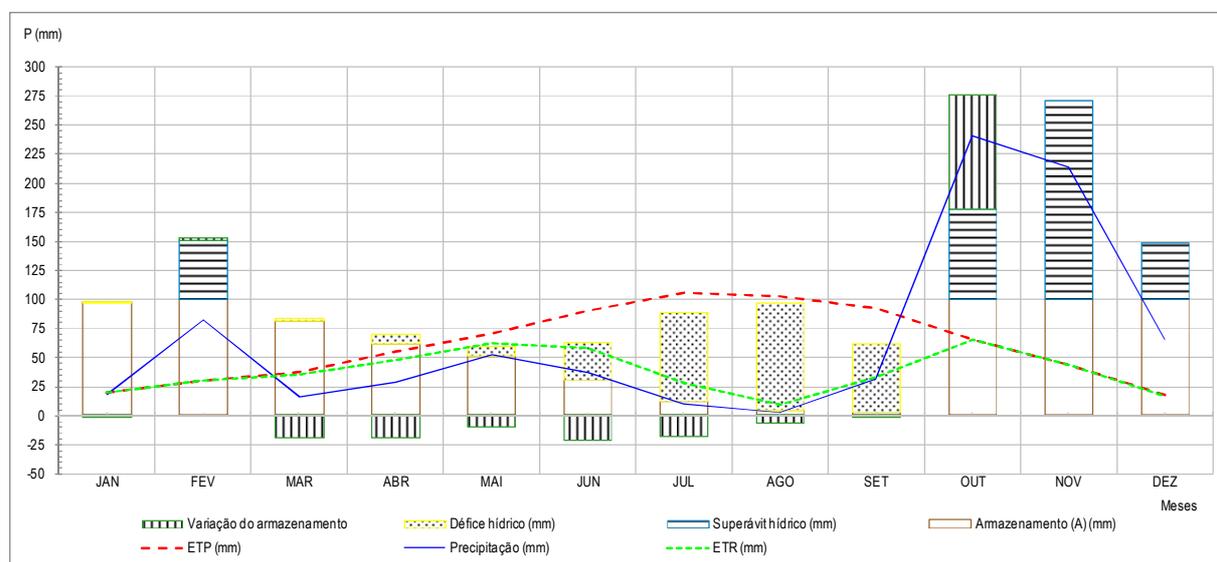


Figura 8 – Representação gráfica do balanço hidrológico sequencial mensal do solo para a estação climatológica de Caxarias (valores médios 2006/2007).

2.1.3 Classificação e regime climático

Na classificação climática empírica de Thornthwaite-Mather¹², o clima¹³ de determinado local é descrito através da utilização de quatro índices climáticos definidos com base no balanço hídrico: índice hídrico, índice de aridez, índice de humidade, eficácia térmica no Verão (MENDES e BETTENCOURT, 1980, p. 10; LENCASTRE e FRANCO, 2010, pp. 334-335; DGRAH, 1984, p. 939). Para a estação climatológica de Fátima, no cálculo do balanço hídrico sequencial mensal e dos índices climáticos, assume-se a capacidade de água disponível do solo igual a 100 mm. Considerando a heterogeneidade da precipitação nas diferentes estações do ano, e logo do I_a e I_h , o I/H exprime a relação entre a aridez e humidade previamente determinadas. A eficiência térmica anual, $E_{\bar{a}}$, no

¹² Utilizada e descrita, por exemplo, nos fascículos XXIV e XXXIII do então Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, ou nos planos de bacia hidrográfica do Tejo e do Rio Lis e também descrita em MMA (2004, p. 146, no que se refere aos limiares).

¹³ O clima é influenciado por factores de natureza geográfica e de natureza atmosférica. Dos três tipos de circulação geral da Atmosfera (fluxo zonal de Oeste e circulação meridiana (correntes ondulatórias e situações de bloqueio).

quadro em baixo, mede-se através da E_{pt} em mm. Assim, para Fátima, o código climático é AB'1sa', ou seja, clima super-húmido, mesotérmico, com défice de água moderado, no Verão e pequena eficácia térmica no Verão (tabela 16). O resultado é convergente com MENDES e BETTENCOURT, 1980, p. 122, para 100 mm de reserva útil.

Tabela 16 - Classificação climática de Thornthwaite e Mather a partir do balanço hidrológico sequencial mensal para a estação climatológica de Fátima (valores médios de 29 anos: 1932-1960).

Índice climático	Limiares	Valores	Unidade	Características	Tipo climático
Regime hídrico anual (IH)	$IH > 100$	117,1	%	Super-húmido	A
Regime térmico anual (eficiência térmica, E_p)	$570 \leq E_p < 712$	672,00	mm	1.º Mesotérmico	B'1
Regime hídrico sazonal					
I_a	$16,7 < I_a \leq 33,3$	21,1	%	Défice de água moderado, no Verão	s
IH tipo A - I_h	$I_h > 20$	129,8	%	Superávit de água grande, no Inverno	s_2
Regime térmico sazonal (C)	$C < 48$	41,4	%	Pequena ou nula concentração térmica no Verão	a'

Na classificação empírico-quantitativa de Köppen (STRAHLER, 1975, pp. 240-242; DGRAH, 1984, pp. 359-363; MMA, 2004, p. 143), considerando a estação climática de Fátima, vide fascículo XXIV, no período 1932/1960, o local possui clima mesotérmico, com Verão seco, com código climático *Csb*, onde *C*: significa grupo climático mesotérmico, isto é, mediterrâneo (de regime térmico com amplitude térmica moderada), com período de precipitação máxima no Inverno, com mês mais chuvoso superior a três vezes à do mês mais seco no Verão e temperatura do mês mais frio enquadrada no limiar $-3^\circ < T < +18$; *s*: subgrupo de clima com estação seca no Verão; *b*: clima de Verão quente, onde a temperatura do mês mais quente é inferior a 22°C e há mais de quatro meses em que a temperatura média mensal é superior a 10°C .

Face à classificação climática explicativo-descritiva de STRAHLER (1975, pp. 243-244, 246-247, 288-294), o clima classifica-se como mediterrâneo (subtropical com Verão seco (*Csb* de Köppen)) enquadra-se no grupo climático II de clima das latitudes médias (regulado por massas de ar tropicais e polares), podendo descrever-se como sendo um clima de Inverno húmido e Verão seco, em resultado da alternância estacional das condições que originam o clima desértico das costas ocidentais (associados a correntes oceânicas frias) e clima marítimo das costas ocidentais; as massas de ar polares dominam no Inverno com tempestades ciclónicas e precipitação abundante, e as massas de ar tropicais dominam no Verão com secura extrema. A oscilação térmica anual é moderada. Esta classificação climática enquadra-se no regime climático mediterrâneo que se caracteriza pelo Verão muito seco e quente que alterna com um Inverno húmido e temperado (STRAHLER, 1975, p. 249).

De acordo com a classificação de Gaussen, relativamente ao número de meses secos, onde se atende ao ritmo termopluiométrico médio, em que a precipitação (mm) é inferior a duas vezes a temperatura ($^\circ\text{C}$), a área de estudo manifesta um período xérico de dois meses coincidentes com o Verão (Julho e Agosto), conforme diagrama ombrotérmico de Gaussen (proposto por F. Bagnoulds e H. Gaussen (fig. 9). Esta técnica serve para colocar em evidência o período seco e necessita apenas da temperatura e precipitação médias mensais e a escala de precipitação é o dobro da temperatura. Qualquer mês com precipitação inferior a duas vezes a temperatura é um mês seco ($P < 2T$). É adequado à análise da transição entre o domínio mediterrâneo e o atlântico. Para precisar a intensidade do período seco Gaussen propôs a utilização de um índice xerotérmico que nos dá o n.º de dias secos nos meses secos ($P < 2T$), que não será tratado neste estudo.

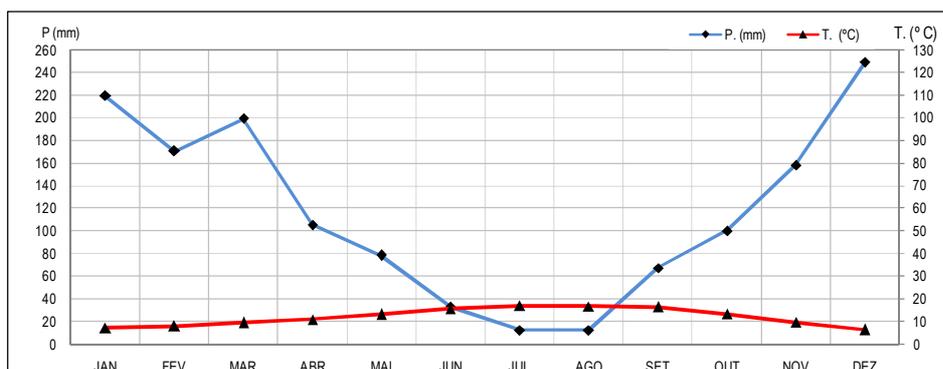


Figura 9 – Representação gráfica dos meses secos de acordo com o critério de Gausсен para a estação climatológica de Fátima (valores médios de 1932/1960).

Relativamente ao ano de 2006, altura da maior cheia conhecida, contabilizam-se cinco meses secos (Março, Junho, Julho, Agosto e Setembro) (fig. 10).

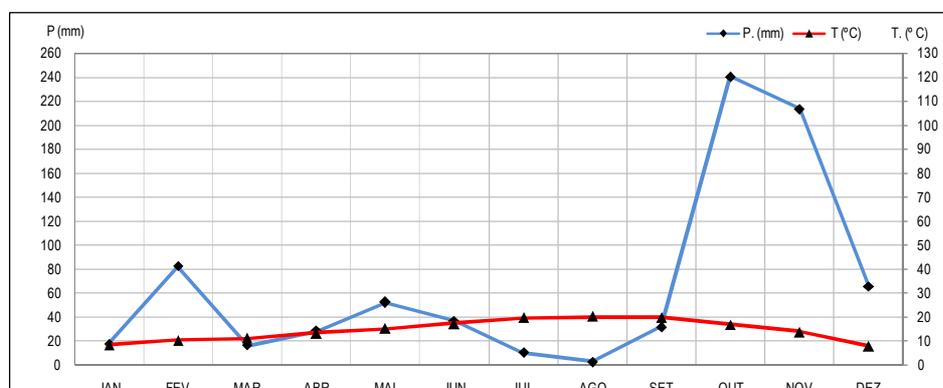


Figura 10 – Meses secos de acordo com o critério de Gausсен para a estação climatológica de Caxarias (valores médios de 2006/2007).

2.2 Caracterização geológica

2.2.1 Enquadramento regional

De acordo com PARALTA (1995, p. 4) «A região de Ourém faz parte da Bacia Lusitaniana, que se individualizou durante o Triásico, em relação com a abertura do Atlântico» (veja-se também MANUPPELLA *et al.*, 2000, p. 101 e seguintes). Este fosso alongado e estreito, com cerca de 300 km de comprimento e orientação NNE-SSW encontrava-se limitado a E por terrenos precâmbrios e paleozóicos do Maciço Hespérico e a W por um “horst” marginal (soco hercínico levantado), cujo testemunho actual é representado pelos ilhéus das Berlengas e Farilhões» (fig. 11).

De acordo com OLIVEIRA *et al.* (1992), a área situa-se na unidade tectono-estratigráfica Orla Ocidental e é constituída pelas seguintes unidades litoestratigráficas: *a* (Moderno: aluviões); *M_P* (Miocénico, Tortoniano: Areias e argilas de Pombal e Redinha); *C²* (Cretácico Superior, Cenomaniano: Calcário com Rudistas); *C_A¹* (Cretácico Inferior, Aptiano-Albiano: Arenitos de Carrascal); *J^β* (Jurássico Superior, Oxfordiano/Kimeridgiano: Calcários de Cabaços e Calcários de Montejunto (fig. 12).

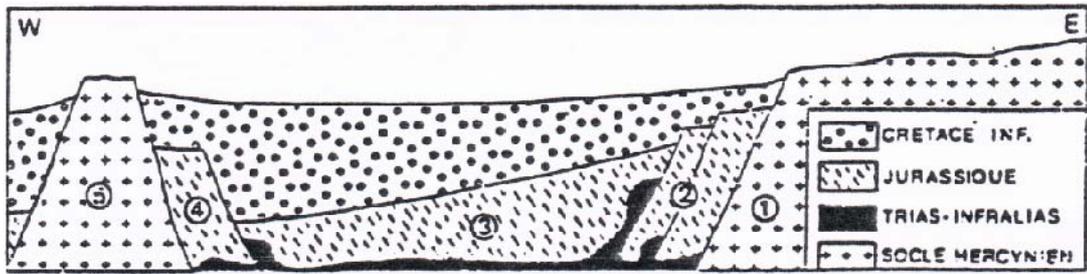


Figura 11 – Perfil morfoestrutural interpretativo da bacia cretácica da Estremadura. 1 - Maciço Hespérico; 2 - hemigraben oriental; 3 - depressão central; hemigraben ocidental; horst marginal (Ext. de PARALTA, 1995, p. 4, de acordo com Jacques Rey, 1983, *in* vol. 24, S.G.P.).

Referindo-se à unidade dos arenitos e conglomerados do Cretácico inferior, PARALTA (1995, p. 2) refere que «No meio desta mancha cretácica, ocorrem as bacias do Jurássico superior (Lusitaniano) de Espite, de Lagares e Litém (“complexo de Vale de Lagares”). A unidade cretácica de Ourém possui uma atitude aproximadamente horizontal apenas ligeiramente afectada pelo Diapiro profundo de Vermoil (anticlinal salífero) correspondente ao “complexo de Vale de Lagares”). O complexo Cretácico de Ourém é limitado a ocidente pelo sinclinal de Pousos, que compreende formações que vão desde o Cretácico inferior até ao Pliocénico, com inclinações convergentes para o centro. O limite meridional e oriental é formado por contacto discordante com os calcários do Oxfordiano (“Camadas de Montejunto e de Cabaços”), por vezes carsificados.».

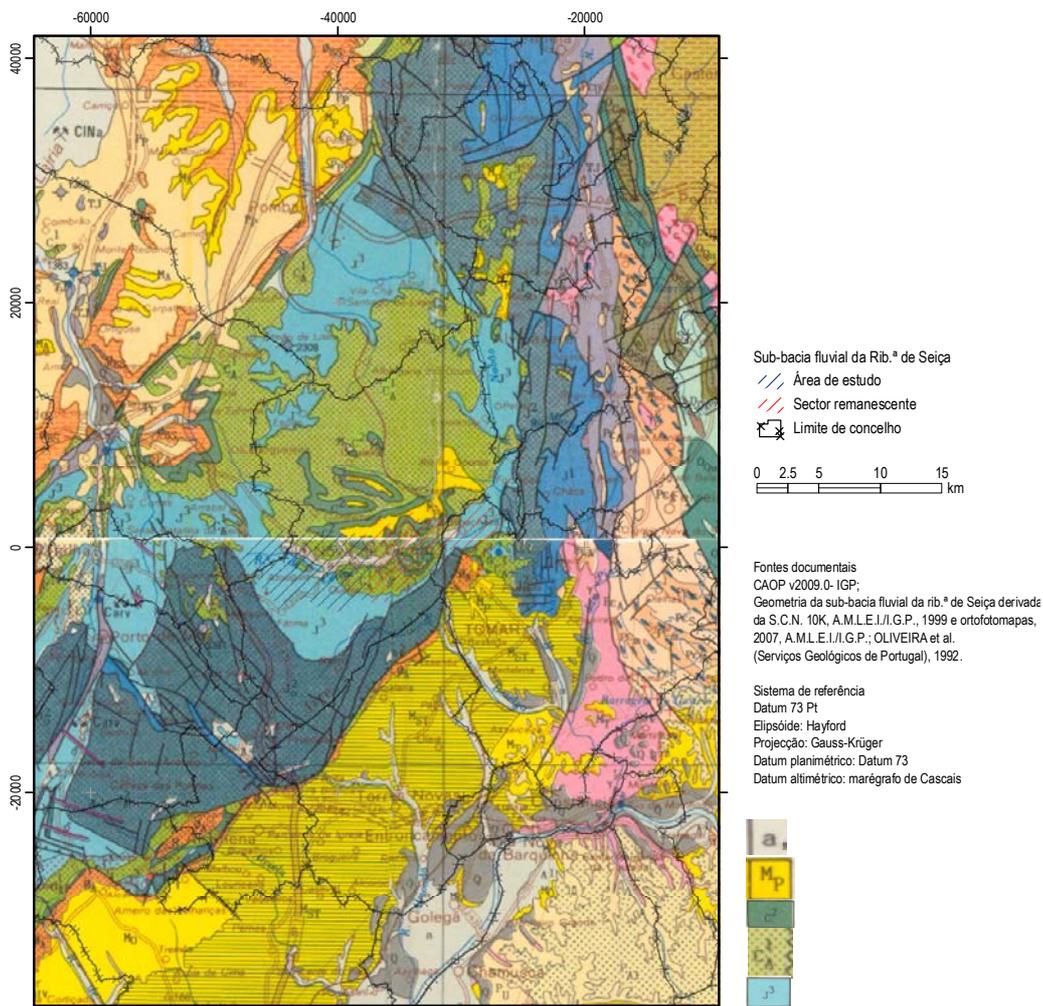


Figura 12 – Enquadramento geológico da sub-bacia fluvial da ribeira de Seixa. (Ext. de OLIVEIRA *et al.* (S.G.P.), 1992).

Tectonicamente a área é conhecida por sinclinal de Ourém «constituindo uma zona rebaixada, aproximadamente circular com cerca de 15 km de diâmetro, cujo bordo oriental próximo dos cavalgamentos e carreamentos do Maciço Calcário Estremenho sobre a bacia terciária do Tejo está recortado por diversos acidentes mais ou menos paralelos ao carreamento principal e inclinados ligeiramente para NW. No interior da bacia, a série estratigráfica cenomaniana apresenta um ligeiro pendor para W, na ordem de 2 a 3º, portanto praticamente horizontal.» (ibidem, p. 17).

2.2.2 Enquadramento da bacia fluvial

De acordo com a cartografia geológica de maior escala do INETI (1966, 1994, 1998), de BARBOSA (1995, pp. 141-142 para um sector pertencente à folha 310 ainda não publicada na escala 1/25K ou 1/50K) e MANUPPELLA *et al.* (2000), a estratigrafia da área da bacia até à última secção de cálculo é composta por formações desde o Jurássico Médio ao Holocénico (tabela 17, fig. 13).

Tal como esperado, em termos morfoestruturais a bacia fluvial da rib.^a de Seiça localiza-se na Orla Ocidental, no contexto da unidade morfotectónica Bacia Lusitaniana, que só mais a Sul contacta com a outra unidade morfotectónica Bacia do Tejo, através da falha do Arrife (MANUPPELLA *et al.*, 2000, p. 105).

De acordo com a cartografia vectorial do INETI, ocorre uma falha provável e falha oculta alinhada no fundo de vale da rib.^a de Seiça (fig. 14).

Tabela 17 - Litostratigrafia da bacia da rib.^a de Seiça.

Escala				Litostratigrafia		Divisões ou unidades Cronostratigráficas/Geocronológicas (1/25K)				Área	
1/50 OK	1/50k	1/50k	1/25K			Era/ma/ Era	Sistema/ Período	Série/ Época	Andar/ Idade	(m ²)	(%)
Edição				2.ª Ed. 1/50K	Edição vectorial (1/25K)	Eratema/ Era	Sistema/ Período	Série/ Época	Andar/ Idade	(m ²)	(%)
5.ª	anterior	2.ª	diversas								
<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	Aluviões	Aluviões	Cenozóico	Quaternário	Holocénico	-	9169959,8	8,9
-	?	?	<i>Q_f</i>	?	Depósitos de terraços fluviais			Plistocénico	-	111575,1	0,1
<i>M_p</i>	<i>M</i>	<i>M_{Ab}⁵⁻⁶</i>	<i>M_{Ou}</i>	Arenitos de Alburitel	Arenitos de Ourém			Neogénico	Miocénico superior?	-	5412476,1
<i>C²</i>	<i>C²⁻³</i>	<i>C_{OB}³</i>	<i>C_{OB}³</i>	Calcários margosos de Ourém e Batalha	Calcários margosos de Ourém e Batalha	Mesozóico	Cretácico	Cretácico Superior	Cenomaniano	10226488,9	9,9
<i>C_A¹</i>	<i>C¹⁻²</i>	<i>C_{Ca}²⁻³</i>	<i>C_{FF}¹⁻²</i>	Conglomerados de Caranguejeira	Formação de Figueira da Foz: arenitos, conglomerados e argilas			Cretácico Inferior a Superior	Aptiano superior a Cenomaniano superior	42202624,2	41,0
<i>J³</i>	<i>J_{ab}³</i>	<i>J_{CM}³</i>	<i>J_{CM}³</i>	Camadas de Cabaços e de Montejunto	Camadas de Cabaços e de Montejunto indiferenciadas: calcários, margas e conglomerados			Jurássico Superior	Oxfordiano	35212575,5	34,2
-	-	-	<i>J_{SE}²</i>	-	Formação de Senhora da Estrela: calcários bioclásticos e oolíticos	Jurássico Médio	Bajociano - Batoniano	504048,4	0,5		
Σ										102839747,9	100,0

2.2.2.1 Litostratigrafia

Quaternário

1) Aluviões (*a*): de acordo com PARALTA (1995, p. 7) têm espessura variável, não ultrapassando alguns metros, e composição variável em função da posição geomorfológica, nomeadamente, argilosa, arenosa ou cascalhenta. São compostas por sedimentos de natureza carbonatada da Plataforma de Fátima e, depois, de natureza siliciclástica do Cretácico de Ourém, onde possuem maior largura e profundidade do que nos vales associados ao Plataforma de Fátima. Veja-se também MANUPPELLA *et al.* (2000, p. 86).

2) Depósitos de terraços (*Q_f*): constituídos por areias e cascalheiras, surgem na margem direita, na área da folha 299 (de acordo com a cartografia vectorial do INETI).

Terciário (Neogénico)

3) Arenitos de Ourém (*M_{Ou}*): de acordo com PARALTA (1995, p. 8) «Os terrenos desta formação cobrem o topo dos principais planaltos de orientação E-W...». Litologicamente são arenitos grosseiros, com mancha significativa no Planalto de Alburitel, recobrem a unidade cretácica “Calcários margosos de Ourém e Batalha”, possuem menos de 10 m de espessura. De acordo com MANUPPELLA *et al.* (2000, p. 84) «A indefinição cronostratigráfica persiste: tanto poderão ser do topo do Miocénico (cf., 1968) como do Cretácico (cf. 1978).».

BARBOSA (1995, p. 141) refere que os Arenitos de Ourém constituem uma aloformação que contempla apenas uma unidade litostratigráfica, e que, integram as manchas cartografadas no canto SE da folha 23-C de Leiria designadas, por Miocénico Continental (M), por TEIXEIRA *et al.* (1968), «O facto de esta unidade apresentar associações de fácies conglomeráticas, areníticas e lutíticas não justifica a sua subdivisão nas unidades litostratigráficas respectivas, devido às diminutas áreas de afloramento que apresentam e só aceitáveis em termos cartográficos a uma escala de denominador, no geral, inferior a 25 mil, (...) Os Ar. Ou. caracterizam-se por apresentarem 3 associações de fácies, com passagem lateral e gradual de nascente para poente: a primeira, predominantemente conglomerática, ocupa as linhas de cumeada da região de Outeiros Rachados (vértice geodésico) e representa a associação "proximal"; a segunda, de carácter arenítico-conglomerático, de posição intermédia, ocorre a sul e nascente de Caxarias; a terceira, considerada já "distal", é representada por fácies areno-lutíticas e desenvolve-se para oeste do meridiano de Caxarias.» (fig. 13).

O mesmo autor refere que «Uma das características bem marcantes, também, desta unidade é a sua cor de tons avermelhados, que permanece, homogénea e contínua, especialmente nas fácies lutíticas. Ao longo de fendas e diaclases, observam-se, normalmente, manchas alongadas e esbranquiçadas, devido à lavagem (lixiviação) do ferro. As fácies conglomeráticas apresentam tom amarelo-torrado que, na área de Outeiros rachados, tem cor esbranquiçada. A marmorização é mais frequente nas fácies areno-lutíticas, que as faz confundir com a base dos Arenitos de Ota.». Trata-se de uma unidade de «apresenta uma espessura inferior a 50 m e uma extensão cartográfica de cerca de 15 km que se estende de SE para NW. (...) A cartografia mostra forte discordância no contacto dos Ar Ou com as unidades subjacentes, com lacuna estratigráfica que aumenta de SE para NW: os afloramentos a SE, em Carregueiros, cerca de 6 km a W de Tomar, recobrem os Calcários de Almoester e para NW, do cavalgamento do MCE sobre a BTBT, assentam sobre os Grés Belasianos do Cretácico» (ibidem, p. 141) (fig. 13, 14).

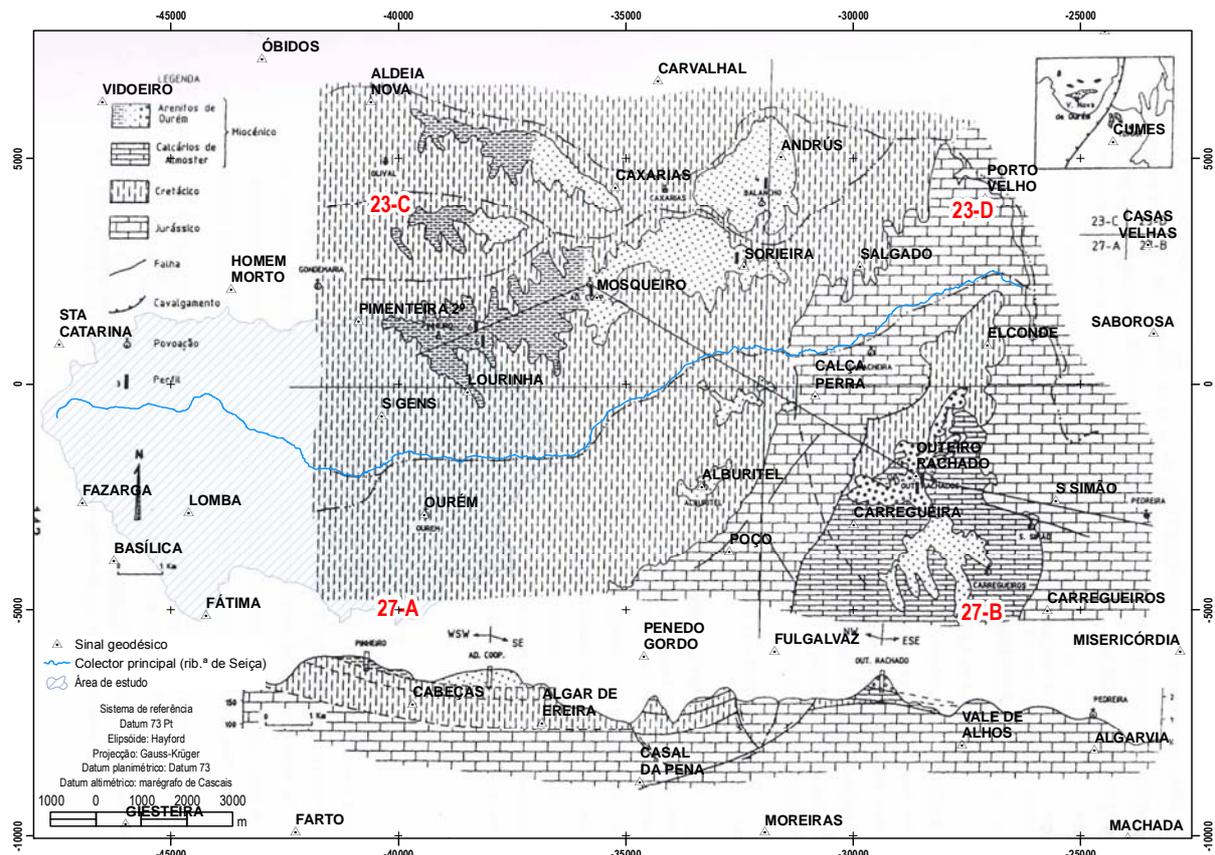


Figura 13 - Mapa e perfil geológicos da região entre Tomar e Vila Nova de Ourém. Mostram as associações de fácies, conglomeráticas, areníticas e lutíticas da unidade Ar. Ou. (Arenites de Ourém) (Ext. de BARBOSA, 1995, p. 142).

Cretácico

4) Calcários margosos de Ourém e Batalha (C_{OB}^3): de acordo com PARALTA (1995, p. 9), referindo-se ao Cretácico superior – Cenomaniano superior e médio terminal (“Turoniano”), formam vários grupos de afloramentos residuais nos pontos altos da região de Ourém, ou seja, constituem o substrato de planaltos ou a colina onde está o castelo de Ourém. MANUPPELLA *et al.* (2000, p. 78) referem que esta unidade é constituída, da base para o topo, por alternâncias de calcários margosos com arenitos finos com tendência de domínio carbonatado para o topo, salientando-se que são cada vez mais frequentes camadas de calcários e margas onde se intercalam, às vezes arenitos. A possança varia entre os 10 - 30 m.

5) Formação de Figueira da Foz (C_{FF}^{1-2}): segundo PARALTA (1995, p. 13), onde se refere ao Cretácico inferior (ou “Belasiano”) e médio, «Constitui um espesso complexo arenítico com algumas intercalações argilosas, às vezes com restos de vegetais fósseis que cobre o Jurássico superior... (...) Na área de Ourém o referido complexo terá cerca de 200 m de espessura. Um furo de pesquisa de águas subterrâneas (JK -I, 1957) com 237 m de profundidade, executado no Vale da Caridade, atravessou o “Belasiano” pelo menos até aos 221 m, tendo atingido, ao que se pensa, o topo do Jurássico superior.». Assentam sobre os sedimentos jurássicos por descontinuidade angular. Em termos litológicos são arenitos grosseiros com tendência conglomerática para a base da unidade, arcósicos, às vezes caulíníticos com manchas amareladas. Apresenta uma possança entre 150 m (Vila Nova de Ourém) e 295 m (Calvaria). Possui intercalações argilosas em cerca de 15 – 30 m situadas a 10 – 40 m da base. Apresenta um sequência com carácter mais fino para o topo, articulando-se com 3 sequências positivas

(MANUPPELLA *et al.*, 2000, p. 77). Salienta-se que petrograficamente o Cretácico inferior apresenta depósitos «...essencialmente de quartzo filoniano proveniente da destruição das rochas cristalinas do soco e de quartzitos paleozóicos. (...), ou de forma mais global, «A gênese do Complexo Cretácico corresponde a depósitos flúvio- continentais de *piedmont*, provenientes da destruição de afloramentos cristalinos, graníticos, paleozóicos (calcários e quartzitos) e de calcários jurássicos situados a ESSE do sinclinal de Ourém.» (PARALTA, 1995, pp. 14, 16).

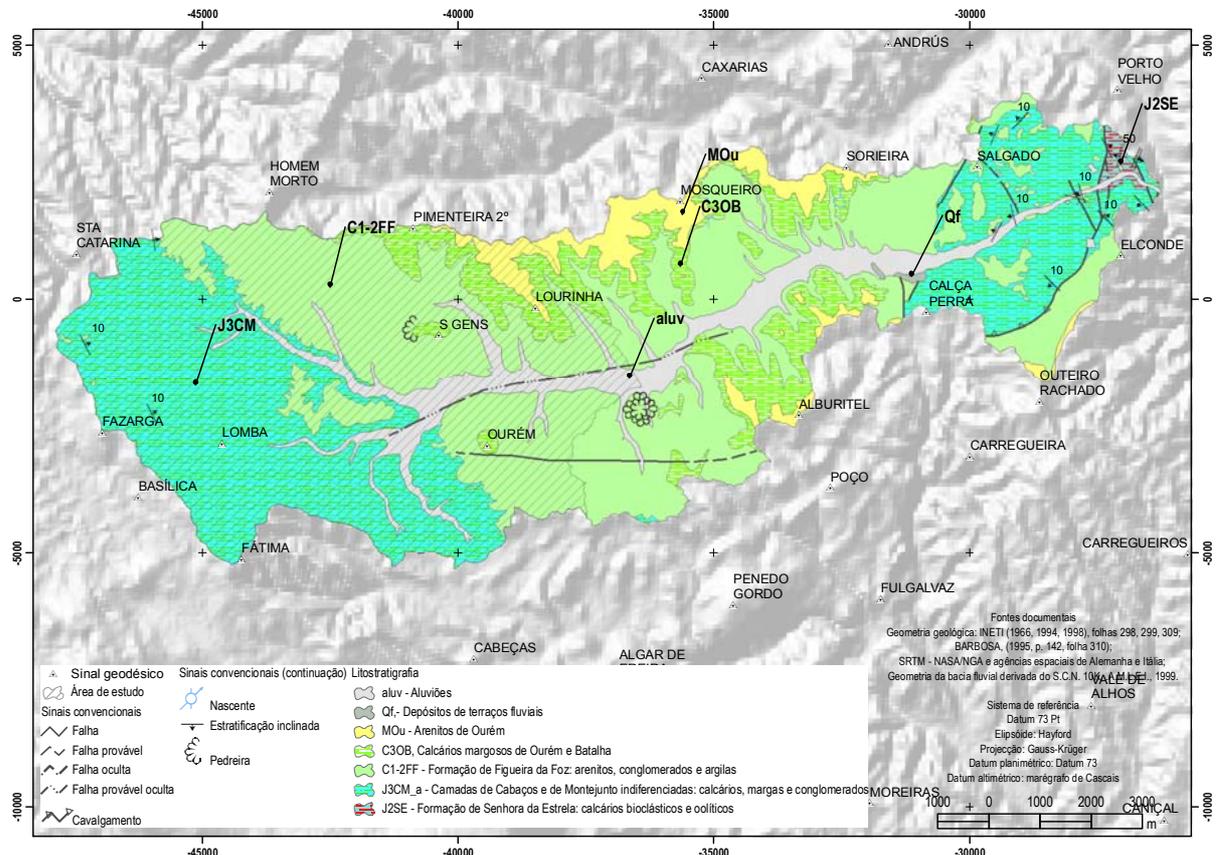


Figura 14 – Geologia da área da sub-bacia hidrográfica da rib.ª de Seça.

Jurássico

6) Camadas de Cabaços e de Montejuento (J_{CM}^3): PARALTA (1995, p. 16) refere que «O Oxfordiano do planalto de Fátima, fecha o sinclinal de Ourém a S e E (?), onde forma um extenso afloramento encurvado entre Loureira, Fátima e arredores de Alburitel.». De acordo com MANUPPELLA *et al.* (2000, p. 56-67) é uma formação composta pelas unidades litostratigráficas Camadas de Cabaços (J_C^3) e Camadas de Montejuento (J_M^3), ambas com afloramentos na unidade geomorfológica depressão de Ourém e constituídas por calcários, margas e conglomerados. Esta formação estabelece o limite ocidental Jurássico com os afloramentos de arenitos cretácicos. As Camadas de Cabaços apresentam possança de 85 m e são a primeira a sedimentar após a lacuna do Oxfordiano, assentando indiferentemente através de uma descontinuidade sedimentar e tectónica (2.ª fase de *rifting*), bizelando as camadas do Jurássico médio. O limite inferior, quando visível, é formado por crostas ferruginosas pseudolateríticas, conglomerados e fenómenos de pedogénese e carsificação desenvolvidos nos calcários do Dogger subjacentes. As camadas de Montejuento sobrepõem-se à anterior sem discordância aparente. De acordo com os mesmos autores, os afloramentos da bacia de depressão de Vila Nona de Ourém possuem cerca de 270 m.

7) Formação de Senhora da Estrela (J_{SE}^2): também de acordo com a cartografia vectorial do INETI, trata-se de uma formação composta por calcários bioclásticos e oolíticos que aflora somente junto ao nível de base da rib.ª de Seça.

2.3 Caracterização geomorfológica

2.3.1 Enquadramento regional

A área de estudo situa-se na unidade morfoestrutural Orla Sedimentar Ocidental, posicionada sobre a Fossa da Estremadura. Dominam os relevos estruturais do tipo mesa ou sub-horizontais e do tipo costeira ou inclinados com interestratificação de camadas de rocha branda e resistente. Em termos regionais, destacam-se os relevos do Maciço Calcário Estremenho (MCE), composto pela Serra de Aire, Serra dos Candeeiros, pelo Planalto de São Mamede (decomposto nas subunidades geomorfológicas nível de Pias e Plataforma de Fátima), Planalto de Santo António, Depressão de Minde, Depressão de Alvados, Depressão da Mendiga.

De acordo com o extracto do Mapa Geomorfológico de Portugal (FERREIRA, 1980), fig. 15, a área de

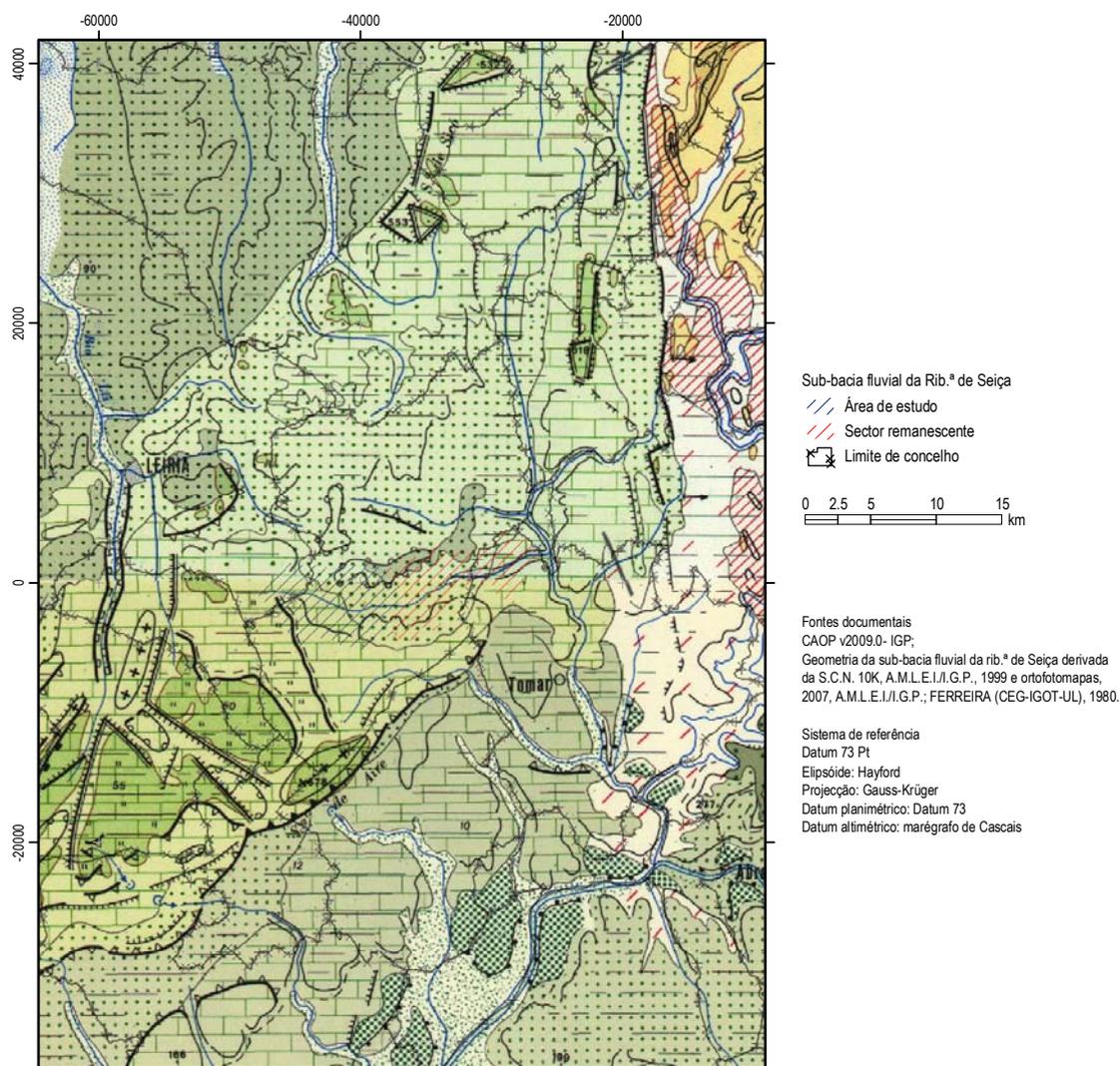
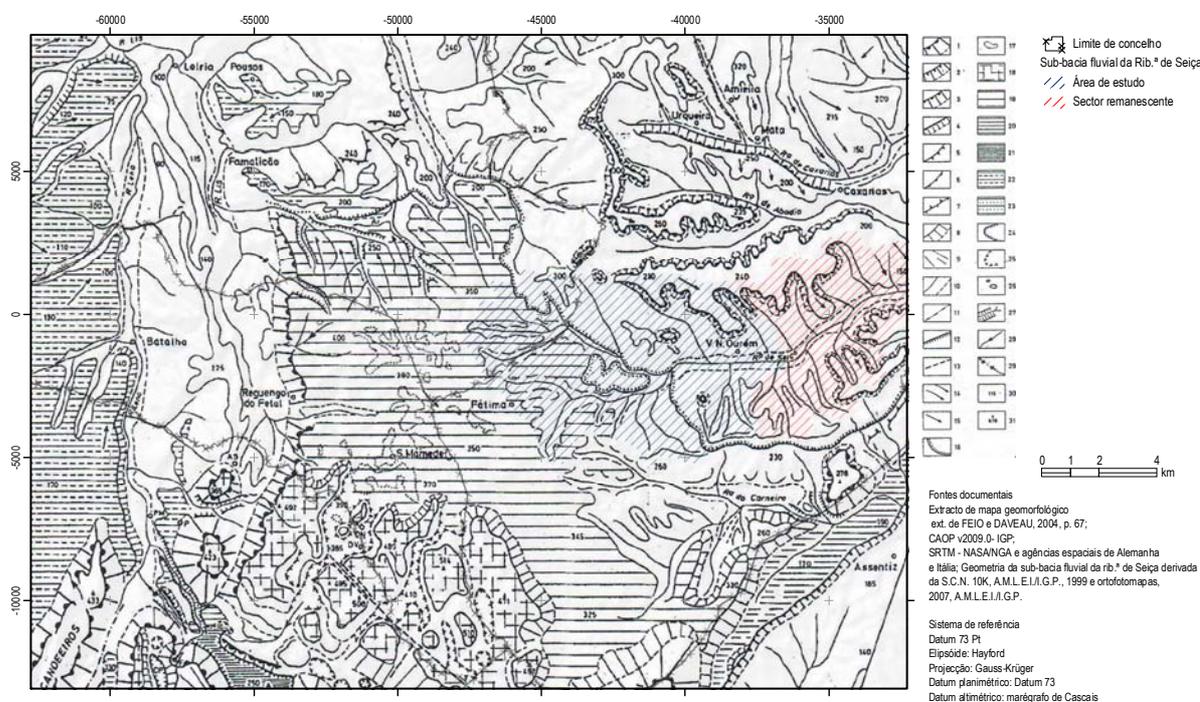


Figura 15 – Extracto do Mapa Geomorfológico de Portugal. (Ext. de FERREIRA (CEG-IGOT-UL), 1980).

estudo é parcialmente abrangida por uma cobertura sedimentar do maciço hercínico composta por rochas predominantemente detriticas, de idade secundária, com os interflúvios mais elevados encimados por rochas detriticas de idade terciária e quaternária e por rochas predominantemente calcárias, de idade secundária (ref.^a 25¹⁴).

Nos troços superior e inferior a sub-bacia é abrangida por cobertura sedimentar com rochas predominantemente calcárias e de idade secundária (ref.^a 23). No troço intermédio predomina cobertura sedimentar com rochas detriticas de idade secundária; salienta-se relevo em mesa com cobertura sedimentar de idade terciária e quaternária no bordo Norte (ref.^a 47) e rebordos de erosão com comandos entre 50 a 100 m (ref.^a 56). No troço superior, junto à superfície de aplanamento, cársica, conservada (ref.^a 64) também se destaca o rebordo de erosão com comando superior a 100 m, que estabelece a transição entre as unidades geomorfológicas bacia de Ourém e subunidade geomorfológica Plataforma de Fátima do planalto de São Mamede, e que em determinada posição faz-se pelas Lombas de Fátima (fig. 16).



1 - Escarpa de falha e flancos de anticlinal; 2 - id., de cavalgamento (escarpa dos Arrifes); 3 - rebordo de erosão diferencial, no extremo sul do Maciço; 4 - vertentes com cornijas talhada nos calcários turonianos da bacia cretácica de Ourém;
 5 - anverso de relevo monoclinal; 6 - rebordo de erosão diferencial, na bacia terciária do Tejo; 7 - barra; 8 - vertente rectilínea (a densidade dos traços sugere o valor do declive); 9 - superfície plana inclinada; 10 - alto e base de vertente; 11 - vale diátrico;
 12 - falha, reflectindo-se na topografia; 13 - fractura; 14 - flexura; 15 - inclinação de nível de aplanamento; 16 - limite da bacia cretácica de Ourém; 17 - retalhos de arenito do planalto de S. Mamede; 18 - nível das Pias e níveis superiores do Planalto de Santo António;
 19 - Plataforma de Fátima; 20 - fundo da depressão de Mendiga, nível de Murteira-Carvalho e seus possíveis prolongamentos; 21 - fundo dos poje de Minde e de Alvados; 22 - Plataforma litoral, provavelmente calabriana; 23 - nível subestrutural, bem conservado,
 da bacia terciária do Tejo; 24 - limite de depressão cársica, bem definido; 25 - id., mal definido; 26 - pequenas depressões cársicas embulidas; 27 - curso de água e garganta; 28 - barranco; 29 - perda, curso subterrâneo, exsurgência; 30 - altitude aproximada; 31 - ponto cotado.

A - Alvados; AI - Alcanena; Ar - Arrabal; AS - Alqueidão da Serra; Az - Azelha; C - Carsosos; Ca - Carvalho; CC - Covão do Coelho; CF - Covão do Feto; CP - Chão das Pias; DN - Demó Nova; DV - Demó Velha; F - Fórnea; Fo - Fontainhas; M - Minde; MA - Mira de Aire; MI - Mindinho;
 Mu - Murteira; P - Pragosa; PM - Porto de Mós; SSA - Serra de Santo António; VM - Vila Moreira.

Figura 16 – Extracto da carta geomorfológica do Maciço Calcário Estremenho (Ext. de FEIO e DAVEAU *et al.*, 2004, p. 67, de acordo com BRUM FERREIRA *et al.*, 1988).

FEIO e DAVEAU *et al.* (2004, p. 66) referem que a área de estudo posiciona-se na proximidade do MCE, composto pelo conjunto de serras e planaltos calcários mais extensos de Portugal com 36 km de norte a sul sobre 23 km de largura máxima e que o Planalto de São Mamede exhibe dois níveis de erosão escalonados a norte da depressão de Minde (*poje*¹⁵ de Minde) o mais elevado é de Pias (495 m) encontra-se fortemente carsificado, enquanto o nível da Plataforma de Fátima conserva melhor a aplanação, eventualmente por ter sido destituída da

¹⁴ Ref.^a significa a referência/código da legenda da Carta Geomorfológica de Portugal e com correspondência na respectiva notícia explicativa.

¹⁵ Significado do termo *poje* em RODRIGUES, *et al.* (2007, pp. 235-126).

cobertura cretácica apenas recentemente, apresentando altitudes de cerca de 350 m, correspondente à cota das colinas mais elevadas da bacia cretácica de Ourém (fig. 16).

MARTINS (1949, p. 35) refere que «Se utilizarmos uma carta de equidistância igual a 25 metros, podemos verificar imediatamente quanto a curva dos 200, embora imperfeitamente na região setentrional, se ajusta aos limites do Maciço...» (fig. 16).

O arranjo estrutural, comportamento geomorfológico das rochas e o processo erosivo predominante e o seu grau, conferem diferenciação na paisagem mas unidade de conjunto, a que MARTINS (1949, p. 46), invoca pluralidade na unidade do MCE, o que se explica pela génese morfoestrutural.

No compartimento setentrional e Nordeste do MCE tem-se a Bacia cretácica de Ourém que se liga por intermédio do bordo da subunidade geomorfológica Plataforma de Fátima (Planalto de São Mamede), através de uma rede hierarquizada de vales profundos e secos, devido à acção combinada da erosão fluvial e química do substrato e influência petrográfica dos calcários margosos, com erosão remontante que termina por vezes de forma abrupta perto do Planalto de São Mamede, em anfiteatro donde, do leito surgem exurgências, denominados vales *reculées* ou fórnias (termo em MARTINS, 1949, p. 46, e RODRIGUES, *et al.*, 2007, p. 88), termo corrente em Alvados.

Os interflúvios dos vales são tergos ou dorsos conhecidos localmente por lombas, como o da Lomba da Égua, que do ponto de vista morfográfico exibem vertentes convexas (tipo *down*) e declive elevado na secção inferior.

Na plataforma de Fátima surgem formas de relevo cársicas (devido à corrosão à qual se associa a corrosão potenciada pela escorrência fluvial subaérea), como por exemplo: lapiás, algares (por vezes dissimulados pela vegetação), posicionados em vertente, sector plano, ou fundo de dolina, dolinas, destacando-se a dolina denominada Cova da Iria ou uvalas (por fusão de dolinas).

Conforme visto, o MCE contacta com a área de estudo no bordo NE, através da unidade Planalto de São Mamede e subunidade Plataforma de Fátima (superfície de aplanção), a cerca de 350 m de altitude. O contacto com a Bacia de Ourém faz-se pelos interflúvios em lomba (Lombas de Fátima), à cota dos 300 m, e patamares altitudinais a Este em direcção à Bacia de Ourém. A Sul é delimitado pela base da vertente da Serra de Aire.

Para a elaboração do Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Tejo (INAG, 1999b, p. 24) sistematizou-se a análise geomorfológica tendo em consideração os seguintes critérios: escalonamento das sucessivas superfícies de erosão; sedimentos correlativos e reconstituição do ambiente geográfico em que se formaram aquelas superfícies; significado e importância das formas estruturais da actual paisagem; patamares que caracterizam os vales principais, correlacionáveis com as variações do clima e do nível de base, ao longo do Quaternário. Contudo, não foi apresentado Mapa Geomorfológico.

De acordo com o Plano Regional de Ordenamento do Território do Oeste e Vale do Tejo (CCDRLVT, 2008b, pp. 6-8, 10-11) o local é abrangido por duas grandes unidades geomorfológicas:

a) «Planaltos e Colinas do Pinhal Interior: desenvolvem-se essencialmente entre 100 e 400 m de altitude, e são drenados pela bacia hidrográfica do Rio Nabão. Este rio (com um sentido de escoamento norte-sul) e respectivos afluentes entalham terrenos de idade mesozóica. Esta unidade pode dividir-se em dois sectores

distintos: (i) oriental, dominado pelas formações triássicas e jurássicas carbonatadas, afectadas por um conjunto de falhas de orientação norte-sul, algumas das quais pertencem ao grande acidente activo Porto-Tomar e possuem expressão morfológica, através de alinhamentos de escarpas de falha; (ii) ocidental, dominado pelas formações jurássicas e cretácicas de *fácies* essencialmente detrítico. A acção erosiva fluvial é responsável pela formação de relevos de tipo “mesa” (em estruturas sub-horizontais) e de tipo “costeira” (em estruturas inclinadas).».

b) A outra unidade diz respeito às «Serras Calcárias do Oeste: formam um alinhamento descontínuo de relevos, ao longo de mais de 80 km, com orientação NNE-SSW a NE-SW, de onde se destacam as Serras de Aire, Candeeiros e Montejunto. As duas primeiras, que culminam respectivamente a 678 m e 615 m de altitude, fazem parte do Maciço Calcário Estremenho, só em parte englobado no OVT; a terceira, que culmina a 666 m, situa-se 16 km a sul dos Candeeiros. Estas serras são relevos de origem tectónica (dobras falhadas), formados por calcários fracturados e muito carsificados do Jurássico, o que lhes confere uma elevada permeabilidade. Como esta unidade geomorfológica corresponde a uma das duas mais chuvosas do OVT (precipitação anual > 1000 mm/ano), possui sistemas aquíferos cársicos que alimentam importantes exurgências, de entre as quais se destaca a nascente do Alviela que atinge um caudal médio de 3800 l/s.».

2.3.2 Hidrogeomorfologia

A Bacia de Ourém é drenada pelas ribeiras de Fárrio, do Olival, e da Sabacheira (ou rib.^a de Seiça) (fig. 17). Tem a forma de bacia alongada. A bacia hidrogeológica não coincide com a bacia hidrográfica, pois o seu limite estrutural prolonga-se para lá da cumeada topográfica, ao atendermos ao critério estrutural.

Atendendo à estrutura, dobrada com a concavidade voltada para cima, onde o substrato é mais recente junto à charneira, constata-se que a Bacia de Ourém é um sinclinal (bastante superior ao sinclinal de Pousos, a Oeste). A geomorfologia estrutural tem como efeitos padrões de drenagem, assim, do ponto de vista morfogenético, existem cursos de água ortoclinais e cataclinais e relevos do tipo costeira, com os respectivos anversos (vertente com maior declive) e reversos (vertente com menor declive). Os relevos de dureza têm expressão geomorfológica através do coroamento das vertentes com cornijas, por vezes com comando de 100 m, no sector central da Bacia de Ourém e no troço intermédio da sub-bacia de Seiça.

MANUPPELLA *et al.* (2000, pp. 8-9) referem que existem duas direcções estruturais. Com direcção NW-SE, identificável pelo limite da mancha de substrato siliciclástico (arenitos de idade cretácica), por onde escoam a ribeira da Seiça (rib.^o das Olheiras). A direcção NE-SW é denunciada pelas vertentes dos relevos anticlinais que prolongam a Serra de Aire para Nordeste e delimitam a unidade geomorfológica.

Dentro desta unidade, salienta-se a presença de uma subunidade hidrogeomorfológica associada às planícies aluviais, cujas características, com composição carbonatada e siliciclástica, primeiro associado à dissolução dos calcários do planalto de Fátima do Maciço Calcário Estremenho, e depois, com composição areno-conglomerática associada à bacia de Ourém.

Quanto à constância/duração do escoamento, os canais fluviais dos rib.^{os} de Alvega e Cuvo são de natureza temporária, sazonal/intermitentes, sendo que os mesmos estendem a rede hidrográfica sub-aérea à superfície da Rib.^a de Seixa até próximo das cabeceiras de canal nos troços superiores.

Uma análise considerando o perfil longitudinal e interações típicas de um curso de água (fig. 18) permite individualizar três troços:

a) no troço superior as nascentes da rib.^a de Seixa, situam-se em terreno antigo do Jurássico superior, composto por calcários, margas e conglomerados, cujas camadas inclinam cerca de 10° na direcção da bacia de Ourém. A pedogénese é incipiente. A área de cabeceira, limitada a ocidente pela povoação de Moita Redonda, atinge a cota de 409 m junto ao sinal geodésico Fazarga;

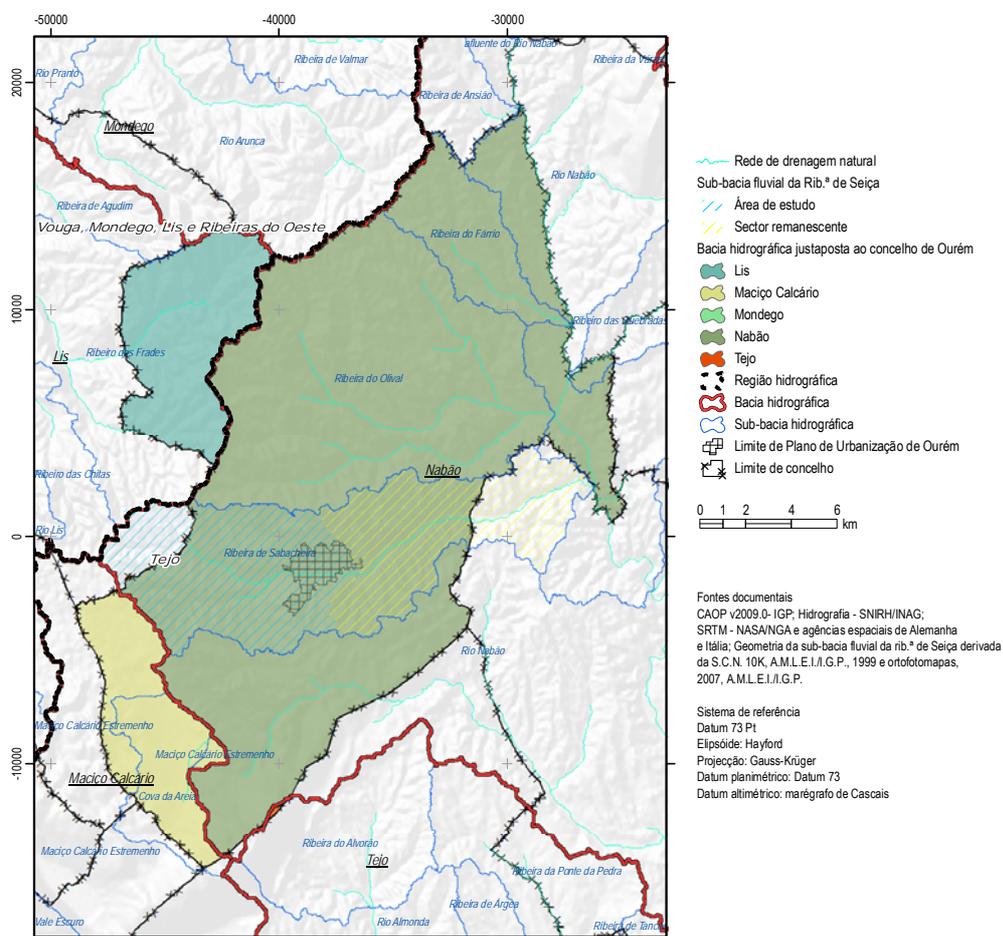


Figura 17 – Enquadramento hidrográfico da sub-bacia fluvial da ribeira de Seixa.

b) no troço médio o relevo é menos vigoroso e possui um substrato diferente dos troços adjacentes, caracterizando-se por muitos contactos geológicos entre três tipos de manchas: areias do Cretácico (Cenomaniano), calcários margosos do Cretácico (Cenomaniano) e areias do Terciário, (Arenitos de Ourém ou Alburitel). Os terrenos do fundo de vale variam, aproximadamente, da cota 100 m à de 150 m para montante, na proximidade da embocadura dos rib.^{os} de Cuvo e Alvega, a Sul da povoação de Melroeira. A possança da aluvião/coluvião atinge maior espessura no troço médio da ribeira;

c) no troço inferior o vale encontra-se encaixado por substrato calcário do Jurássico (à semelhança do troço superior), encimado por colinas greso-conglomeráticas com intercalações argilosas (Cretácico) e calco-margosas (Jurássico). As cotas variam, aproximadamente, entre 80 m, na embocadura com o rio Nabão, e 100 m na área da povoação de Sabacheira a E da ferrovia.

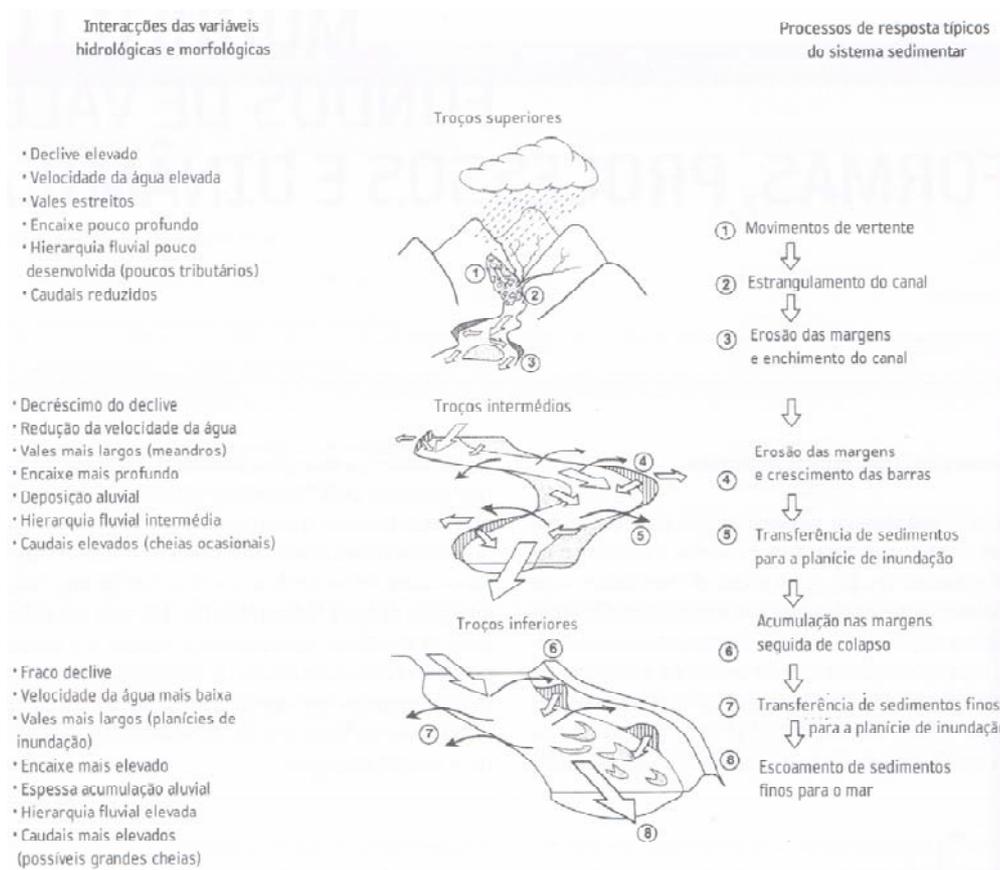


Figura 18 – Interação das componentes da dinâmica fluvial ao longo do perfil longitudinal de um rio (Ext. de RAMOS, 2009, p. 54, baseado em Sear e Newson, 1993, in Brooks, 2003 e Arbogast, 2007).

Durante as saídas de campo foi possível reconhecer diversas formas de relevo associadas a episódios de ablação ou deposição, no contexto da planície aluvial ou canal fluvial, cuja terminologia e configuração usual consta na tabela 18 e fig. 19, 20.

Tabela 18 - Síntese dos elementos morfológicos dos fundos de vale e sua relação com os caudais fluviais (Ext. de RAMOS, 2009, p. 58).

Perspectiva geomorfológica	Perspectiva hidrológica	Perspectiva hidrogeomorfológica
Terraços fluviais	Limite inferior: caudal da cheia máxima provável	Terraços fluviais (não sujeitos à dinâmica fluvial actual)
Planície de inundação	Limite superior: caudal da cheia máxima provável; limite inferior: caudal mínimo de cheia	Leito maior, de inundação ou de cheia
Canal fluvial	Limite superior: caudal mínimo de cheia; limite inferior: caudal máximo de estiagem	Leito menor, aparente ou ordinário

Por exemplo, reconheceram-se as seguintes formas de acumulação e erosão no canal fluvial: barras de canal: central, marginal, de meandro, de confluência, pelo menos um desnível submétrico, provavelmente morfotectónico, em leito rochoso (*knickpoint*) e troços com maior declive também em substrato rochoso calcário.

No leito maior reconheceram-se as seguintes formas de acumulação e erosão: planície de inundação, que por sua vez comporta formas de menor dimensão: diques naturais, arcos meândricos, alvercas/canais de cheia, baixa de inundação drenada por rio gémeo (*yazoo river*) (RAMOS, 2009, pp. 60-64) (fig. 20).

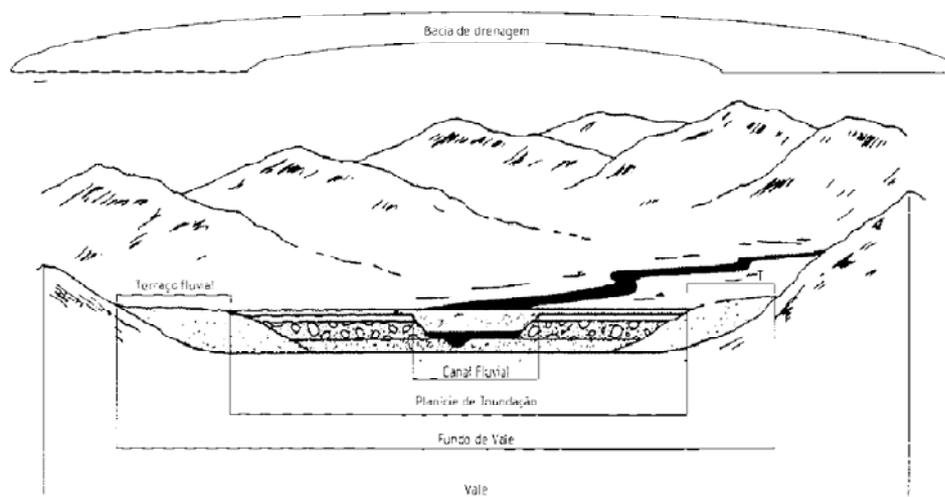


Figura 19 – Elementos morfológicos dos fundos de vale no contexto da bacia de drenagem: terraços fluviais, planície de inundação e canal fluvial, de acordo com NEWSON, 1995, modificado (Ext. de RAMOS, 2009, p. 58).

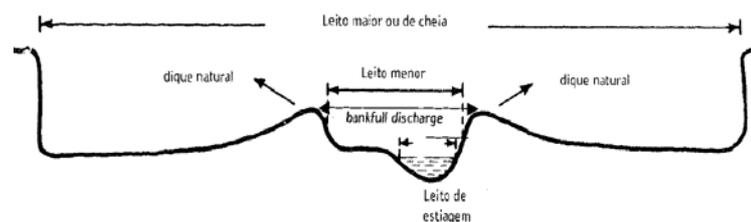


Figura 20 – Tipos de leitos fluviais, segundo a classificação de TRICART (Ext. de RAMOS, 2009, p. 59).

2.3.2 Enquadramento local da bacia fluvial

A bacia hidrográfica da Ribeira de Seiça localiza-se essencialmente no sinclinal da bacia exorreica de Ourém, com cerca de 15 km de diâmetro, no interior do qual o substrato está disposto sub-horizontalmente, com leves inclinações até 10° para Este. A secção transversal da mesma é dissimétrica, com o colector principal a escoar, por vezes, junto da margem esquerda do vale, muito provavelmente por razões morfotectónicas, ao que não será alheio o facto de existir um rebordo interior de fundo de vale com desnivelamento pronunciado no relevo e visível na proximidade do rib.º do Lagarinho, EN 113 e Parque Linear, na baixa fluvial da cidade de Ourém, e o facto de constar uma falha oculta e falha provável oculta alinhada nesta área.

A bacia hidrográfica da rib.^a Seiça abrange uma área cujas características morfotectónicas e morfossedimentares permitem individualizar três unidades geomorfológicas, designadamente:

- a) o MCE, de idade jurássica;
- b) a Bacia detrítica de Ourém (a NW conecta-se com o sinclinal de Pousos), de idade cretácica;

c) as colinas greso-conglomeráticas com intercalações argilosas, de idade cretácica, e calco-margosas, de idade jurássica (a jusante, onde o vale é encaixado pelo substrato, calcário, e diminui substancialmente a secção transversal (devido à maior dureza do substrato), sensivelmente a Este da povoação de Sabacheira, até à embocadura com o rio Nabão, afluente do rio Zêzere cuja foz situa-se na confluência com o rio Tejo cerca de 5 km para Norte do paralelo de Constância.

Em termos morfológicos, observa-se que a área da bacia da rib.^a de Seiça conecta-se com:

a) planalto detrítico Favacal-Pinheiro-Mosqueiro-Sorieira, de alinhamento Oeste–Este, e aproximadamente a Este do meridiano da povoação de Sabacheira com as colinas/cabeços greso-conglomeráticos com intercalações argilosas e calco-margosas (testemunhos de anterior superfície de aplanamento actualmente profundamente ravinada), a Norte;

b) colinas calcárias de idade jurássica (margem esquerda do rio Nabão);

c) nível da Charneca e planalto de Alburitel, de natureza detrítica e carbonata, e aproximadamente a Este do meridiano da povoação de Sabacheira, com as colinas/cabeços greso-conglomeráticos com intercalações argilosas e calco-margosas (testemunhos de anterior superfície de aplanamento actualmente profundamente ravinada, a Sul;

d) plataforma de Fátima (calcária) pertencente ao planalto de São Mamede e integrada no MCE, a Oeste.

MANUPPELLA *et al.* (2000, p. 9), referem que «No centro da bacia (de Ourém), as vertentes são em geral coroadas pelos calcários do Turoniano, que forma, por vezes, cornijas bem marcadas na topografia. Os relevos subestruturais, suportados pelos calcários turonianos, cobertos por camadas do Miocénico, constituem uma superfície que se abate progressivamente para sudeste e tem, região de Ourém-Alburitel, a altitude de 240-250 m (nível da Charneca, com MARTINS, 1949, op. cit.)» (fig. 21).

MARTINS (1949, pp. 115, 123, 128-129 + Carta morfológica esquemática e provisória do MCE), relativamente à superfície de erosão terciária do nível da Charneca (na área da povoação de Vilar dos Prazeres), refere que «...Mais abaixo ainda – a cerca de 240-250 m. – outro nível se observa e do qual o maior e mais significativo testemunho é a superfície grosseiramente aplanada da Charneca; aqui o nível foi talhado numa estrutura que participava não apenas dos calcários jurássicos, mas também da formação detrítica belasiana – e essa estrutura, na posterior evolução suscitada pela descida do nível de base, implicou o dismantelar da superfície aplanada. Tanto o nivelamento dos 300 m, como o dos 240-250, testemunhou a sua imperfeita aplanção, conseqüente de pequenas pausas na progressiva descida do nível de base, condicionada não apenas pelo levantamento do Maciço, mas também por fenómenos estático.» (fig. 21).

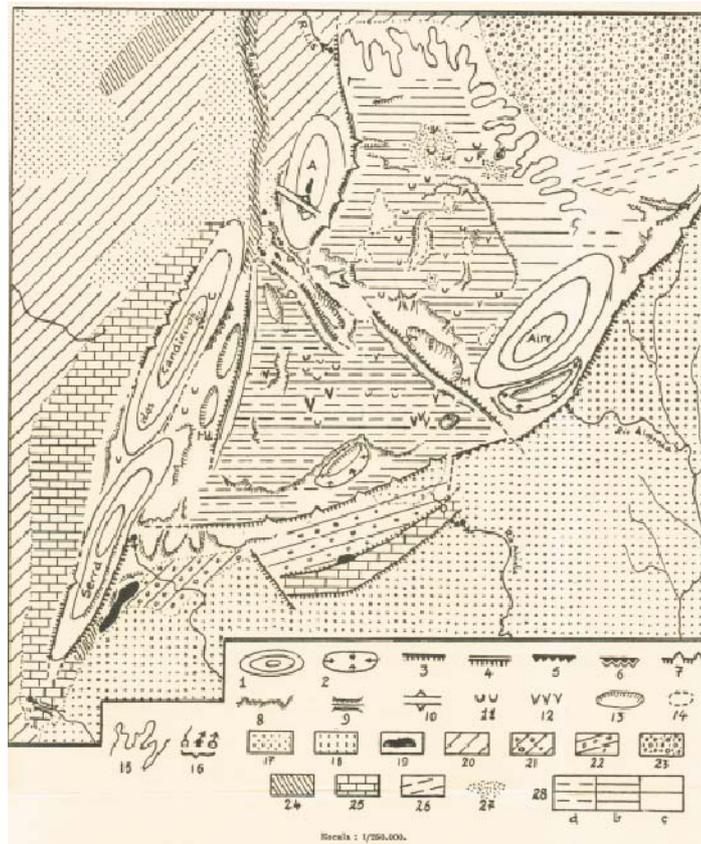


Figura 21 – Carta morfológica esquemática e provisória do Maciço Calcário Estremenho (Ext. de MARTINS, 1949).

Legenda: 1- Abóbadas anticliniais; 2 - Cuvetas sinclinais; 3 - Abrupto de escarpa de falha; 4 - Grande abrupto de escarpa de falha; 5 - Frente de cavalgamento; 6 - Cavalgamento que se traduz por uma inversão do relevo; 7 - Valeiros suspensos por falha; 8 - Escarpa de erosão, cornijas de calcário duro e vertentes abruptas dos vales; 9 - Canhão; 10 - Vale transversal de dobras anticliniais (*cluse*); 11 - Sectores com bastantes dolinas; 12 - Sectores onde predominam algares; 13 - Polja e depressões análogas; 14 - Outras células cársticas (uvalas, vales cegos); 15 - Sector onde predominam os valeiros de vertentes em *down*; 16 - Perda; exsurgências e ressurgências; Pónors emissivos; 17 - Superfície pliocénica dos confins ocidentais do Maciço; 18 - Bacia terciária do Tejo; 19 - Rochas eruptivas eocénicas que se traduzem no relevo; 20 - Colinas modeladas nas formações do Neojurássico; 21 - Colinas modeladas no Belasiano; 22 - Belasiano do fundo do graben dos Amiais; 23 - Bacia cretácica de Ourém; 24 - Vales tifónicos; 25 - Regiões calcárias carsificadas exteriores ao Maciço; 26 - Nível da Charneca; 27 - Formações siliciosas grosseiras superficiais jacentes nos planaltos; 28 - Planaltos carsificados: a - planalto de Santo António; b - planalto de São Mamede; c - plataforma de Fátima. Abreviauras: F - Fátima; A - anticlinal do Alqueidão; M - Minde; Md - Mendiga. N. B. - Por lapso não foram figurados no desenho as manchas da formação siliciosa grosseira do Arrimal e de Santa Catarina da Serra.

Em termos morfométricos, as altitudes decrescem de Oeste para Este (fig. 22). A tabela 18 apresenta alguns índices e indicadores morfométricos, de forma, tamanho, altura, na sequência da análise linear e areal da bacia hidrográfica (CHRISTOFOLETTI, 1980, pp. 106-121) determinados para a área de estudo, correspondente até à secção do troço fluvial da Ponte do Carregal.

Relativamente ao índice de sinuosidade (relação entre o comprimento do canal e a distância do eixo do vale), observa-se que o valor de 1,2 pelo que não se considera o canal meândrico (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 88, 1981, p. 164; DÍEZ-HERRERO *et al.*, 2008, p. 60).

A curva hipsométrica (fig. 23) permite confirmar, visualmente, por exemplo, a maior concentração de relevo associada às classes hipsométricas, aproximadamente, entre os 200 e 300 m, ou a ruptura de declive, aproximadamente, abaixo da isoípsa dos 300 m, que efectua a transição para os sectores planálticos, incluindo a o Planalto de São Mamede onde se encontra a Plataforma de Fátima.

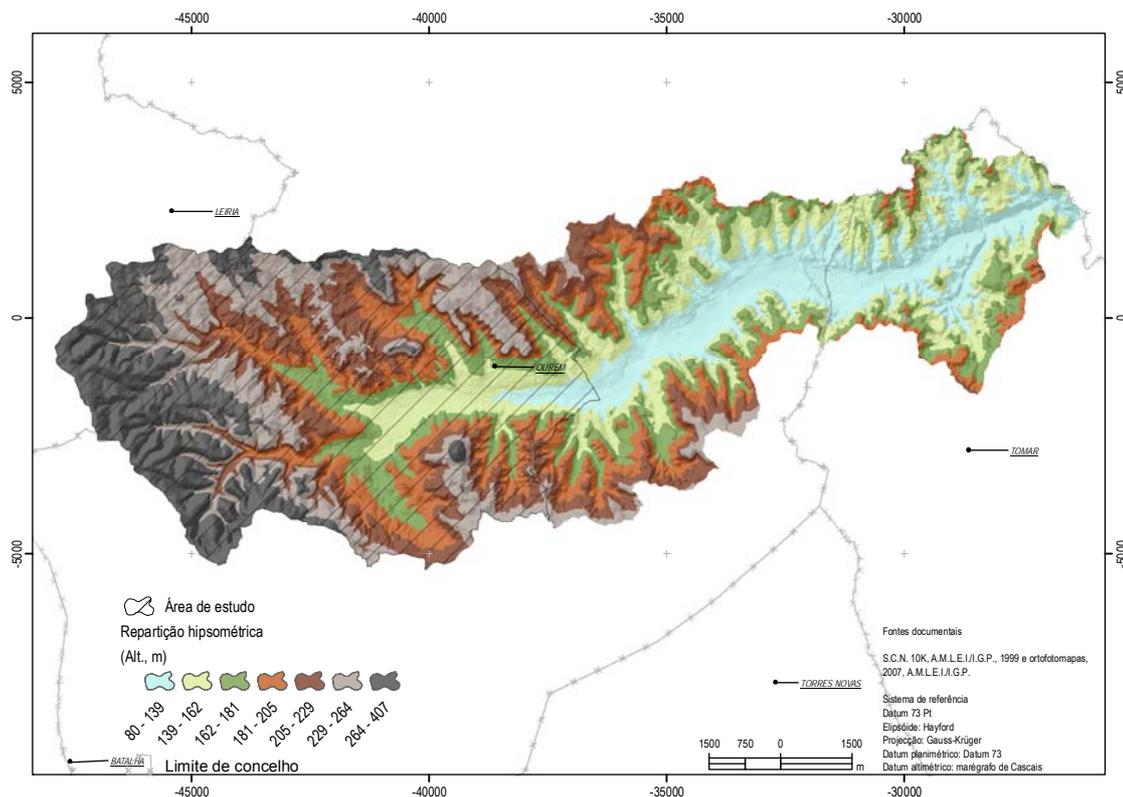


Figura 22 – Repartição hipsométrica na área de estudo.

Por outro lado, o declive da bacia, que pode ser calculado de forma bastante mais correcta em ambiente SIG, do que através do rectângulo equivalente (REIS, 1996, p. 173), é de 16 % (fig. 24).

Tabela 19 - Morfometria da bacia fluvial na área da secção de medição em estudo.

Classe altimétrica	Superfície de cada classe altimétrica		Superfície acumulada	Altitude média entre curvas de nível	Volume V = S*h
	km ² (S)	%			
m				m (h)	km ³
> 400	0,01	0,01	55,52	403,5	2,3
375 - 400	0,18	0,32	55,51	387,5	68,6
350 - 375	1,63	2,94	55,33	362,5	591,9
325 - 350	1,94	3,50	53,70	337,5	656,3
300 - 325	2,79	5,02	51,76	312,5	870,5
275 - 300	4,12	7,41	48,97	287,5	1183,3
250 - 275	7,00	12,62	44,86	262,5	1838,6
225 - 250	9,95	17,92	37,85	237,5	2362,3
200 - 225	10,46	18,85	27,90	212,5	2223,5
175 - 200	8,87	15,97	17,44	187,5	1662,3
150 - 175	6,36	11,45	8,58	162,5	1033,0
< 150	2,22	4,00	2,22	137,5	305,1
Σ	55,5	100,0			12797,6
Altitude máxima:	407		Coefficiente de massividade (Fourier): $Cms=tga=Hm/S$	1,90	
Altitude mínima (Am):	125		Coefficiente orográfico (Fourier): $Co= Hm*tga$	200,6	
Altitude média: $H = \sum V/\sum S =$	230,5		Relação de relevo (Melton): $Rr=Hm/P*100$	754,2	
Altura média: $Hm = H - Am$	105,5		Índice de rugosidade (Melton): $Ir=Hm*Dd$	1694,7	
Amplitude altimétrica (Hm)	282		Comprimento cursos de água (km)	333,6	
Perímetro (km)	37,4	Coefficiente de Manutenção - Cm (Schumm)	166,4	Índice de circularidade - Ic (Miller)	0,5
Densidade de Drenagem (Dd)	6,0	Coefficiente de Torrencialidade - Ct (Vivas)	102,4	Índice de Gravelius (Coefficiente de compacidade)	1,4

Classe altimétrica	Superfície de cada classe altimétrica		Superfície acumulada	Altitude média entre curvas de nível	Volume $V = S \cdot h$
Densidade Hídrica ou Hidrográfica - Dh (Horton)	17,0	N.º de canais de 1.ª ordem (STRALHER)	946,0	Extensão média do percurso superficial (Eps)	0,0832
Número de rugosidade (R)	0,0213	Índice de sinuosidade (Is)	1,2	Declive do canal fluvial em % (Dc)	1,7

«A divisão em classes de declive baseia-se na susceptibilidade ao escoamento superficial, tendo sido adaptada das seguintes referências bibliográficas: M.M.A. (2004, pp. 187-196); RAMOS PEREIRA e GOMES (1996, p. 137); CANGUEIRO (1991, p. 20); MARSH (1983, p. 207) e S.R.O.A. (1972, pp. 25-28). Este parâmetro condiciona o escoamento superficial, hipodérmico e subterrâneo de determinado fluido, favorecendo ou dificultando a permanência à superfície ou infiltração e percolação, podendo funcionar como impedância ou atenuador ou acelerador, por exemplo à degradação de massas de água subsuperficiais ou superficiais.

Segundo, REIS (1996, p. 171) «O declive do terreno controla, em grande parte, a velocidade com que se processa o escoamento superficial e, conseqüentemente, o tempo que a água leva a concentrar-se nos leitos fluviais da rede de drenagem. É como tal, um factor de grande interesse hidrológico, em particular em bacias de pequenas dimensões, onde o processo de escoamento superficial pode ser dominante na determinação da forma do hidrograma. Afecta, portanto, as condições de infiltração, com influência na grandeza das pontas de cheia e na susceptibilidade dos solos à erosão...» (ALBINO, 2010, pp. 26, 28).

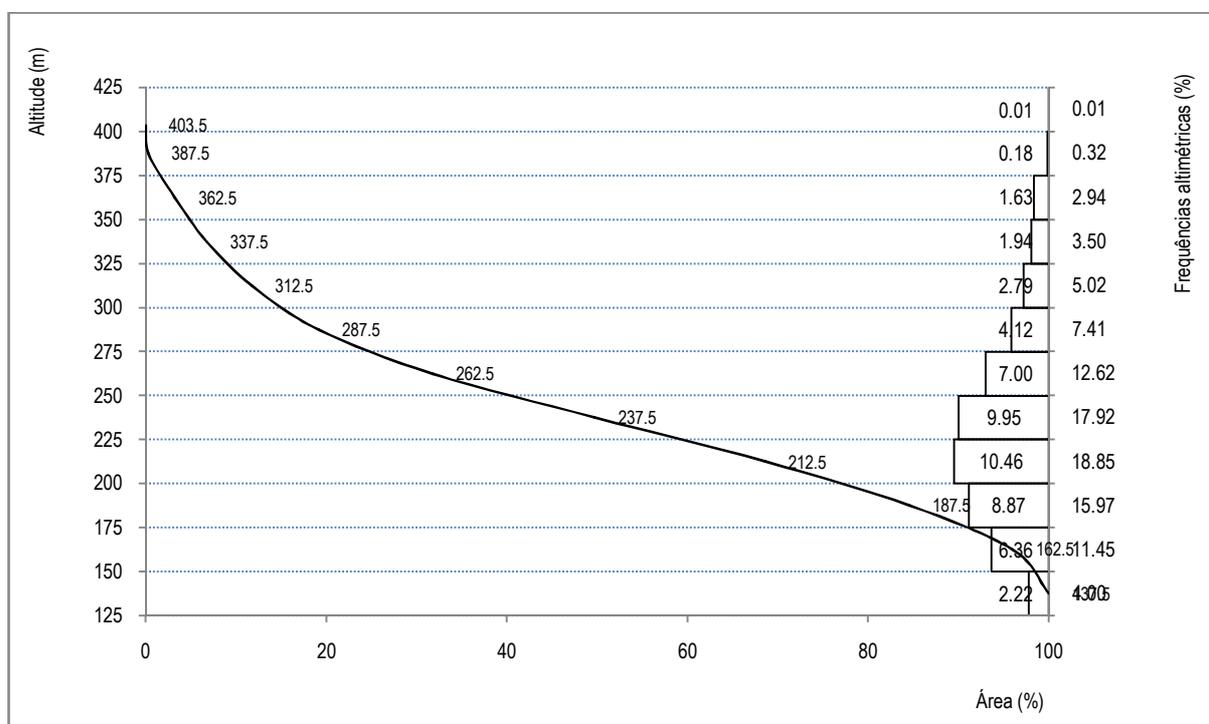


Figura 23 – Curva hipsométrica da bacia fluvial em estudo até à secção de Ponte do Carregal.

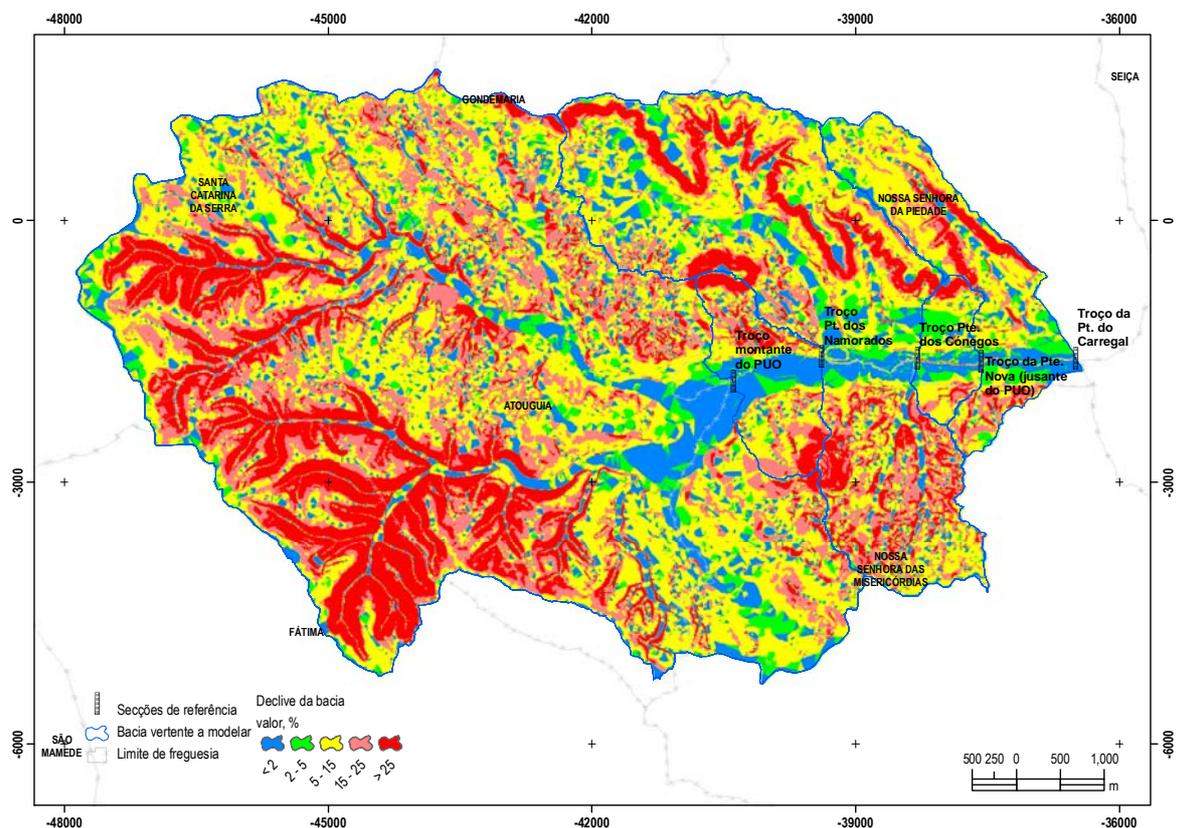


Figura 24 – Repartição do declive na bacia fluvial até à secção de estudo final.

A tabela 20 apresenta informação morfométrica associadas às áreas contributivas que serão modeladas em termos hidrológicos e hidráulicos.

Tabela 20 – Características morfométricas das bacias-vertente a modelar.

Parâmetros	Bacia hidrográfica da Rib. ^a de Seica				
	BH 1 - Montante PUO (embocadura)	BH 2 - Pt. dos Namorados	BH 3 - Pt. dos Cónegos	BH 4 - Jusante PUO (Pt. Nova)	BH 5 - Pt. do Carregal
Área plana (km ²) – A	37,035	39,088	50,962	51,926	55,517
Perímetro (km) – P	34,366	34,266	37,114	37,683	37,392
Comprimento curso água principal (km) – L	8,743	10,054	11,328	12,088	13,295
Cota do início da linha de água principal (m)	355,000	355,000	355,000	355,000	355,000
Cota de saída da linha de água principal (m)	151,000	142,600	135,500	131,700	126,000
Desnível do curso de a linha de água principal (m) - H	204,000	212,400	219,500	223,300	229,000
Declive médio do canal principal (%) - J	2,333	2,113	1,938	1,847	1,722
Declive médio do canal principal (m/m) - J	0,023	0,021	0,019	0,018	0,017
Altitude média da bacia (m) - H _{méd}	248,040	244,350	235,570	234,150	231,260
Número de Escoamento (AMC III) - CN	83,995	83,700	82,220	82,310	82,340

O padrão da rede de drenagem (classificação de TRICART (RAMOS, 2009, pp. 58-59)), é predominantemente, dendrítico/arborescente, com a presença de porções em troços fluviais rectilíneos, com controlo estrutural, como refere PARALTA (1995, p. 21), por exemplo no planalto de Alburitel, em virtude da anisotropia preferencial exibida pelo substrato calcário, drenagem em treliça rectangular, e com traçado sinuoso, associado à dinâmica de fundo de vale de planície de inundação. De facto, o padrão de drenagem é influenciado pela

geomorfologia estrutural (COQUE, 1977; VIERS, 1967), e varia conforme se posiciona no troço superior, intermédio ou inferior.

PARALTA (1995, p. 21) refere que o encaixe da rede hidrográfica exhibe uma ordem de grandeza de cerca de 100 m, para o centro da bacia, tendo como referência o nível de erosão Pliocénico.

MANUPPELLA *et al.* (2000, p. 9), referindo-se à Bacia de Ourém (incluindo fora da área de estudo), refere que o perfil longitudinal dos cursos de água «... acompanha o rebaixamento das superfícies onde se encaixam, sendo o desnível quase sempre à volta de 100 m».

A figura 25 apresenta o perfil longitudinal do canal fluvial da rib.^a de Seiça, por troços, sendo que o troço 1 abrange a secção longitudinal até à Ponte dos Namorados, o troço 2 acumula o troço 1 e assim sucessivamente.

CHRISTOFOLETTI (1980, pp. 96-99) refere que «O perfil longitudinal de um rio mostra a sua declividade, ou gradiente, sendo a representação visual da relação entre a altimetria e o comprimento de determinado curso de água. O perfil característico é côncavo para o céu, com declividades maiores em direcção da nascente e com valores cada vez mais suaves em direcção ao nível de base. Os cursos de água que apresentam esse perfil são considerados como equilibrados...». A existência de *knickpoints* não é perceptível a esta escala de análise.

A sua forma reflecte relações complexas do trabalho fluvial da erosão, transporte e deposição.

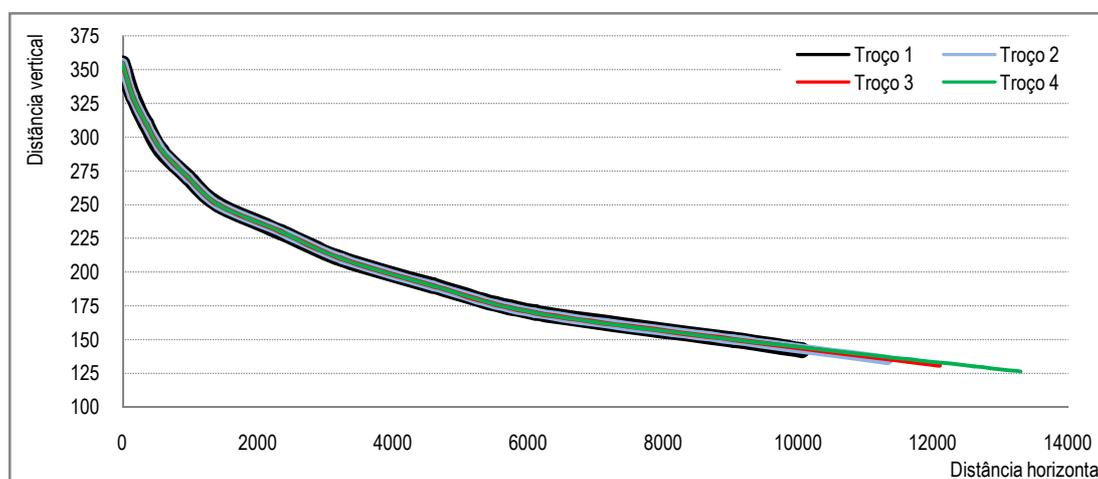


Figura 25 – Perfis longitudinais dos troços fluviais até à secção de medição.

Na área de estudo, a rib.^a de Seiça segue com uma ordem fluvial de STRAHLER de ordem 6 (fig. 26). Esta classificação hidrológica dos cursos de água proporciona a localização, distinção e avaliação da importância relativa dos canais fluviais. Permite, por exemplo, tornar mais objectivo e facilitar os estudos morfométricos sobre as bacias hidrográficas (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 106).

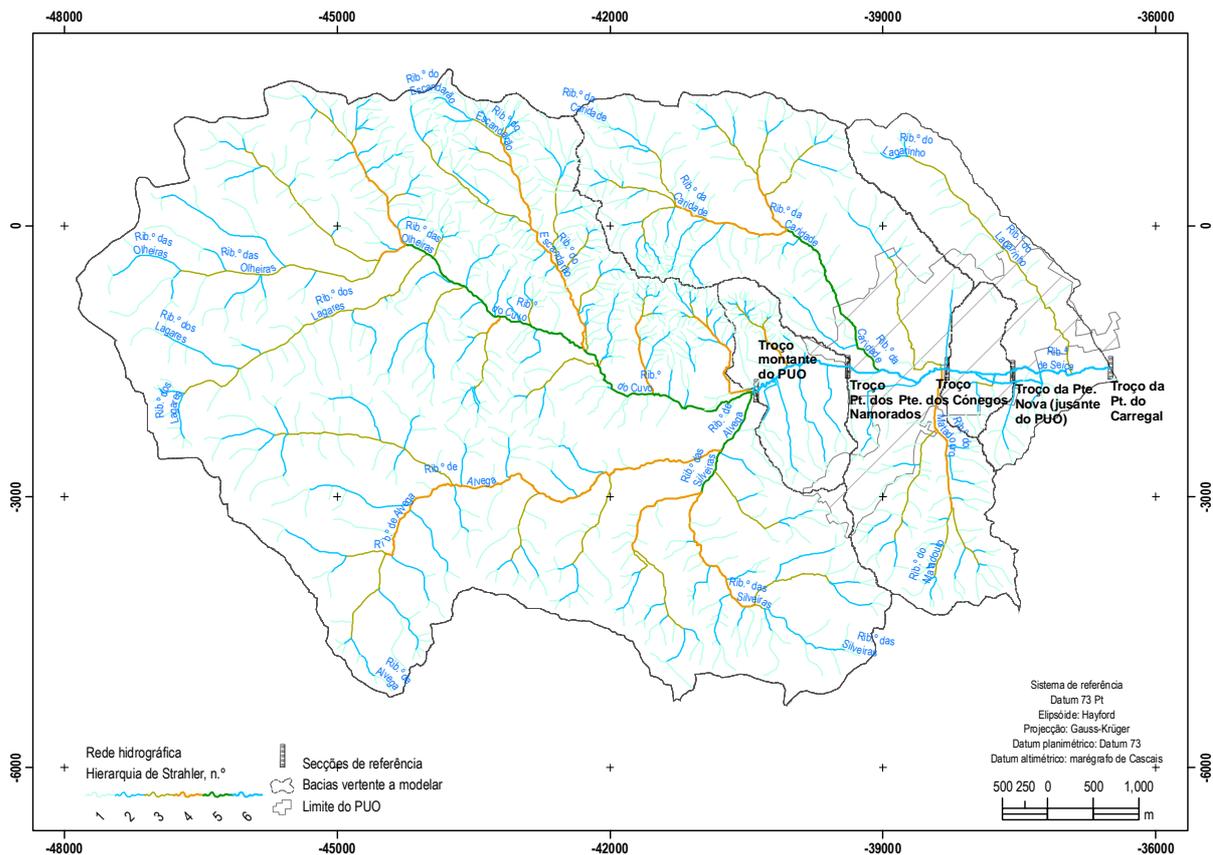


Figura 26 – Classificação da hierarquia fluvial.

2.4 Caracterização pedológica

2.4.1 Enquadramento regional

A uma escala macroscópica, de acordo com a geometria dos tipos de solos da Carta de solos do Atlas do Ambiente, ocorrem na região Luvisolos rodocrômicos cálcicos, associados a rochas de fácies carbonatada, e Cambissolos êutricos, associados a rochas de fácies siliciclástica.

2.4.2 Enquadramento local da bacia fluvial

Globalmente a bacia fluvial compreende 302 manchas de tipos de solo (famílias). Os tipos de solo dominantes (área $\geq 5\%$) correspondem à associação dos Solos Mólicos + Solos Argiluvitados Pouco Insaturados + Afloramento rochoso de calcários ou dolomias (Kvcd+Vcd+Arc), ocupando 12,3%, e aos Solos Incipientes + Solos Hidromórficos (Ac+Aac+Cac), ocupando 5%.

Relativamente à área de estudo, destacam-se, novamente, ao nível taxonómico Ordem, os tipos de solo dominantes (área $\geq 5\%$). Assim, enumeram-se a associação de Solos Mólicos + Solos Argiluvitados Pouco Insaturados + Afloramento rochoso de calcários ou dolomias (Kvcd+Vcd+Arc), ocupando 22,8%; os Solos podzolizados + Solos Litólicos (Ppr+Par), ocupando 7,8%; e os Solos Incipientes + Solos Hidromórficos (Ac+Aac+Cac), ocupando 5,5% (fig. 27).

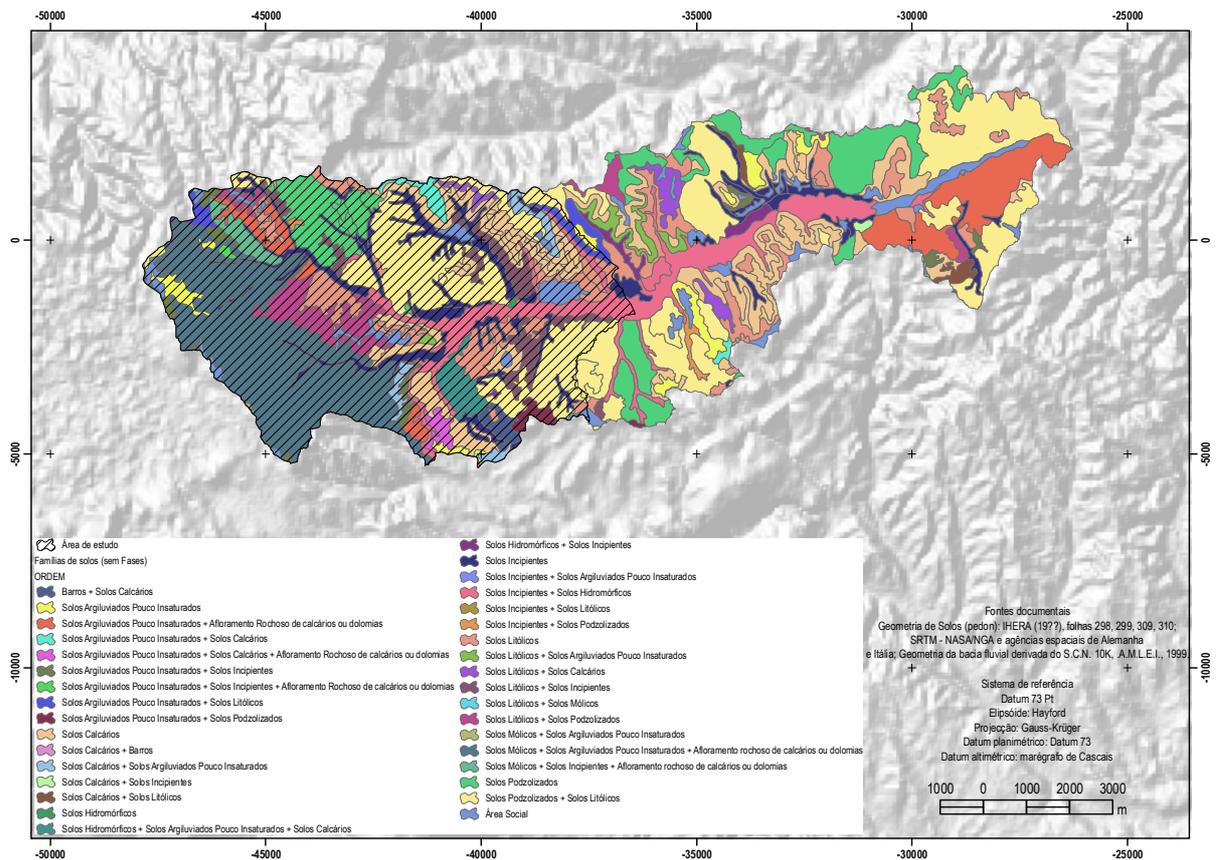


Figura 27 – Repartição do tipo de solo na área da sub-bacia hidrográfica da rib.^a de Seça.

Para desenvolvimento das questões pedológicas relacionadas com os tipos de solos consulte-se o Manual de Solos (SROA, 1970, 1974), na continuação do trabalho de CARDOSO, 1965; CNROA, 1973; SROA, 1972 (acerca de capacidade de uso) e COSTA, 2004.

2.4.3 Grupos Hidrológicos de Solo

A determinação desta variável é importante para caracterizar o escoamento superficial em termos relativos e do ponto de vista quantitativo pois pode ser integrado em equações de cálculo de pré-determinação do caudal de ponta de cheia.

A bacia fluvial da rib.^a de Seça apresenta um número de escoamento médio de 81,2 (adimensional) (fig. 28).

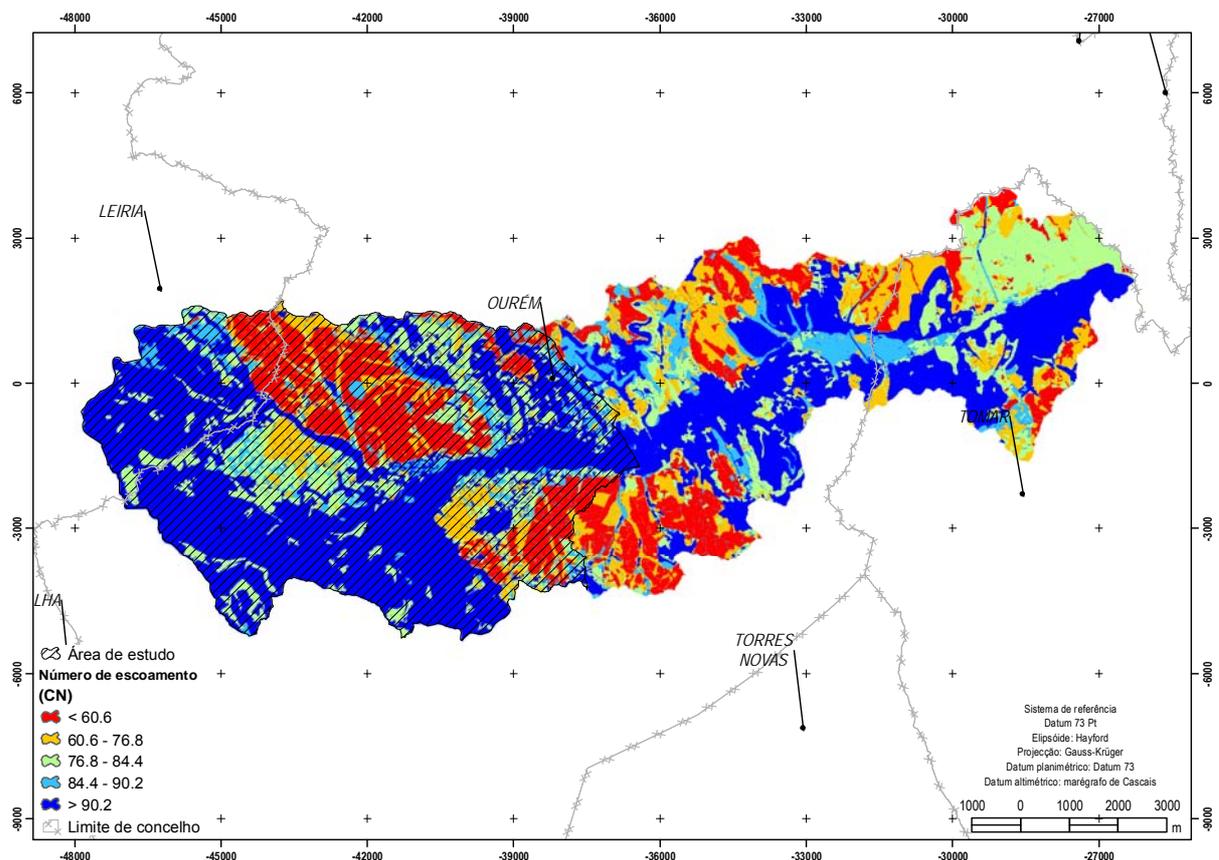


Figura 28 – Repartição espacial do CN na bacia fluvial da rib.^a de Seça.

2.5 Caracterização do uso e ocupação do solo

2.5.1 Enquadramento local da bacia fluvial

Do ponto de vista do uso e ocupação do solo, observa-se a preponderância de áreas de vegetação de porte arbustivo e herbáceo (mato) com cerca de 27%, seguido pelas áreas de porte arbóreo (pinhal) com cerca de 18% e de áreas antropizadas, em cerca de 10% da área da bacia fluvial (fig. 29, tabela 21).

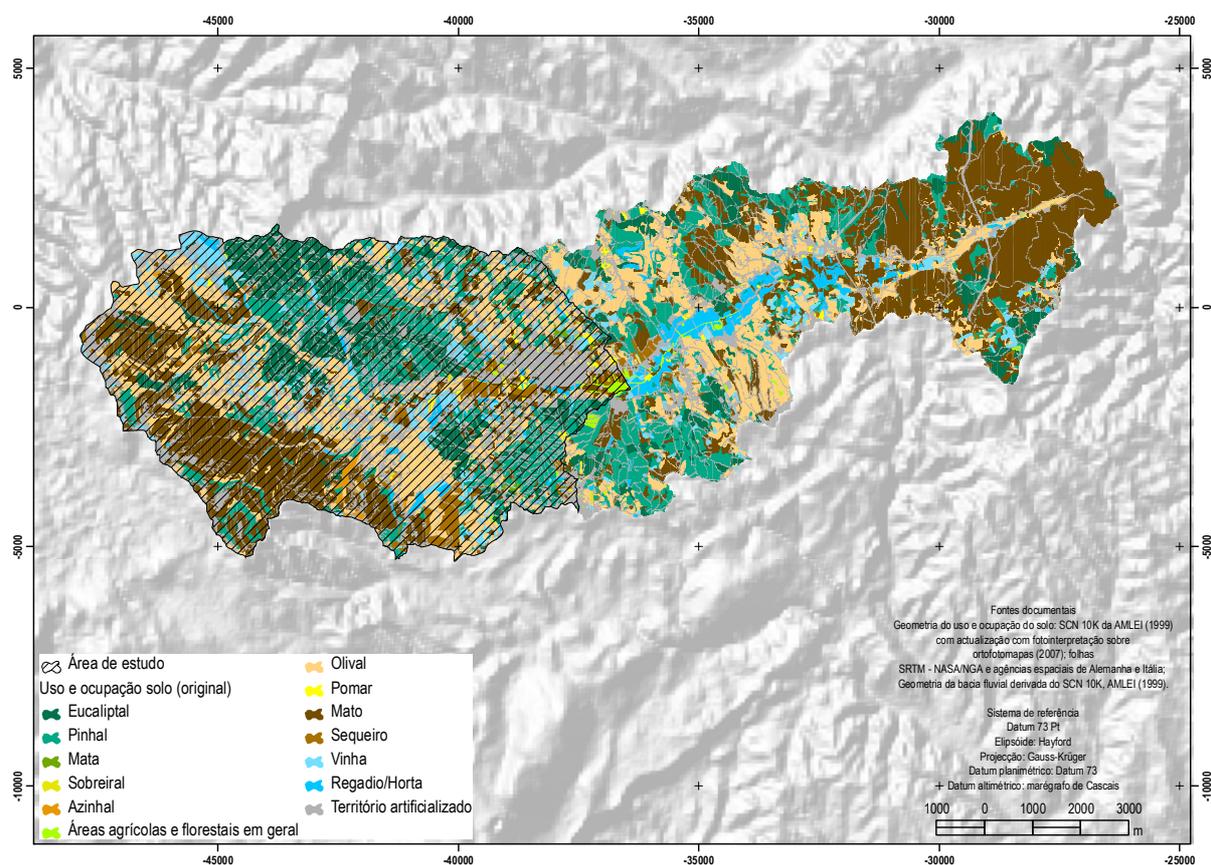


Tabela 21 – Classes de uso e ocupação do solo.

COS2007 ¹⁶	Classificação original			Classificação revista			
	Uso / ocupação do solo	Descrição	Área (%)	Uso / ocupação do solo	Condições de superfície	Código	
	Uso agrícola						
Áreas agrícolas e agro-florestais	Áreas aráveis (culturas arvenses)	regadio/hortícola	3	Culturas arvenses	segundo as curvas de nível	1	
		sequeiro	3				
	Área verde não arável	mato	27	Pastagem	normal	2	
		Área hortofrutícola	pomar		0,7	pobre, segundo as curvas de nível	3
			olival		22		
vinha	4						
	Uso florestal						
Florestas e meios naturais e seminaturais	Folha persistente	eucaliptal	11	Florestas	densas ou de alta transpiração	4	
		pinhal	18		abertas ou de baixa transpiração	5	
		sobreiral	0,1		normal	6	
		azinhal	0,3		abertas ou de baixa transpiração	5	
	Folha caduca/folha persistente	mata	0,1				
Áreas agrícolas e florestais em geral	áreas agrícolas e florestais em geral	0,7					
	Territórios artificializados						
Territórios artificializados	Territórios artificializados	áreas sociais heterogéneas	10	vias asfaltadas, terra batida, telhados, passeios, ...	diversos tipos de superfícies (baseado em LENCASTRE e FRANCO, 2010, p. 295)	7	

Salienta-se que a bacia-vertente estudada foi percorrida por incêndios florestais. Dá-se particular destaque aos anos de 2005 e 2006 cuja cartografia consta na fig. 30, que no conjunto afectaram 12,3 % dos troços superiores da rib.^a de Seiça, na área estudada. Em 2005 a bacia-vertente mais afectada foi o rib.^o do Escandarão (importante

¹⁶ Nomenclatura da Carta de Uso e Ocupação do Solo de Portugal Continental para 2007 (COS2007) - v. 2.15.

afluente de margem esquerda do rib.º do Cuvo), e em 2006 a bacia-vertente mais afectada foi o troço superior de margem direita do rib.º de Alvega. Estas ocorrências potenciaram o escoamento superficial.

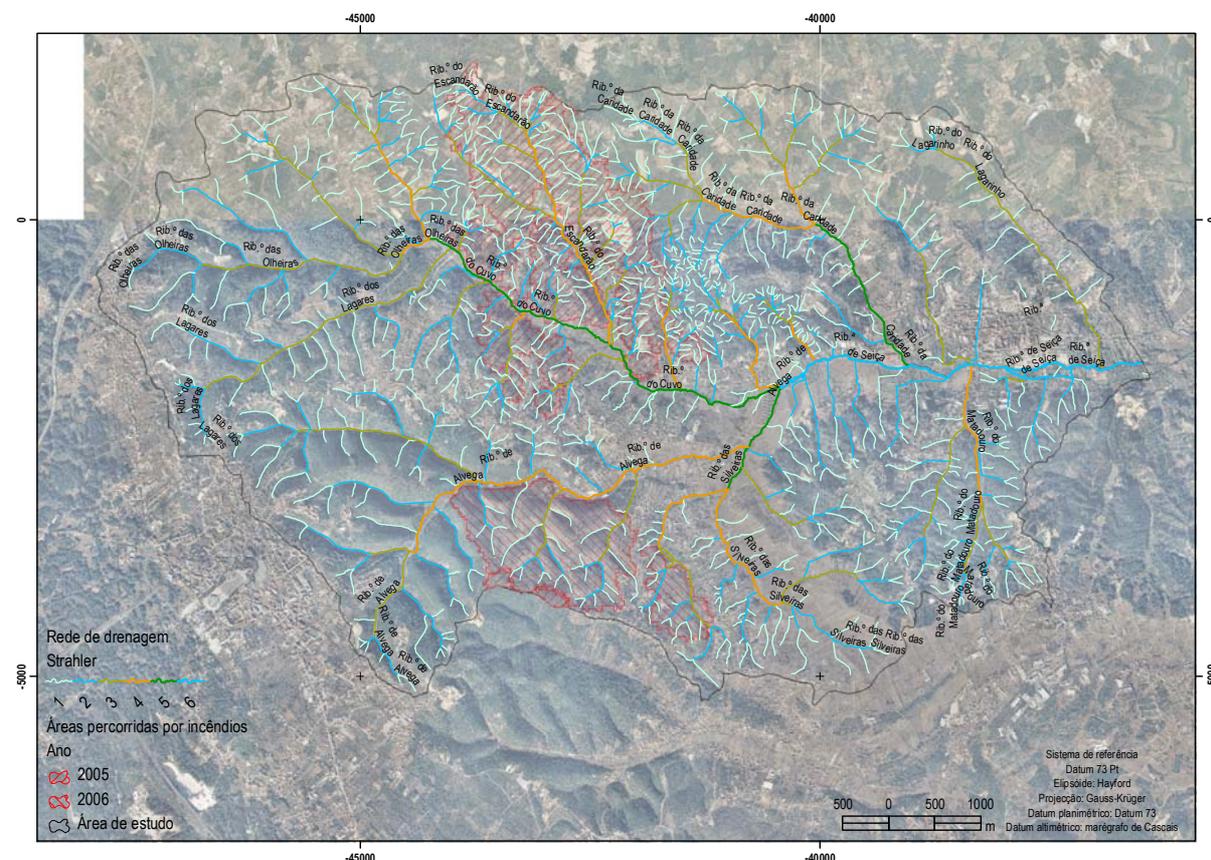


Figura 30 – Áreas percorridas por incêndios na área de estudo (Ext. de A.F.N.).

2.5.1.1 Distribuição da população

Tendo como referência a extensão da bacia-vertente em estudo, e não obstante os dados estatísticos não apresentarem uma geometria compatível com a bacia hidrográfica, e estejam desactualizados (uma década), constata-se que à época, a população concentrava-se, fundamentalmente, na cidade de Ourém, na margem esquerda da rib.ª de Seíça, onde estão as maiores densidades populacionais, com destaque, também, para as áreas de Zambujal, Atouguia (fig. 31).

Será oportuno referir que não obstante esteja posicionada exteriormente à bacia hidrográfica da rib.ª de Seíça, a cidade Fátima, situada na plataforma de Fátima, é responsável pelo aumento substancial do caudal de ponta de cheia, em face dos débitos produzidos e encaminhados para a bacia hidrográfica.

Por outro lado, apesar do objectivo do estudo ser a perigosidade, é apresentado de forma aligeirada um dos elementos passíveis de se considerarem vulneráveis (população), e logo com determinado dano potencial¹⁷, que permitiria, noutro contexto, um mapa de risco de cheia.

¹⁷ Consequência ou Dano potencial (C):Prejuízo ou perda expectável num elemento ou conjunto de elementos expostos, em resultado do impacto de um processo (ou acção) perigoso natural, tecnológico ou misto, de determinada severidade (Reporta-se aos elementos expostos) (JULIÃO *et al.*, 2009, p. 21).

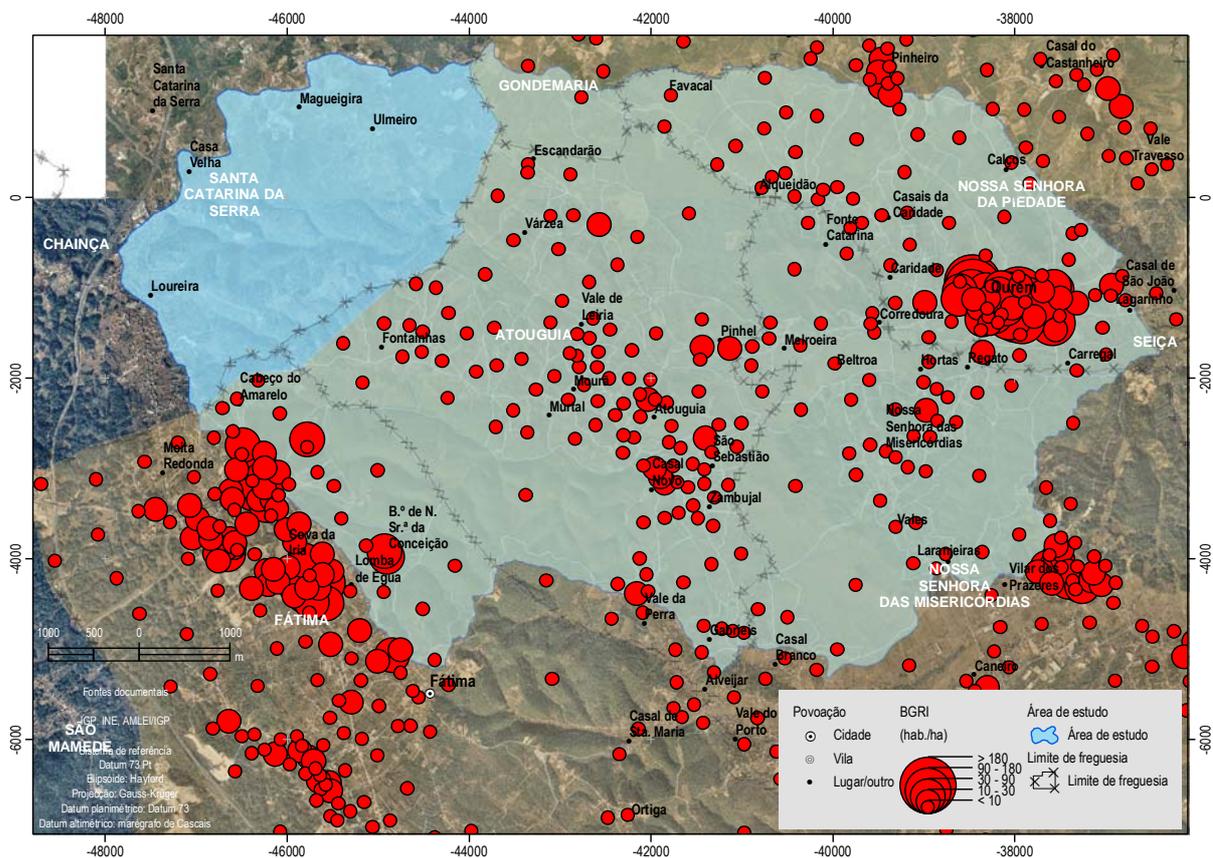


Figura 31 – Densidade populacional por hectare, para o concelho de Ourém (Dados dos censos de 2001, de acordo com a BGRl).

2.6 Contexto hidrológico

Reconhecendo que a hidrologia, não seja, um factor de escoamento, optou-se por situar este tema junto dos factores de escoamento. Pretende-se uma abordagem com fins explicativos e que enquadre o presente capítulo, do ponto de vista dos níveis hidrométricos.

A bacia hidrográfica da Ribeira de Seica não possui rede hidrométrica¹⁸, pelo que, a caracterização dos escoamentos superficiais será efectuada através da determinação do caudal de ponta de cheia, estimado por meio de equações cinemáticas e empíricas, afim de ter em consideração o regime de cheias e inundações e caracterizar e assim caracterizar a dinâmica fluvial.

Conforme supra, a ausência de registos hidrométricos obriga à predição de vazões. A morfometria da bacia hidrográfica, nomeadamente, a entidade geomorfológica canal fluvial, permite estimar a altura da coluna de água para cartografar a mancha de inundação.

Salienta-se que relativamente à hidronímia, o modelo de dados em estrutura vectorial da Autoridade Nacional da Água denomina a sub-bacia hidrográfica de Seica como sub-bacia da ribeira da Sabacheira. Porém, a hidronímia do curso de água surge com classificação decimal n.º 301 54 02 10 e associada a rib.^a de Seica (DGRAH, 1981, pp. 117 e 209).

¹⁸ O posto hidrométrico do Agroal (estação limnimétrica, código 15G/02H) é o mais próximo e situa-se no Rio Nabão.

2.6.1 Hidrologia de superfície

2.6.1.1 Hidrometria de caudais fluviais

As cheias do Outono de 2006 atingiram uma tal magnitude que motivaram a criação de «...um regime excepcional e transitório de contratação de empreitadas de obras públicas, fornecimento de bens e aquisição de serviços, quando se tenha em vista fazer face, com carácter de urgência, a situações extraordinárias decorrentes das referidas cheias e inundações.», vide preâmbulo do DL n.º 17/2077, de 22/01, alterado pelo DL n.º 286/2007, de 17/08.

Considerando o ano hidrológico 2006/2007 (com início em Outubro), como termo comparativo, verifica-se que a estação hidrométrica do Agroal, registou 23 dias de cheia com caudal $\geq 23,17 \text{ m}^3/\text{s}$, ou seja, o módulo (de 29 anos (1979/80-2007/08)) foi ultrapassado 5,24 vezes, vide fig. 32. O pico de caudal máximo médio diário ($114,87 \text{ m}^3/\text{s}$) ocorreu em 25/11/2006, ao qual correspondeu uma precipitação média diária acumulada de $432,5 \text{ l/m}^2$ (fig. 33).

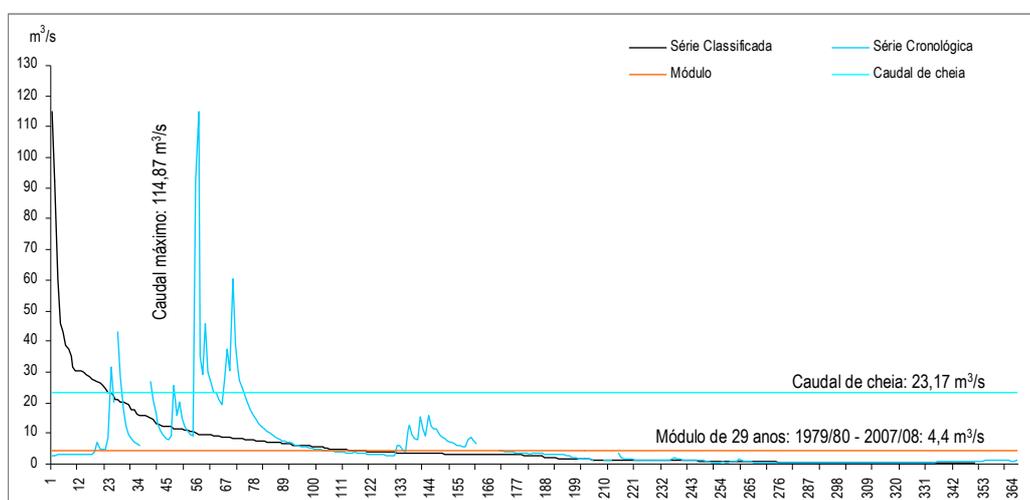


Figura 32 – Representação gráfica dos valores médios diários de caudais cronológicos, classificados para a estação hidrométrica Agroal, no ano hidrológico 2006/2007.

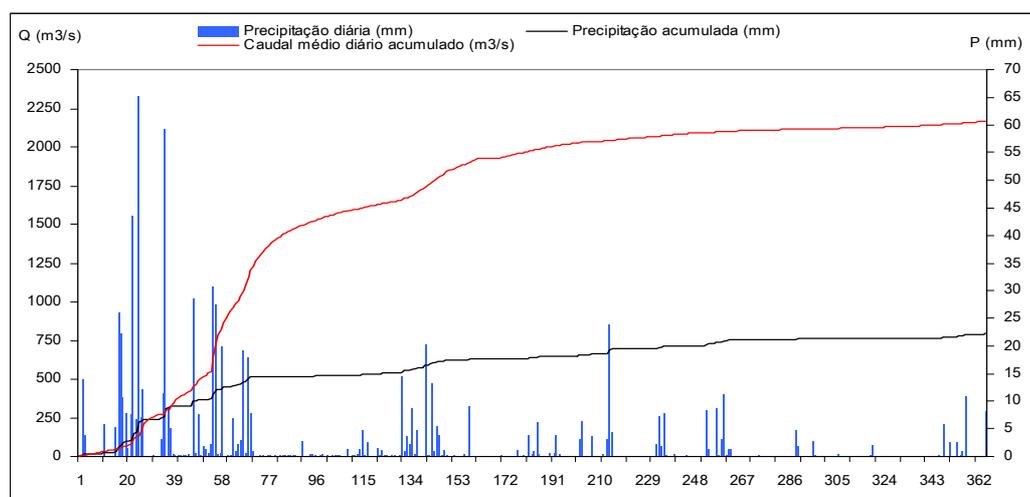


Figura 33 – Representação gráfica de série de valores médios diários cronológicos de caudal médio diário acumulado, precipitação média diária e precipitação acumulada, para as estações Agroal e Caxarias, respectivamente, para o ano hidrológico 2006/2007.

2.6.2 Hidrologia subterrânea

A área de estudo é abrangida por dois sistemas aquíferos, designadamente o sistema aquífero de Ourém (O15) e o sistema aquífero Maciço Calcário Estremenho (O20) cujas características se encontram na tabela 22 e expressão gráfica (parcial) nas fig. 35 e 36 Para maior desenvolvimento consulte-se PARALTA, 1995; ALMEIDA *et al.*, 2000; MANUPPELLA, *et al.*, 2000.

Tabela 22 - Sistemas aquíferos, pertencentes à unidade hidrogeológica Orla Ocidental, subjacentes à área de estudo (Ext. de: URL: http://snirh.pt/snirh/_atlasagua/sistemasaquiferos; acesso em 22/02/2011).

Sistema Aquífero	Descrição
Ourém (O15)	
Formações Aquíferas Dominantes	Arenitos do Carrascal (Cretácico inferior); Complexo Carbonatado (Cenomaniano)
Litologias Dominantes	Arenitos do Carrascal: arenitos mais ou menos grosseiros e conglomerados, de matriz argilosa, com espessura a variar entre 75 e 200 m; Complexo Carbonatado: margas, calcários argilosos, calcários fossilíferos e calcários com rudistas
Características Gerais	Sistema aquífero multicamada, predominantemente confinado
Produtividade (l/s)	Mediana=4,5
Parâmetros Hidráulicos	Transmissividade (m ² /dia) a variar entre 35 e 770; coeficiente de armazenamento=4x10 ⁻⁵ e 8x10 ⁻⁵
Funcionamento Hidráulico	Parece haver conexão hidráulica entre este sistema e o recarga directa ocorre nas regiões altas, a norte e noroeste
Piezometria / Direcções de Fluxo	Sector central: escoamento de W para E; sector norte: de NW para SE; sector sul: de SW para NE
Balanço Hídrico	Recarga provável=10 hm ³ /ano, saídas conhecidas=4 hm ³ /ano
Fácies Química	Cloretada sódica, bicarbonatada cálcica
Maciço Calcário Estremenho (O20)	
Formações Aquíferas Dominantes	Formações do Dogger e do Malm
Litologias Dominantes	Formações do Dogger: calcários margosos, calcários argilosos, calcários cristalinos, calcários dolomíticos, calcários detríticos, etc.; Formações do Malm: argilas, margas, calcários, calcários cristalinos. A espessura das formações é muito variável, podendo atingir algumas centenas de metros
Características Gerais	Sistema aquífero cársico, muito complexo, que é constituído por vários subsistemas, cada um deles relacionado com uma nascente cársica perene. Apresenta uma dificuldade em se captar água através de furos, característica comum dos maciços cársicos, estando as captações com mais sucesso, localizadas perto das principais áreas de descarga
Produtividade (l/s)	Mediana=0,8, com mínimo=0 e máximo=20
Parâmetros Hidráulicos	Transmissividade entre 1 e 4800 m ² /dia
Funcionamento Hidráulico	Podem considerar-se quatro sectores, em que cada um deles apresenta uma drenagem feita através de diferentes nascentes. As nascentes mais importantes são: Olhos de Água do Alviela, Almonda e Alcobertas (bordo S e E); Chiqueda e Liz (bordo W)
Piezometria / Direcções de Fluxo	Cada um dos sectores apresenta uma ou mais direcções de fluxo. De um modo geral, as flutuações interanuais são de grande amplitude podendo, nalgumas regiões, ultrapassar os 80 m
Balanço Hídrico	Entradas entre 300 a 350 hm ³ /ano; saídas da ordem dos 275 hm ³ /ano
Fácies Química	Bicarbonatada cálcica

No contexto do trabalho de campo e de gabinete foram recolhidos e informatizados dados e compilados gráficos referentes a furos de pesquisa e eventual captação de água e elaboradas fichas referentes a pontos de monitorização¹⁹ do nível piezométrico (36), conforme anexos A.1 e A.2., e fig. 34, 35, 36, respectivamente.

Relativamente aos furos de captação, observa-se que as perfurações denominadas AC9, AC10, AC11, JK10, possuem especial interesse para o estudo pois permitem o conhecimento do rochoso subjacente à superfície que também influencia as condições de escoamento (fig. 34, A.1).

Observa-se, por exemplo, que o substrato é composto por uma capa de aluvião/coluvião de fácies argilosa (aquicludo) ou silto-argilo-arenosa (aquitardos), de possança variável, a que se seguem camadas alternadas com

¹⁹ Nível hidrostático medido com medidor a laser (Mantools, modelo CR-UM18; com precisão de +/- 1 cm + 0,5 % x distância, resolução de medição de distância de 1 cm), previamente calibrado com fita métrica.

composição variável de argila e arenito, cuja alternância de camadas permeáveis e impermeáveis ou semi-permeáveis dá origem a um aquífero multicamada confinado a semi-confinado. Este empilhamento sedimentar alcança valores sub-hectométricos na área do PUO, atingindo, grosseiramente, cerca de 50 m, a partir de onde as camadas são progressivamente margosas, associadas à transição de substrato de idade cretácica para jurássica.

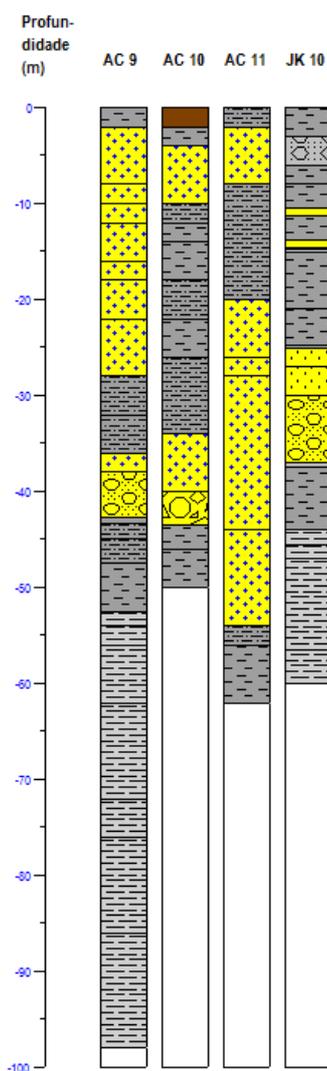


Figura 34 – Logs litológicos de sondagens de perfurações de captações de água da CMO (perfis com legenda no anexo A.1).

Para a elaboração da cartografia piezométrica, seleccionou-se o atributo correspondente ao nível estático ou hidrostático (NHE) que representa um nível piezométrico, sem extracções de água activas. Recorreu-se a interpolação espacial através do algoritmo da Distância Inversa Ponderada (*Inverse Distance Weight - IDW*), por apresentar resultados satisfatórios e devido à reduzida dimensão da amostra. O IDW executa uma interpolação baseada na combinação de todos os valores, ponderada de forma inversamente proporcional à distância. Quando se utiliza ponderação, quanto maior é o valor de uma qualquer potência da distância, para construção da ponderação, mais próximo o resultado é uma interpolação com polígonos de Voronoi, em que a cada ponto é associado o valor do mais próximo valor conhecido (MATOS, 2001, pp. 122-123). É um método determinístico local (de interpolação de função local), que incide sobre porções do mapa, em que a influência local diminui com a distância e se dá maior peso aos valores mais próximos. Quanto maior o valor da potência menor a influência dos

pontos distantes. Considerando a anisotropia do fenómeno, e poucos dados, teve-se como critério para a execução deste predictor uma potência de 3 para mínimo de 10 pontos de amostragem de forma a minimizar o aparecimento de *duck-egg*, vide BURROUGH e MCDONNELL (1998). Todavia, salienta-se a necessidade de futuramente incorporar na base de dados uma amostragem mais vasta e homogénea.

Construída a superfície, regista-se que o gradiente piezométrico reduz-se substancialmente (maior afastamento das isopiezas) de Oeste para Este, o que de resto, é convergente com o sentido do fluxo e com o gradiente energético (fig. 35).

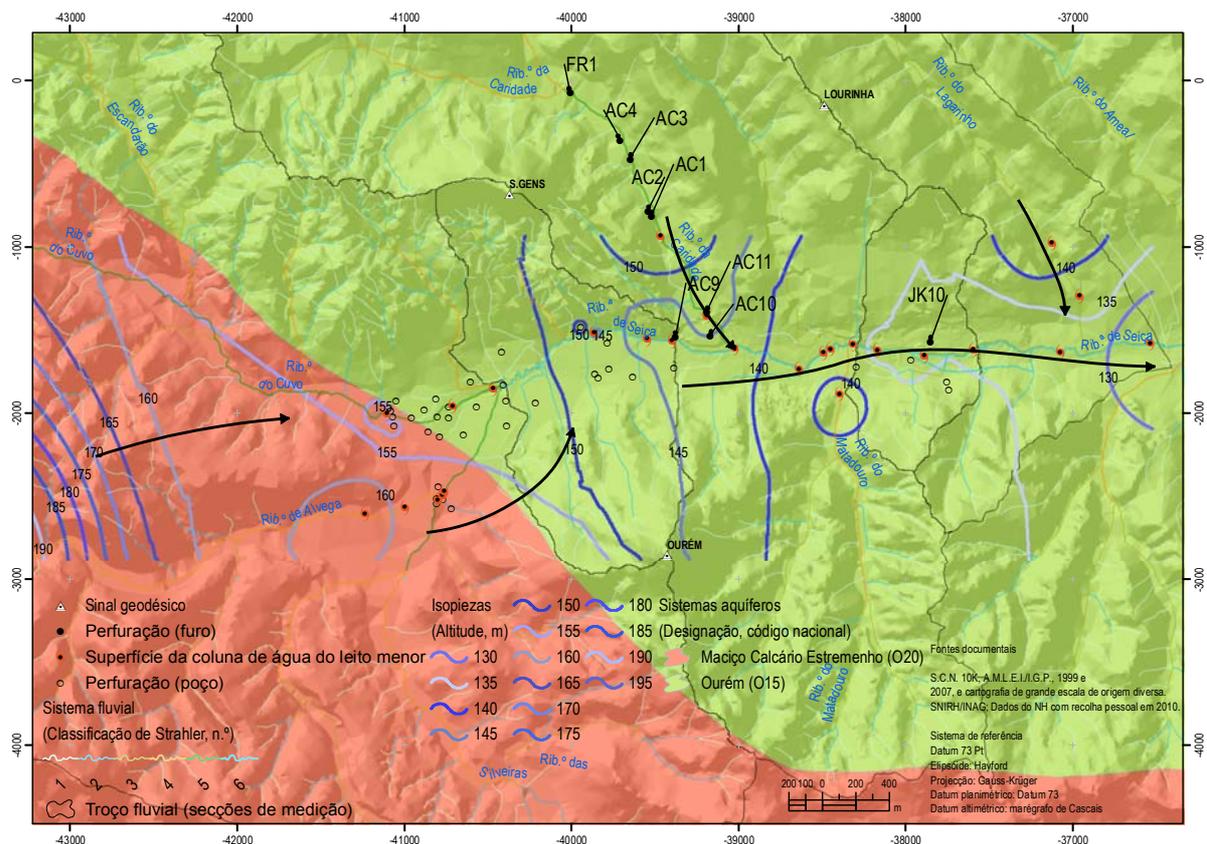


Figura 35 – Superfície piezométrica e direcções de fluxo, do aquífero mais superficial, dos sistemas aquíferos O20 e O15, na proximidade da cidade de Ourém, subjacentes ao leito maior.

A profundidade do topo do aquífero é dada através do nível hidrostático registado durante uma campanha de campo. A sua análise permite afirmar que a zona vadosa/insaturada, pode ter localmente, apenas um valor aproximado de 0,5 m de possança, a jusante da embocadura dos rib.^{os} de Cuvo e Alvega ou a Este do meridiano da colina de Ourém onde se situa o Castelo de Ourém e sinal geodésico com o mesmo nome. Devido à reduzida profundidade e características físicas do meio de circulação da água, trata-se de um factor agravante que potencia a inundação. Salienta-se a reduzida profundidade (< 0,5 m) na planície de inundação a jusante da embocadura do rib.^o da Caridade (fig. 36).

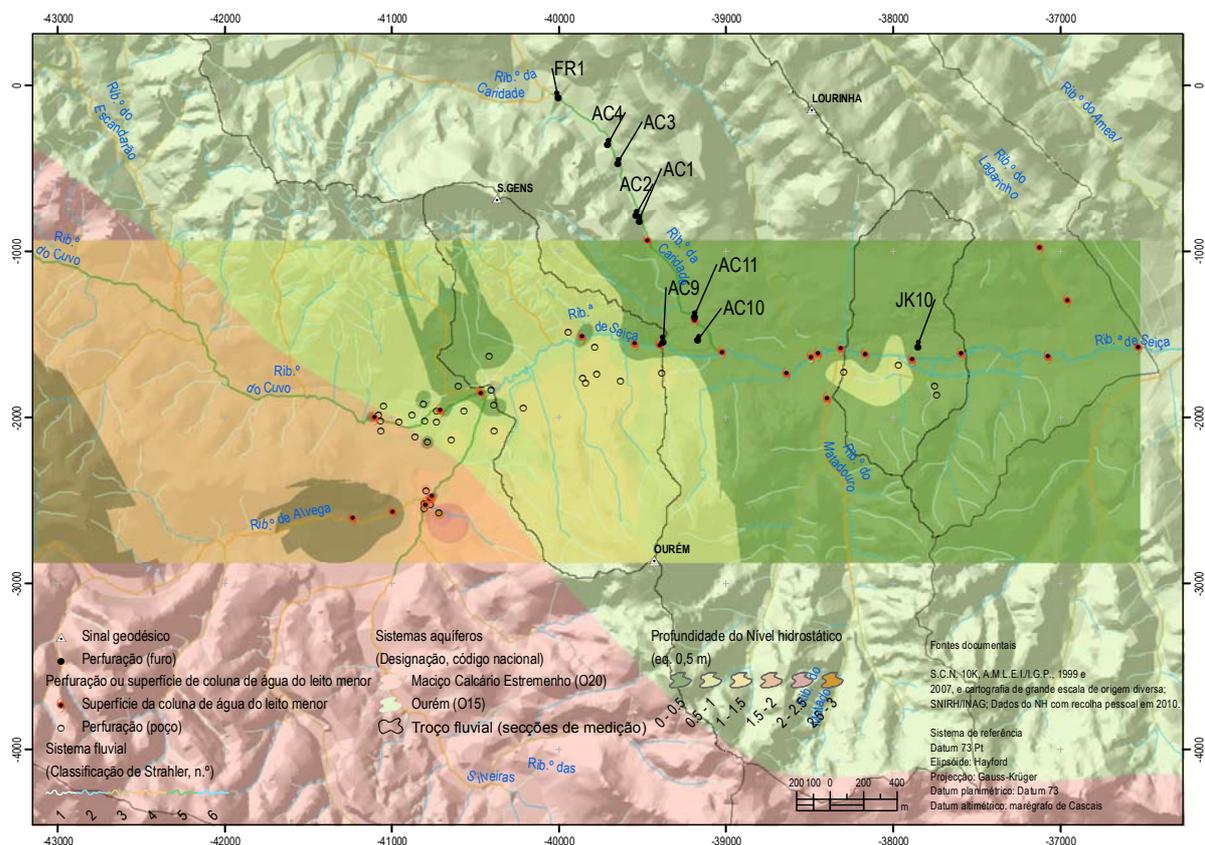


Figura 36 – Profundidade do topo do sistema aquífero de Ourém, junto à cidade de Ourém.

No contexto da campanha de campo para registar a hidrometria subterrânea, através dos poços, cujas fichas se encontram no anexo 2, também se verificou, por diversas vezes que não reuniam condições de segurança, conforme previsto pelo art.º 105.º do DL n.º 38382/1955, 07/08.

Salienta-se que será bastante provável que o aquífero captado esteja confinado a semi-confinado por um aquífero superficial, com importante função de recarga dos aquíferos adjacentes (por drenância em semi-confinados), composto por uma capa silto-argilosa ou silto-argilo-arenosa de espessura métrica a sub-métrica variável, especialmente a jusante da embocadura dos rib.ºs de Alvega e Cuvo, devido à maior fase sólida do caudal da ribeira, a julgar pelas sondagens²⁰ disponíveis dos furos de captação de água AC9, AC10, AC11 e JK10 (fig. 34, anexo 1).

²⁰ Recolha, informatização, tratamento e compilação dos gráficos efectuada para o presente estudo.

Capítulo 3 – As cheias do Outono de 2006

3.1 Aspectos Gerais

Atendendo aos dados de precipitação, relatos da população e reconhecimento técnico da Câmara Municipal de Ourém, o caudal de ponta de cheia máximo ocorreu na madrugada de 25 de Outubro de 2006. Sucede que houve outras pontas de cheia em Novembro, mas não tão significativas. Assim, privilegia-se a caracterização da cheia de 25/10/2006.

A insuficiência das secções de vazão é agravada pelas obstruções antrópicas longitudinais ou transversais, como construções sobre os leitos menor (designadamente pontes e açudes, que podem funcionar como barragens) e maior. De facto, a excepcionalidade da cheia do Outono de 2006 deve-se à conjugação de diversos factores de natureza natural e de certa forma de natureza antrópica devida à intervenção humana. Certamente que não será alheio o facto da onda de cheia (fase sólida e fase líquida) ultrapassar o limite superior da crista do leito menor junto do vão de pontes, e assim ser superior à altura devolvida pela curva de vazão (método hidrológico dado pela eq. 1) de secções de determinadas pontes, devido aos estreitamentos e acumulação de detritos e resíduos.

$$Q = a \cdot (h - h_0)^b$$

Equação 1 – Curva de vazão.

onde Q é o caudal em m^3/s ; h a altura hidrométrica em metros; h_0 a altura do zero da escala hidrométrica em relação ao nível de água a que correspondente o caudal nulo, que em geral é a cota mais baixa da secção, isto é, o fundo do leito (h_0 é positiva se o zero da escala ficar acima do nível do caudal nulo e negativa no caso contrário²¹); a e b são parâmetros característicos da secção, a determinar experimentalmente, por exemplo, através do método dos mínimos quadrados. Ainda a propósito da medição de caudais, salienta-se que, contudo, devido à dimensões de algumas secções transversais de cursos de água, não é possível determinar com exactidão as suas características hidrométricas, com a agravante desta condição em situação em de cheia, considerando que a secção transversal aumenta consideravelmente e dificulta a obtenção dos valores de altura hidrométrica e velocidade de escoamento. Não deverão ser efectuadas extrapolações para alturas superiores às das medições directas utilizadas na determinação da curva de vazão, devido aos prováveis erros. Na ausência de medições de caudais, a curva de vazão pode ser aproximada recorrendo às fórmulas do escoamento de superfície livre em regime uniforme, nomeadamente de Manning-Strickler ou Chézy (métodos hidráulicos), que será tanto mais real quanto mais aproximado o coeficiente de rugosidade se encontrar das características do terreno.

Assim, uma eventual proposta de estabelecimento de uma estação hidrométrica (limnográfica ou limnimétrica), extremamente importante para a calibração de modelos hidrológico-hidráulicos, deve considerar as características hidrológicas e hidrogeomorfológicas do local (LENCASTRE e FRANCO, 2010, pp. 259-264; VILLELA e MATTOS, 1975, pp. 111-112; DGRAH, 1984, pp.582-590, 1105-1111; 1117-1125); PINTO *et al.* (1976, pp. 190-191); PERNICA (2002, pp. 20-25).

²¹ No geral, o zero da escala e a cota mais baixa da secção não coincidem, encontrando-se ora a escala enterrada no leito, ora suspensa na margem, respectivamente por fenómenos de sedimentação ou erosão.

3.2 Condições Meteorológicas

IM (2007a, p. 3) refere, relativamente à situação sinóptica, que «O estado do tempo no Continente foi condicionado pela passagem de depressões às quais estiveram por vezes associadas superfícies frontais, excepto de 12 a 14 em que predominou a influência de um anticiclone. O céu esteve em geral muito nublado, excepto de 12 a 14 em que o céu se apresentou em todo o Continente pouco nublado ou limpo e de 1 a 10 nas regiões do Sul onde ocorreram boas abertas. Na primeira década do mês ocorreram períodos de chuva ou aguaceiros em especial a norte do Sistema Montanhoso Montejunto-Estrela. A partir de dia 10 ocorreram períodos de chuva ou aguaceiros, por vezes, e localmente fortes, e acompanhados de trovoada, destacando-se, pela quantidade significativa de precipitação os dias 22 e 25. Relativamente ao vento realce-se o facto de na última década ter soprado em termos gerais, do quadrante sul, moderado a forte, temporariamente muito forte e com rajadas em especial nas terras altas do norte e do centro.». Em termos de temperatura do ar, também refere que «O mês de Outubro de 2006 foi caracterizado por valores médios da temperatura média do ar superiores aos valores normais em todo o território. Os valores médios da temperatura média variaram entre 11,0 °C em Penhas Douradas e 20,7 °C em Faro; os desvios em relação à normal variaram entre +0,5 °C em Castelo Branco e +2,9 °C em Porto/ P. Rubras.». IM (2007a, p. 6) refere que «O mês de Outubro classificou-se como extremamente chuvoso em quase todo o território, com excepção do sotavento algarvio onde foi chuvoso. (...) Outubro de 2006 é, em Portugal Continental, o 2º mais chuvoso desde 1990 e o 4º mais chuvoso desde 1931 (depois de 1960, 1979, 1993). De referir ainda que Outubro 2006 é o 6º Outubro consecutivo (desde 2001) com valores da quantidade de precipitação muito acima do valor médio para o mês. Os valores diários da quantidade de precipitação foram em geral muito altos, correspondendo entre 75 e 150% do valor médio mensal.». De acordo com o IM (2007a, p. 13), para a área de estudo, o teor de água no solo encontrava-se em Outubro a 100 % (saturado), valor este convergente com os cálculos do balanço hidrológico sequencial mensal do solo para a estação climatológica de Caxarias (valores médios 2006/2007), segundo o método Thornthwaite-Matter, apresentados neste estudo. De acordo com o IM (2007a, p. 7) «O mês de Novembro classificou-se como chuvoso a extremamente chuvoso. O mês de Novembro caracterizou-se por valores muito altos da quantidade de precipitação em particular de 3 a 7 e 21 a 29 de Novembro.».

De acordo com IM (2006), em 24 de Novembro de 2006, «O estado do tempo em Portugal foi condicionado pela passagem de uma superfície frontal fria com forte actividade, associada a uma depressão complexa com um núcleo centrado noroeste da Corunha.» (fig. 37). O núcleo da depressão apresentava 970 hPa ao n.m.m. O vento soprou do quadrante sudoeste, moderado, por vezes forte a muito forte, tendo gerado períodos de chuva moderada, por vezes forte. A situação do caso-vertente associa-se à passagem de uma depressão subpolar, à superfície; ao nível dos 500 hPa (aproximadamente 5000 m de altitude, é visível a presença da vertente oriental de um vale depressionário cavado em altitude, motivando forte instabilidade, com correntes de SW, e forte gradiente da pressão barométrica, na Bacia do Atlântico Norte subtropical oriental e ao largo de Portugal continental, cujo sistema atmosférico de baixa pressão, resultou também em reflexos geomorfológicos significativos em diversos troços da sub-bacia da ribeira de Seixa.

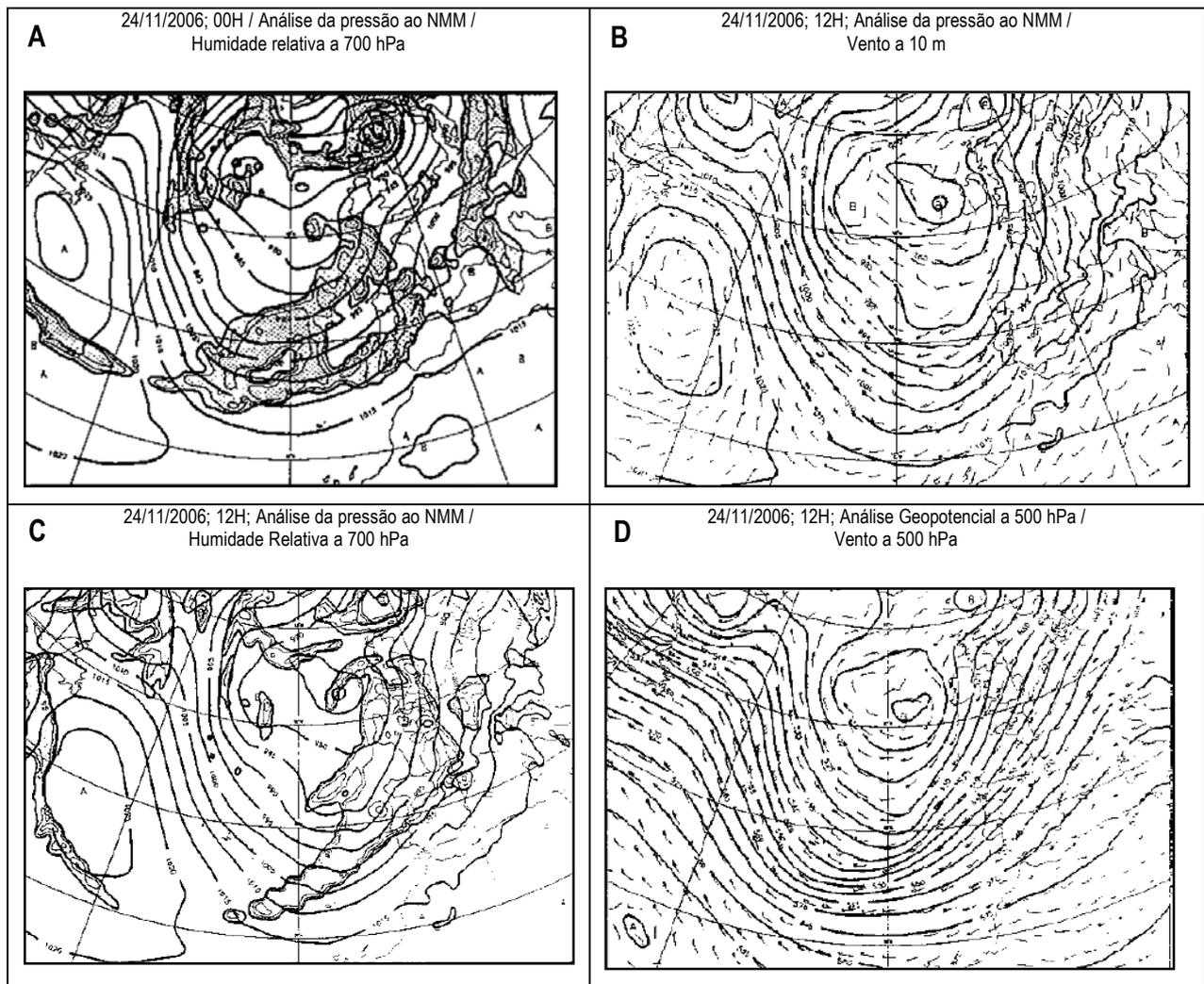


Figura 37 – Situação sinóptica de superfície (A) e em altitude (B, C, D), para as 00h:00m (A) e 12h:00m (B, C, D) de 24/11/2006 (Ext. de I.M., I.P., 2006).

De acordo com IM (2006), em 25 de Outubro de 2006, «O estado do tempo em Portugal foi condicionado por uma massa de ar instável, quente e húmida transportada na circulação de uma depressão muito cavada centrada a noroeste da Península Ibérica.» (fig. 38). O núcleo da depressão apresentava 980 hPa ao n.m.m. (nível médio do mar). O vento soprou moderado a forte do quadrante Sul, tendo gerado períodos de chuva ou aguaceiros fortes e muito fortes. A situação do caso-vertente associa-se à passagem de uma depressão subpolar, à superfície; ao nível dos 500 hPa (aproximadamente 5000 m de altitude (valores das isoipsas na fig. em dam geopotenciais), é visível a presença da vertente oriental de um vale depressionário cavado em altitude (média troposfera), motivando forte instabilidade, com correntes de SW, e forte gradiente da pressão barométrica (considera-se forte quando as isóbaras estão próximas umas das outras), na Bacia do Atlântico Norte subtropical oriental e ao largo de Portugal continental, cujo sistema atmosférico de baixa pressão, resultou em reflexos geomorfológicos significativos em diversos troços da sub-bacia da ribeira de Seiça. A disposição do sistema atmosférico em superfície e altitude sugere a evolução para uma configuração em altitude do tipo difluente, típica de situações de bloqueio, com individualização de uma célula depressionária isolada, conforme situação sinóptica documentada nos dias seguintes.

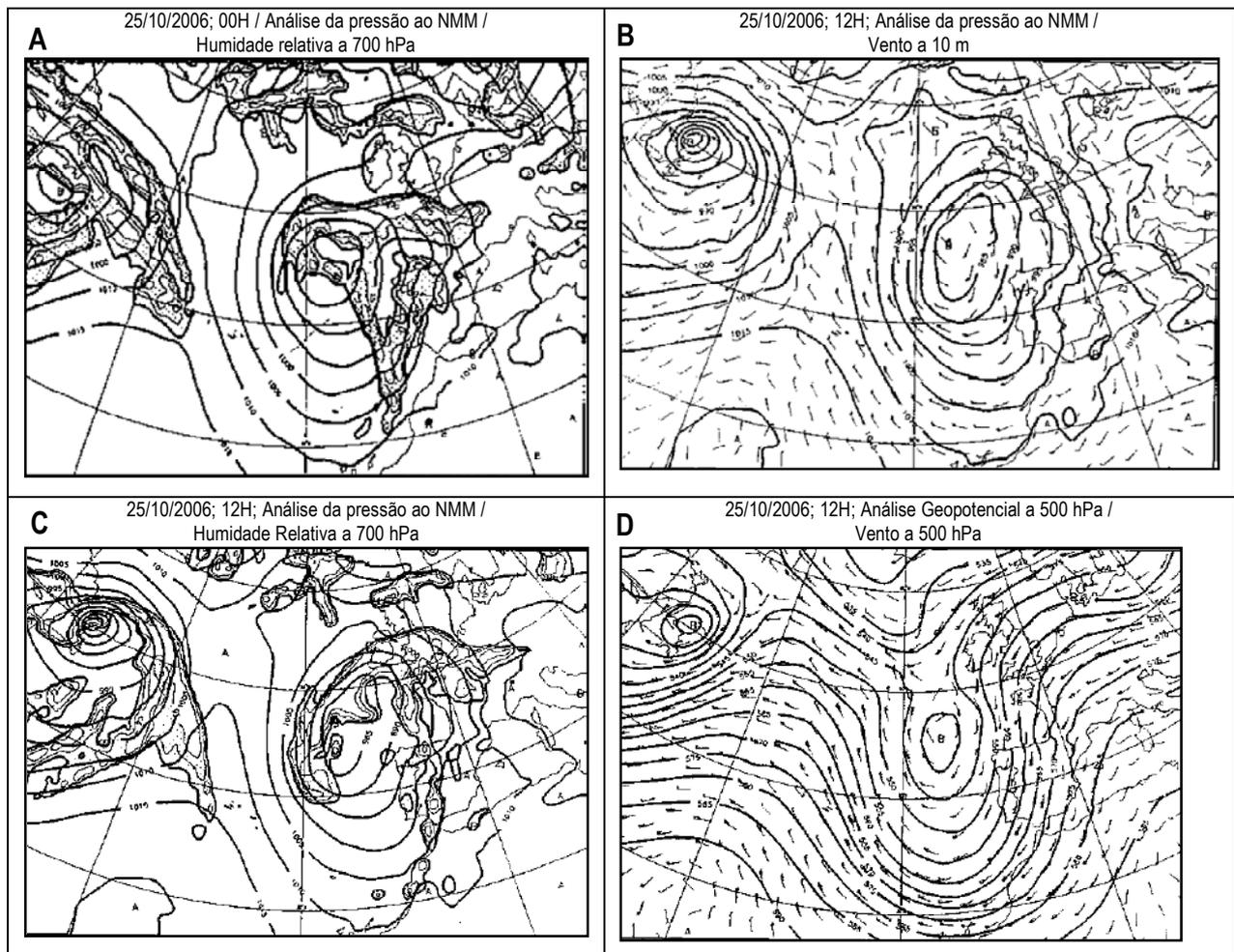


Figura 38 – Situação sinóptica de superfície (A) e em altitude (B, C, D), para as 00h:00m (A) e 12h:00m (B, C, D) de 25/10/2006 (Ext. de I.M., I.P., 2006).

RODRIGUES *et al.* (2007) referem que «Durante a noite do dia 24 de Outubro de 2006 e na madrugada do dia 25, precipitações intensas provocaram cheias na região centro do País, de onde sobressaem, pelos impactos, as localidades de Pombal e Tomar nos distritos de Leiria e Santarém, sendo que os rios que banham essas localidades (respectivamente, o Arunca e o Nabão) partilham uma parte das cabeceiras das respectivas bacias hidrográficas que acabam por separar também as bacias do Mondego e do Tejo. No entanto os percursos hídricos das cumeadas comuns mais altas até Tomar são mais do dobro dos percursos até Pombal. As precipitações que provocaram as cheias em Pombal tiveram o seu máximo entre as 0:30 e a 1:00 da manhã do dia 25, tendo o posto udográfico de Pombal registado cerca de 40 mm nesse intervalo de tempo.». Exemplificando, os mesmo autores referem que «Em Pombal, as intensidades na maior parte da bacia drenante não terão ultrapassado períodos de retorno de 10 anos nos 30 minutos de máximos pluviais, ainda que localmente tenham sido superiores a 50 anos. A grande variabilidade espacial do fenómeno junto às cabeceiras no alto da serra de Sicó poderá ser exemplificada pela disparidade de valores de precipitação entre Soure e Pombal, que estando à mesma longitude e distando pouco mais de 15 quilómetros presenciaram máximos em 6 horas de, respectivamente 42,4 mm e 86,6 mm, relação que se manteve nas totalizações pluviométricas em 24 horas (57,9 mm em Soure contra 110,6 em Pombal)». (...) «No final de Novembro, exactamente um mês depois das primeiras precipitações extremas na região de Pombal e

Tomar ocorreram novamente precipitações intensas nas bacias dos principais afluentes da margem direita do rio Tejo com particular incidência na bacia do rio Zêzere, com recorrências da ordem dos 20 anos para os totais diários.».

Não obstante não hajam dados disponíveis na área de influência do troço superior da bacia em estudo, com registo da precipitação para 25/10/2006, constatou-se, através da consulta aos dados disponibilizados pelo SNIRH/INAG, que a estação udográfica de Crespos (16E/01UG), que se encontra relativamente próxima do posto de Boleiros, registou para o dia das cheias 111,6 mm, e que a estação climatológica de Caxarias (15F/02C) registou 65,2 mm. Se tivermos em consideração a série de Crespos confirma-se que o período de retorno foi de 40 anos para durações de precipitação de 24 horas ($T_x = 40$ anos).

3.3 Método Histórico e Método Hidrogeomorfológico

As consequências hidrológicas das cheias de 2006 encontram-se registadas sob a forma de registo fotográfico de marcas de cheia e ficheiros cartográficos em formato de sistemas de informação geográfica com mancha de inundação e pontos com a altura da coluna de água e formas de ocorrência morfosedimentar. Devido à sua importância constituem um documento de referência que permite calibrar e validar o método hidrológico-hidráulico.

O conjunto de fotografias (1-59) retrata de montante para jusante níveis hidrométricos alcançados pela cheia, e encontra-se acompanhada de texto.

A cartografia da cheia construída através do método histórico (marcas de cheia sobre elementos artificiais ou naturais) e hidrogeomorfológico (considerando a geomorfologia, isto é, morfografia, natureza do substrato/litologia do relevo, morfometria, morfodinâmica, incluindo a forma e disposição de formas de acumulação ou erosão) são metodologias válidas e aceites científica e tecnicamente na análise e cartografia do perigo ou risco de cheia (DÍEZ-HERRERO *et al.*, 2008).

A extensão da cheia (área submersa de 418 700,45 m²), pontos de inundação e linhas de inundação, na área do PUO, encontram-se na fig. 39.

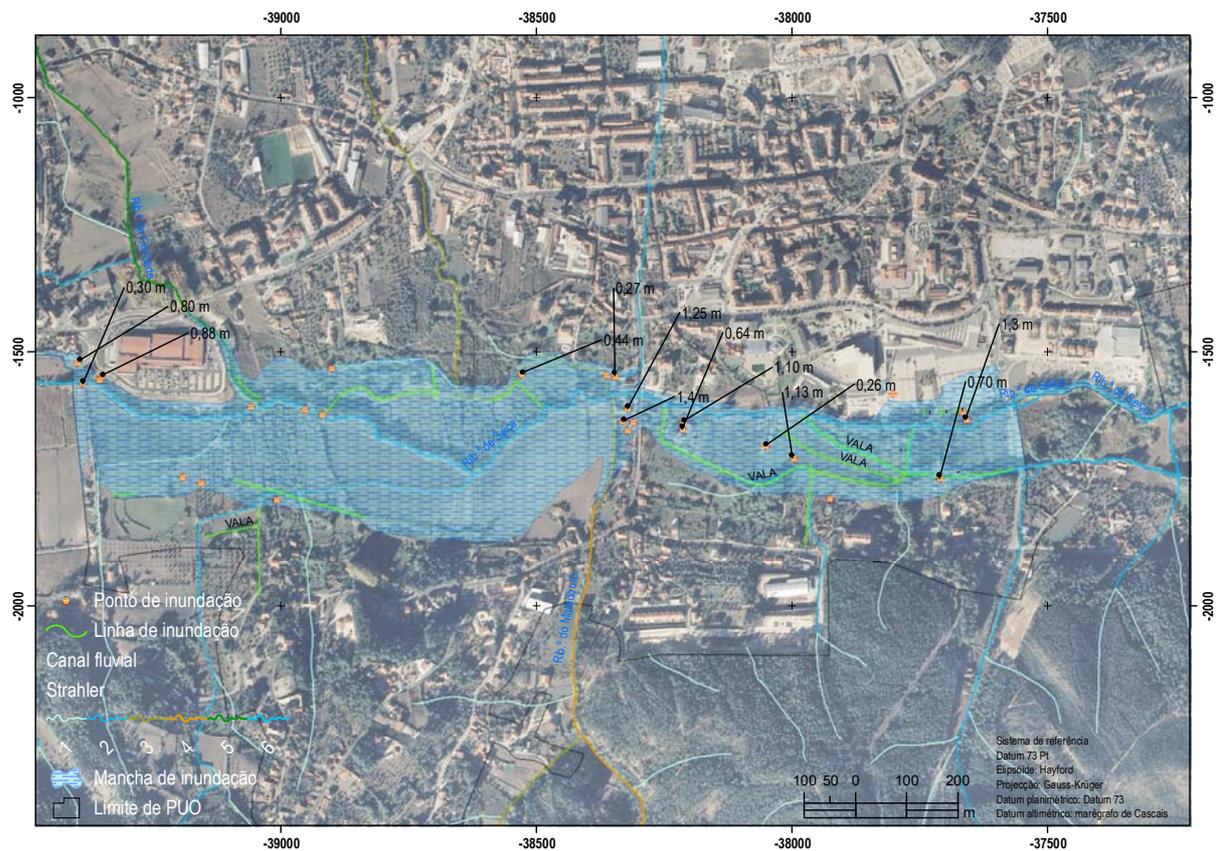


Figura 39 – Extensão da cheia de 25 de Outubro de 2006 na área do PUO.

<p>Foto 1 – Passagem hidráulica (PH) “ponte romana”, em São Sebastião, sobre o rib.º do Cuvo. Situação em leito de cheia (25/10/2006; cortesia de N.T.).</p>	<p>Foto 2 – Passagem hidráulica “ponte romana”, em São Sebastião, sobre o rib.º do Cuvo. Pormenor da acumulação de resíduos de encontro ao tabuleiro da PH (25/10/2006; cortesia de N.T.).</p>	<p>Foto 3 – Troço fluvial a montante da PH “ponte romana”, em São Sebastião, sobre o rib.º do Cuvo. Pormenor do afogamento da rodovia (Rua da Capela) na margem direita (25/10/2006; cortesia de N.T.).</p>
<p>Foto 4 – Troço fluvial junto à “ponte romana”, em São Sebastião, sobre o rib.º do Cuvo. Imagem recolhida durante levantamento de níveis piezométricos (04/05/2010; cortesia de L.M. e V.A.).</p>	<p>Foto 5 – Leito maior de margem direita da rib.ª de Seça, junto à Ponte dos Namorados. Pormenor do desabamento de muro devido à potência fluvial (25/10/2006; cortesia de N.T.).</p>	<p>Foto 6 – Leito maior de margem direita da rib.ª de Seça, junto à Ponte dos Namorados. Pormenor do desabamento de muro devido à potência fluvial (25/10/2006; cortesia de N.T.).</p>

<p>de Seíça, junto à Ponte dos Namorados. Pormenor do mesmo edificado afectado pela cheia (25/10/2006; cortesia de P.R.).</p>	<p>rib.^a de Seíça, junto à Ponte dos Namorados. Pormenor da profundidade da cheia registada na roupa, junto ao mesmo edificado afectado pela cheia (25/10/2006; cortesia de P.R.).</p>	<p>rib.^a de Seíça, junto à Ponte dos Namorados. Pormenor da profundidade da cheia registada sob a forma de linha de detritos na carroçaria do automóvel, junto aos puxadores das portas (25/10/2006; cortesia de P.R.).</p>
		
<p>Foto 22 – Leito maior de margem esquerda, da rib.^a de Seíça, junto a terras de empréstimo, perto do talude do aterro devido à instalação do edifício multifuncional onde se situa o <i>Intermarché</i>, a jusante da Ponte dos Namorados (25/10/2006; cortesia de P.R.).</p>	<p>Foto 23 – Leito maior de margem esquerda, da rib.^a de Seíça, junto ao talude do aterro devido à instalação do edifício multifuncional onde se situa o <i>Intermarché</i>, a jusante da Ponte dos Namorados (04/02/2010; cortesia de V.A.).</p>	<p>Foto 24 – Leito maior de margem esquerda, da rib.^a de Seíça, junto ao talude do aterro devido à instalação do edifício multifuncional onde se situa o <i>Intermarché</i>, a jusante da Ponte dos Namorados (25/10/2006; cortesia de P.R.).</p>
		
<p>Foto 25 – Leito maior de margem esquerda, da rib.^a de Seíça, junto ao talude da plataforma do parque de estacionamento devido à instalação do edifício multifuncional onde se situa o <i>Intermarché</i>, a jusante da Ponte dos Namorados. Pormenor do regolfo ou contracorrente ou elevação do nível da água a montante dos diversos obstáculos situados no leito de cheia, devido ao estrangulamento do fluxo que esses mesmos obstáculos provocam (25/10/2006; cortesia de P.R.).</p>	<p>Foto 26 – Leito maior de margem esquerda, da rib.^a de Seíça, junto ao talude da plataforma do parque de estacionamento devido à instalação do edifício multifuncional onde se situa o <i>Intermarché</i>, a jusante da Ponte dos Namorados. Pormenor da linha de detritos (31/10/2006; cortesia de P.R.).</p>	<p>Foto 27 – Leito menor da rib.^a de Seíça, a montante da Ponte dos Cónegos. 1.º plano pormenor da erosão no fundo do leito e em 2.º plano, desabamento de muro junto à embocadura do rib.º do Matadouro (ordem 4) com a rib.ª de Seíça (ordem 6) (30/10/2006; cortesia de P.R.).</p>
		
<p>Foto 28 – Leito fluvial da rib.^a de Seíça, na Ponte dos Cónegos, Avenida dos Bombeiros Voluntários (24/10/2006, 23h:00m; cortesia de C.F.).</p>	<p>Foto 29 – Leito fluvial da rib.^a de Seíça, na Ponte dos Cónegos, Avenida dos Bombeiros Voluntários. Pormenor de objectos transportados pelo fluxo (24/10/2006, 23h:00m; cortesia de C.F.).</p>	<p>Foto 30 – Leito maior de margem direita, da rib.^a de Seíça. Pormenor do afogamento da Avenida dos Bombeiros Voluntários, perto da Ponte dos Cónegos (24/10/2006, 23h:00m; cortesia de C.F.).</p>
		
<p>Foto 31 – Leito fluvial da rib.^a de Seíça, a montante da Ponte dos Cónegos. Pormenor da geometria hidráulica do canal fluvial. Imagem recolhida durante levantamento de níveis piezométricos (11/05/2006; cortesia de L.M.+V.A.).</p>	<p>Foto 32 – Leito fluvial da rib.^a de Seíça, a montante da Ponte dos Cónegos. Pormenor de captura de bidões/vasilhas metálicas junto ao tabuleiro da ponte, provavelmente devido à potência da última grande cheia de 2006. Imagem recolhida durante levantamento de níveis piezométricos (11/05/2006; cortesia de L.M.+V.A.).</p>	<p>Foto 33 – Leito maior de margem direita, da rib.^a de Seíça, perto da Ponte dos Cónegos. Pormenor dos efeitos da cheia perto do edifício n.º 9 (pequena empresa familiar) da Rua dos Bombeiros (24/10/2006, 23h:00m; cortesia de P.R.).</p>

		
<p>Foto 34 – Leito maior de margem direita, da rib.^a de Seça, perto da Ponte dos Cónegos. Pormenor de marca de cheia no interior da divisão, perto do edifício n.º 9 (pequena empresa familiar) da Rua dos Bombeiros (30/10/2006; cortesia de P.R.).</p>	<p>Foto 35 – Leito maior de margem direita, da rib.^a de Seça, perto da Ponte dos Cónegos. Pormenor de marca de cheia, acima do puxador da porta ao fundo, do edifício n.º 9 (pequena empresa familiar) da Rua dos Bombeiros (25/10/2006; cortesia de N.T.).</p>	<p>Foto 36 – Leito maior de margem direita, da rib.^a de Seça, perto da Ponte dos Cónegos. Pormenor dos efeitos da cheia perto do edifício n.º 9 (pequena empresa familiar) da Rua dos Bombeiros. Pormenor de marca de cheia deixada pelo sedimentos argilosos (27/10/2006; cortesia de P.R.).</p>
		
<p>Foto 37 – Leito maior de margem direita, da rib.^a de Seça, perto da Ponte dos Cónegos. Pormenor da cheia no edifício n.º 9 (pequena empresa familiar) da Rua dos Bombeiros (24/10/2006, 23h:00m; cortesia de C.F.).</p>	<p>Foto 38 – Leito maior de margem esquerda, da rib.^a de Seça, a montante da Ponte dos Cónegos. Pormenor de marca de cheia deixada pelo sedimentos argilosos (31/10/2006; cortesia de P.R.).</p>	<p>Foto 39 – Leito maior de margem direita, da rib.^a de Seça, a jusante da Ponte dos Cónegos. Pormenor de marca de cheia deixada por resíduos de vegetação (30/10/2006; cortesia de P.R.).</p>
		
<p>Foto 40 – Leito maior de margem direita, da rib.^a de Seça, a jusante da Ponte dos Cónegos. Pormenorização de marca de cheia deixada por resíduos de vegetação (30/10/2006; cortesia de P.R.).</p>	<p>Foto 41 – Leito menor de margem direita, da rib.^a de Seça, a jusante da Ponte dos Cónegos. Pormenor de fluxo turbulento com regolfo e erosão da margem côncava de meandro, junto a instalação pecuária (25/10/2006; cortesia de N.T.).</p>	<p>Foto 42 – Leito menor de margem direita, da rib.^a de Seça, a jusante da Ponte dos Cónegos. Pormenor de fluxo laminar e efeito da avulsão na margem côncava de meandro, junto a instalação pecuária (30/10/2006; cortesia de P.R.).</p>
		
<p>Foto 43 – Leito maior de margem direita, da rib.^a de Seça, a jusante da Ponte dos Cónegos. Pormenor dos efeitos da potência da cheia em vedação parcialmente derrubada de instalação pecuária (30/10/2006; cortesia de P.R.).</p>	<p>Foto 44 – Leito maior de margem direita, em baixa de inundação, da rib.^a de Seça, a jusante da Ponte dos Cónegos. Pormenor da acumulação de resíduos de vegetação transportados pela cheia, em vedação (a mesma parcialmente derrubada) de instalação pecuária (30/10/2006; cortesia de P.R.).</p>	<p>Foto 45 – Leito maior de margem direita, da rib.^a de Seça, a jusante da Ponte dos Cónegos. Pormenor da acreção vertical de fácies silto-argilosa transportados pela cheia, e exutório de canal fluvial entubado (30/10/2006; cortesia de P.R.).</p>

		
Foto 46 – Leito maior de margem direita, da rib. ^a de Seça, a jusante da Ponte dos Cónegos. Pormenor da elevação do nível piezométrico no poço (30/10/2006; cortesia de P.R.).	Foto 47 – Leito maior de margem esquerda, da rib. ^a de Seça, a montante da Ponte Nova (25/10/2006; cortesia de N.T.).	Foto 48 – Leito maior de margem esquerda, da rib. ^a de Seça, a montante da Ponte Nova. Pormenor de linha de detritos (27/10/2006; cortesia de P.R.).
		
Foto 49 – Leito maior de margem esquerda, da rib. ^a de Seça, a montante da Ponte Nova. Pormenor de linha de detritos (25/10/2006; cortesia de N.T.).	Foto 50 – Leito maior de margem esquerda, da rib. ^a de Seça, a montante da Ponte Nova. (25/10/2006; cortesia de N.T.).	Foto 51 – Leito menor da rib. ^a de Seça, a jusante da Ponte Nova (25/10/2006; cortesia de N.T.).
		
Foto 52 – Leito menor da rib. ^a de Seça, a jusante da Ponte Nova. Saída de campo de monitorização, 08/02/2010; cortesia de V.A.).	Foto 53 – Leito menor da rib. ^a de Seça, a jusante da Ponte Nova. Saída de campo de monitorização (18/02/2010; cortesia de L.M. e V.A.).	Foto 54 – Trabalho de levantamento topográfico de secções topo-batimétricas para este estudo. Pormenor de calibração da Estação total, a jusante da Ponte Nova, Parque Linear, margem esquerda da rib. ^a de Seça (16/09/2010; cortesia de V.A.).
		
Foto 55 – Trabalho de levantamento topográfico de secções topo-batimétricas para este estudo. Pormenor de calibração da Estação total, a jusante da Ponte Nova, Parque Linear, margem esquerda da rib. ^a de Seça (16/09/2010; cortesia de V.A.).	Foto 56 – Leito maior, de margem esquerda da rib. ^a de Seça, a montante da Ponte Nova. Pormenor do efeito erosivo no sector côncavo do meandro ocupado com a ponte (25/10/2006; cortesia de N.T.).	Foto 57 – Leito menor da rib. ^a de Seça, a montante da Ponte Nova. Pormenor do regolfo e situação pré-afogamento do tabuleiro da ponte (25/10/2006; cortesia de N.T.).
		
Foto 58 – Leito menor da rib. ^a de Seça, a jusante da Ponte Nova. Pormenor do regolfo e situação pré-afogamento do tabuleiro da ponte (25/10/2006; cortesia de N.T.).	Foto 59 – Leito maior, de margem direita da rib. ^a de Seça, a jusante da Ponte Nova. Pormenor do regolfo e fluxo turbulento em direcção ao leito maior devido à reflexão do mesmo, no choque contra a parede esquerda da ponte (25/10/2006; cortesia de N.T.).	Foto 60 – Leito maior, de margem direita da rib. ^a de Seça, a jusante da Ponte Nova. Pormenor do regolfo e fluxo turbulento em direcção ao leito maior devido reflexão do mesmo, no choque contra a parede esquerda da ponte. (25/10/2006; cortesia de N.T.).

Capítulo 4 – Metodologias, técnicas e fontes documentais

4.1 Metodologia

A avaliação da perigosidade das zonas ameaçadas pelas cheias será feita com recurso ao método hidrológico-hidráulico (DÍEZ-HERRERO *et al.*, 2008, pp. 30-55) com recurso a um modelo numérico. Trata-se um método ou conjunto de métodos que visa determinar caudais gerados por um curso de água e no cálculo de velocidades, profundidades e energia, mediante simplificações/aproximações do fluxo da água na Natureza. No presente caso parte da hipótese de escoamento unifásico, unidimensional, uniforme, permanente, de regime misto.

O modelo é devidamente calibrado e validado com base no método hidrogeomorfológico e histórico (suportado por dados epigráficos, nomeadamente, registos de imagem, medições, marcas de cheia da profundidade da coluna de água da cheia fluvial do Outono de 2006). Neste estudo privilegia-se a modelação da cheia centenária. São considerados factores condicionantes ou de predisposição, entendidos como variáveis independentes e o escoamento, entendido como variável dependente. A calibração / validação do modelo também considera a pedologia (aluviosolos modernos, solos hidromórficos), indo ao encontro do preconizado por JULIÃO *et al.* (2009, p. 55) e CCDRLVT (2010, pp. 39-41). Também se tem em consideração RODRIGUES (2010, pp. 12-15) e STCNREN (2010, 57-59) vide relatório consultável a partir da DGOTDU, subportal da Comissão Nacional da Reserva Ecológica Nacional.

Os estudos de risco de inundação devem ser elaborados a escalas cartográficas adequadas ao contexto da área em causa. No caso vertente a cartografia deveria ser, pelo menos, superior ou igual a 1/2K. Contudo, no imediato, a cartografia topográfica disponível para a elaboração da zona ameaçada por cheia corresponde à cartografia da série cartográfica nacional na escala de 1/10K, de 1998, o que é manifestamente desadequado.

Face a este forte constrangimento houve necessidade de complementar a cartografia existente recorrendo a cartografia topográfica fornecida em suporte digital pelo serviço de topografia da Câmara Municipal de Ourém, identificada como tendo sido produzida para estudo hidrológico para a ribeira de Seiça, com data de Abril de 2003, para impressão na escala de 1/0,5K. De acordo com a legenda das folhas *layout* de impressão, a mesma derivou de levantamento aerofotogramétrico, com cobertura fotográfica de Novembro de 2003 e com estereorestituição digital em Dezembro de 2003, efectuado pela empresa Dualidade, Planeamento e Projectos de Engenharia, Lda. Todavia, corresponde a um levantamento topográfico adjacente ao curso de água principal cuja extensão é de apenas ~ 130 m, mas que servirá inclusive para melhorar a cartografia na escala de 1/10K que cobre toda a bacia hidrográfica da ribeira de Seiça.

Também foram utilizados levantamentos topográficos de projectos de execução de obras, e levantamento topo-batimétrico com estação total e GPS, realizado para o presente estudo. Genericamente, as medições são ortogonais a partir do talvegue em direcção às margens e com extensão superior à da mancha de inundação de 2006 e sempre que possível superior à mancha de inundação presente na cartografia do Plano Director Municipal de Ourém. Dentro do canal fluvial, equidistância de 0,30 m até ao ponto de inflexão, e na planície de inundação, a partir do ponto de inflexão, equidistância de 0,50 m, sempre que aplicável, com vista a reter as singularidades do

vale. Os critérios de selecção das secções de referência baseiam-se nos critérios adoptados por REIS (2006 p. 530 e seguintes), e WILLIAMS e COSTA (pp. 68-69, *in* BAKER *et al.*, 1988), nomeadamente:

a) representatividade: visa constituir uma rede de medição por meio de troços fluviais homogéneos do ponto de vista hidrogeomorfológico (características geomorfológicas (componentes morfografia, morfogénese, morfometria) e sedimentológicas (componente dimensiometria) e de uso e ocupação do território.

b) acessibilidade: constitui um critério de carácter prático que deve ser observado em face da necessidade de caracterização hidrogeomorfológica.

c) estabilidade: afigura-se como sendo significativo o facto de serem seleccionados troços fluviais estáveis, por forma a garantir a manutenção da curva de vazão.

d) geometria: pretende-se a selecção de secções fluviais cuja secção transversal e longitudinal (adjacente) seja o mais regular possível com vista a traduzir um escoamento mais uniforme, afim de reduzir o erro de interpolação dos valores determinados.

O enquadramento cartográfico e os metadados gerais da cartografia topográfica e temática utilizada encontram-se na fig. 40 e tabela 23, respectivamente.

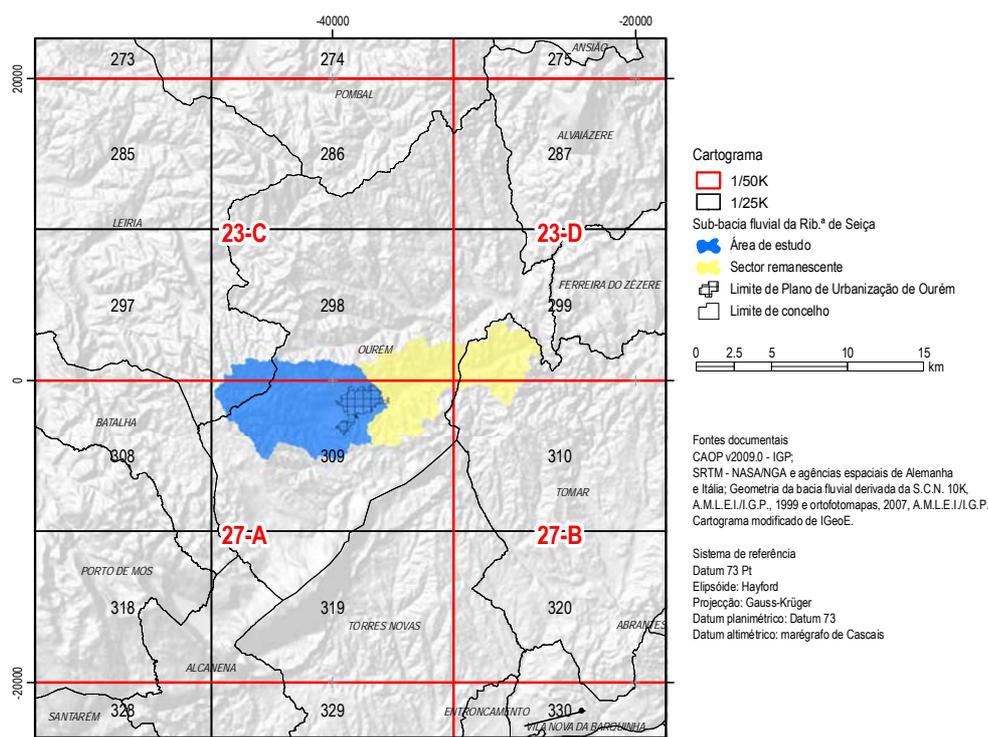


Figura 40 – Enquadramento cartográfico da área de estudo.

Por outro lado, recorreram-se a tecnologias informáticas, como no caso dos sistemas de informação geográfica, (nomeadamente *ArctInfo* em associação com as extensões hidrológicas *HEC-RAS*, *HEC-GeoRAS*, *HEC-Geo-HMS*, *HEC-HMS*, *Arc Hydro* e *RivEX+*) que permitem obter, armazenar, manipular e analisar informação espacialmente referenciada, produzindo-se diversos tipos de documentos geográficos de relacionamento dos

fenómenos hidrogeográficos. Também se utilizou o *LogPlot*²² para compilar e representar graficamente sondagens ao substrato.

Tabela 23 – Cartografia utilizada.

Designação da cartografia	Entidade Produtora / Interessado	Publicação na escala / Impressão	Sistema de Referência	Folha / Projecto	Ano de Edição / Voo / levantamento	Resolução espacial	Exactidão ²³ posicional/ temática
Carta Militar de Portugal (Série M888)	Instituto Geográfico do Exército (IGeoE)	1/25K	Datum Lisboa	286, 287, 297, 298, 299, 308, 309, 310, 319		?	≥ 12,5 m?
Carta Geológica de Portugal	Instituto Geológico e Mineiro	1/50K	Datum Lisboa	298 (23C), 299 (23D), 309 (27A)	1966, 1994, 1998	?	?
Carta Complementar de Solos de Portugal	SROA, CNROA, IEADR / IHERA / IDRHa / DGADR	1/25K	Datum Lisboa	286, 287, 297, 298, 299, 308, 309, 310, 319	?	?	?
Ortofotocartografia da Série Nacional de Ortofotomapas ²⁴	Instituto Geográfico Português, I.P. / AMLEI – Associação de Municípios da Região de Leiria	1/10K	Datum 73	?	2007	0,5 m	Planimetria Digital: EMQ ≤ 1,5 m
Modelo Numérico Topográfico da Série Cartográfica Nacional ²⁵ (SCN10K)	Instituto Geográfico Português, I.P. / AMLEI – Associação de Municípios da Região de Leiria	1/10K	Datum 73	286-2, 286-3, 286-4, 287-1, 287-3, 298-1, 298-2, 298-3, 298-4, 299-1, 299-3, 308-2, 308-4, 309-1, 309-2, 309-3, 309-4, 310-1, 319-1, 319-2	1999	-	Planimetria Digital: EMQ ≤ 1,5 m; Altimetria: EMQ ≤ 1,70 m (c.n.) e ≤ 0,65 m (p.c.)
Levantamento Topocadastral	Instituto Geográfico Português, I.P.	1/2K	Datum 73	?	1964-67	?	?
Levantamento aerofotogramétrico	Dualidade - Planeamento e Projectos de Engenharia, Lda.	1/0,5K	Datum 73	Estudo sectorial para o Plano de Urbanização de Ourém (faixa adjacente à rib.ª)	(11/2003)	?	?
Levantamento topográfico (gps + estação total)	Câmara Municipal de Ourém	-	Datum 73	Efectuado para o presente estudo de perigosidade hidrológica	2010	-	≤ 10 mm
Levantamento topográfico	?	-	Referenciação altimétrica arbitrária	Projecto de obras de construção do edifício multifuncional onde se encontra o <i>Intermarché</i>	?	-	?
Levantamento topográfico	Câmara Municipal de Ourém	1/0,5K	Referenciação planimétrica e altimétrica arbitrária	Projecto de obras de construção do Parque linear	2003?	-	?
Levantamento topográfico	António Joaquim Pereira Galamba de Oliveira	1/1K	Datum 73	Quinta do Regato	2003	-	?

²² Software da *RockWare Incorporated*, versão de 2003.

²³ De acordo com I.G.P., 2008, pp. 21, 27.

²⁴ Vide Despacho n.º 23915/2005, de 23/11 (listagem onde constam as referências da cartografia oficial).

²⁵ Vide Despacho n.º 23915/2005, de 23/11 (listagem onde constam as referências da cartografia oficial).

4.2 Processo conceptual do estudo

O processo de elaboração do presente estudo encontra-se genericamente idealizado no fluxograma da fig. 41.

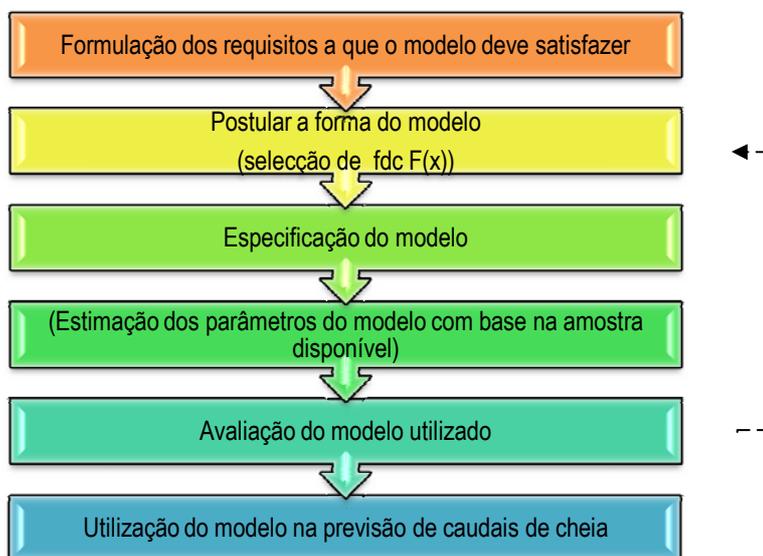


Figura 41 – Processo conceptual de análise da distribuição de frequências de caudais de cheia (Ext. de HENRIQUES (1981, pp. 47-48; 1985, p. 61).

Por outro lado, RAMOS (2009, p. 79) refere que o modelo conceptual de avaliação e gestão do risco de cheia apresenta várias fases, exemplificando com o modelo conceptual de Correia *et al.* 1994²⁶) e exposto na fig. 42.

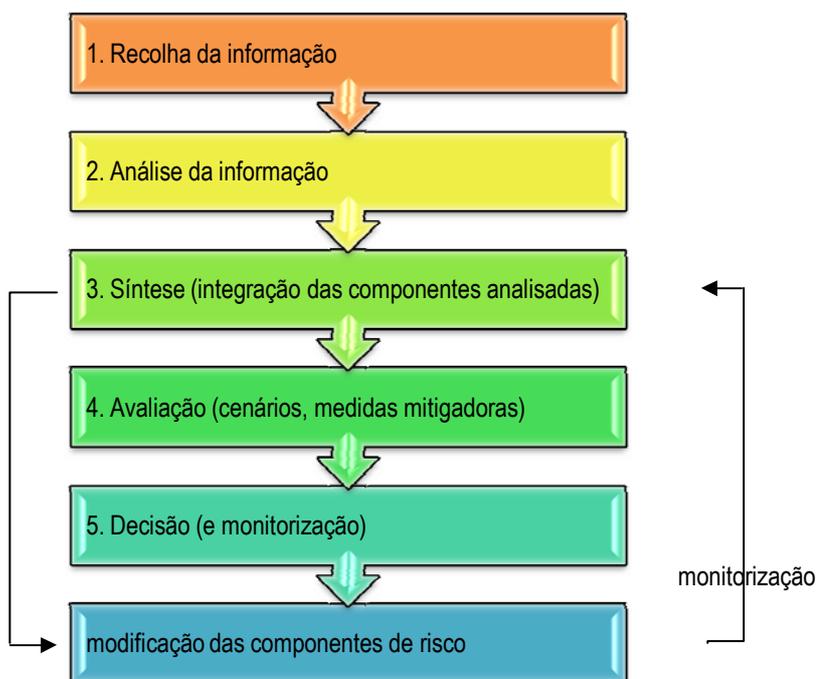


Figura 42 – Modelo conceptual de avaliação e gestão do risco de cheia (Ext. de RAMOS, 2009, p. 79, de acordo com Correia *et al.*, 1994).

²⁶ CORREIA, F. N.; SARAIVA, M. G.; ROCHA, J.; FORDHAM, M.; BERNARDO, M. F.; RAMOS, I.; MARQUES, Z.; SOCZKA, L. (1994) – “The Planning of Flood Alleviation Measures: Interface With The Public”, in Penning-Rowsell, E. e Fordham, M. (eds.), *Floods Across Europe*. Middlesex University Press, London, 167-193.

4.3 Climatologia

4.3.1 Classificação e regime climático

Para a classificação climática de Thornthwaite-Mather, os quatro índices climáticos definidos com base no balanço hídrico: índice hídrico, índice de aridez, índice de humidade, eficácia térmica no Verão definem-se de acordo com as equações 2 a 5 (MENDES e BETTENCOURT, 1980, p. 10, LENCASTRE e FRANCO, 2010, pp. 334-335 ou DGRAH, 1984, p. 939):

$$I_a = \frac{DH}{Etp} \times 100$$

Equação 2 – Regime hídrico sazonal: Índice de aridez.

$$I_h = \frac{SH}{Etp} \times 100$$

Equação 3 – Regime hídrico sazonal: Índice de humidade.

$$I_H = I_h - 0,6 \times I_a$$

Equação 4 – Índice hídrico anual.

$$C = \frac{Etp_m}{Etp_a} \times 100$$

Equação 5 – Eficiência térmica no Verão.

onde I_a índice de aridez, I_h índice de humidade, I_H índice hídrico, SH superávit hídrico oriundo do BH (mm), DH deficiência hídrica oriunda do balanço hídrico sequencial mensal (mm), Etp evapotranspiração de referência ou potencial (mm), Etp_m evapotranspiração potencial do trimestre mais quente, Etp_a evapotranspiração potencial do ano. A C mede a concentração de Etp nos 3 meses mais quentes para caracterizar o regime térmico sazonal através da importância relativa do Verão.

Não obstante não tenha sido calculado, é comum determinar-se a distância média entre estações de medição meteorológicas através da eq. 6:

$$\bar{d} = \sqrt{\frac{A}{N}}$$

Equação 6 - Distância média entre estações da rede hidrometeorológica.

onde \bar{d} é a distância média entre estações, A a área de intercepção da precipitação na bacia-vertente, N o número de estações hidrometeorológicas, vide DGRAH (1986, p. 287).

4.3.2 Preenchimento de falhas das séries de precipitação

Não obstante não tenha sido utilizado apresenta-se uma forma de preenchimento de série cronológicas de precipitação. A estimativa de valores de precipitação é largamente abordada em obras de referência de estudos ambientais. Na eventualidade de colmatação de lacunas desta natureza podem ser adoptados os critérios de selecção, de estações, apresentados em REIS (2006, p. 313) e testar técnicas de predição conforme equações 7 e 8 infra (para a eq. 7 vide GERARDI e SILVA (1981, p. 90); REIS (2006, p. 169); CUSTODIO e LLAMAS (1983, pp. 165-168); DGRAH (1984, pp. 133-147):

$$Y = a + b \cdot X$$

Equação 7 – Expressão da recta da regressão linear simples.

onde: Y a variável explicada (dependente ou endógena), X a variável explicativa (independente ou endógena), *a* e *b* são constantes (coeficientes de ajuste da recta que correlacionam os valores dos postos X e Y), sendo que, *a* é a intercepção da recta com sobre o eixo de vertical ou de y (valor de y quando x é zero), o *b* é o declive da recta. Ou, como por exemplo, VILLELA e MATTOS (1975, p. 44); DUNNE e LEOPOLD (1978, pp. 40-41); DGRAH (1984, pp. 558-559); MOPU (1984, p. 84) e MDA (2004, p. 108), no caso da eq. 8.

$$P = \frac{1}{3} \left(\frac{\bar{P}}{P_1} P_1 + \frac{\bar{P}}{P_2} P_2 + \frac{\bar{P}}{P_3} P_3 \right)$$

Equação 8 - Método ponderado pelas estações na envolvente.

onde: *PB*, *PC*, *PD* são registos de precipitação em três estações climatológicas na proximidade, durante o período de falha na estação *A* e *NA*, *NB*, *ND* são registos de precipitação normais ou médios (longo termo) nas quatro estações. Os dados de precipitação podem ser anuais, sazonais ou mensais.

4.3.3 Análise estatística da probabilidade e frequência de séries cronológicas de pluviosidade

O período de retorno ou recorrência ou período de reapariação é analisado com base na teoria dos extremos da Lei de Gumbel (REGO, 1999, p. 8).

NICOLAU (2002, p. 146) refere que «Num trabalho desenvolvido anteriormente, Brandão (1995) já havia demonstrado que a Lei de Gumbel é a que melhor descreve a distribuição das precipitações máximas diárias anuais».

De acordo com CHOW *et al.* (1988, p. 377) a distribuição de Gumbel é uma das três distribuições de valores extremos, seleccionáveis a partir de amostras de populações, que converge na forma de distribuição de Tipo I (as restantes são de tipo II e III). BRUM FERREIRA (2000, p. 2) refere que «A série de valores máximos anuais numa longa sequência de anos constitui um conjunto de valores extremos que se pode analisar estatisticamente. Fisher e Tippet (1928) demonstraram que a distribuição dos valores extremos seleccionados em séries apresentando qualquer distribuição de probabilidade converge invariavelmente para uma das três formas de distribuição dos valores extremos (tipo 1, 2 ou 3). As propriedades destas 3 formas foram desenvolvidas de maneira mais pormenorizada por Gumbel (1941) para a distribuição de tipo 1, por Frechet (1927) para a distribuição de tipo 2 e

por Weibull (1939) para a distribuição de tipo 3.» A distribuição de tipo 1 para valores extremos máximos apresenta a forma de dupla exponencial ($\exp[-\exp(-y)]$) com limites $-\infty < x < \infty$.

A função de densidade de probabilidade da distribuição de Gumbel (1958) ou distribuição assintótica de extremos do tipo 1 (LENCASTRE e FRANCO, 2010, p. 424; CHOW *et al.*, 1988, p. 373; BRUM FERREIRA, 2000, p. 3; VILLELA e MATTOS, 1975, pp. 57-59; CUSTODIO e LLAMAS, 1983, p. 149) é dada pela eq. 9:

$$f(x) = ae^{-a(x-\beta)} \exp\left[-\exp^{-a(x-\beta)}\right] \quad \text{Equação 9 – Função de densidade de probabilidade (FDP) / função densidade da distribuição de Gumbel.}$$

ou de acordo com NAGHETTINI e PINTO (2007, p. 159) (eq. 10):

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp\left[-\frac{x-\beta}{\alpha} - \exp\left(-\frac{x-\beta}{\alpha}\right)\right] \quad \text{Equação 10 – Função de densidade de probabilidade (FDP) / função densidade da distribuição de Gumbel.}$$

De acordo com NAGHETTINI e PINTO (2007, p. 159) e CHOW *et al.* (1988, p. 386) a função acumulada de probabilidades (FAP) da distribuição de Gumbel é representada pela eq. 11:

$$F(x) = \exp\left[-\exp\left(-\frac{x-\beta}{\alpha}\right)\right] \quad \text{Equação 11 – Função de distribuição / função acumulada de probabilidades (FAP) da distribuição de Gumbel.}$$

ou, de acordo com SHAW (1994, p. 304) a função acumulada de probabilidades (FAP) da distribuição de Gumbel é representada pela equação 12:

$$F(x) = \exp\left[-\exp^{-b(x-a)}\right] \quad \text{Equação 12 – Função de distribuição / função acumulada de probabilidades (FAP) da distribuição de Gumbel.}$$

Usa-se o sinal negativo no segundo expoente quando se refere aos valores extremos máximos.

De acordo com NAGHETTINI e PINTO (2007, pp. 159, 322) a inversão da FAP pode ser descrita pela eq. 13:

$$y(F) = \beta - \alpha \ln[-\ln(F)] \quad \text{ou} \quad y(T) = \beta - \alpha \ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right) \quad \text{Equação 13 – Inversão da FAP da distribuição de Gumbel / Função de quantis.}$$

Substituindo-se y pelo valor esperado, resulta que a média de uma variável de Gumbel corresponde ao período de retorno $T = 2,33$ anos. Em alguns estudos de regionalização de caudais de cheias, esse quantil, ou seja, $x(T = 2,33)$, recebe a denominação de cheia média anual.

De acordo com a Lei de Gumbel, α é o parâmetro de escala/factor de escala e β o parâmetro da amostra/factor de posição/moda, que podem ser determinados através do método dos momentos (CHOW *et al.*, 1988, pp. 373, 386) (eq. 14 e 15):

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}S_x}{\pi} \quad \text{Equação 14 – Parâmetro de escala.}$$

onde s_x é o desvio padrão da amostra.

$$\beta = \bar{x} - 0,5772157 \alpha \quad \text{Equação 15 – Parâmetro de posição.}$$

onde s_x e β são, respectivamente, o desvio padrão amostral e a moda da distribuição (ponto de densidade de probabilidade máxima) e 0,5772157 é a constante de Euler (GUMBEL, 1941, p. 175). $K = 0$; T é o tempo de retorno em anos; F_t é a probabilidade anual de não superação.

Dito de outra forma, de acordo com SHAW (1994, p. 304) os parâmetros a (ou β) e b (ou α) da FAP são dois parâmetros relacionados com os momentos da população dos valores em questão, e que são a média ou primeiro momento e variância ou segundo momento. Podem ser definidos pelas expressões (eq. 16 e 17):

$$a = \mu - \frac{y}{b} \quad \text{Equação 16 – Média da população dos valores da variável.}$$

onde μ é a média amostral e y é 0,5772157.

$$b = \frac{\pi}{\sigma\sqrt{6}} \quad \text{Equação 17 – Variância da população dos valores da variável.}$$

onde μ é a média amostral, y é 0,5772157 e σ o desvio padrão amostral.

De acordo com NAGHETTINI e PINTO (2007, p. 187) a distribuição de Gumbel de tipo I possui as seguintes características (tabela 24):

Tabela 24 - Características da distribuição de Gumbel (Máximos).

Atributos	Qualificadores
Parâmetros	α e β
Função de quantis	$x(F) = \beta - \alpha \ln[-\ln(F)]$
Média	$y = \beta + 0,5772157 \alpha$
Variância	$\sigma_y^2 = \frac{\pi^2 \alpha^2}{6}$
Coefficiente de assimetria	$y = 1,1396$
Curtose	$k = 5,4$

De acordo com BRUM FERREIRA (2000, p. 3) «É uma função que usa uma dupla exponencial. A via mais simples de para estimar os parâmetros da distribuição de Gumbel é o método dos momentos, com o uso da média e desvio padrão da série.». Relativamente a esta metodologia veja-se CHOW *et al.* (1988, pp. 363-365); CUSTODIO e LLAMAS (1983, p. 160).

Os resultados obtidos para determinados períodos de retorno pelo método de Gumbel quando verificados graficamente num papel funcional de probabilidade extrema devem alinhar-se.

A estimativa de X , associada ao período de retorno, T , do valor da variável, X , com distribuição de probabilidades de Gumbel, obtida pelo método dos momentos é dada por (CHOW *et al.*, 1988, p. 387; QUINTELA, 1984b, pp. 709, 710; INAG, 2000, apêndice A6, pp. 2-3; RAMOS, 2009, p. 49; NAGHETTINI e PINTO (2007, p. 323) (eq. 18):

$$X_T = \bar{x} + Ks \quad \text{Equação 18 – Cálculo de determinado período de retorno.}$$

onde \bar{x} é a média amostral, s o desvio padrão da amostra e K é o factor de probabilidade obtido em função do período de retorno, T (CHOW *et al.*, 1988, p. 391; QUINTELA, 1984b, pp. 709, 710; SHAW, 1994, p. 306; INAG, 2000, apêndice A6, p. 3) (eq. 19):

$$K(T) = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left(-\gamma + \ln \ln \left[\frac{T(x)}{T(x) - 1} \right] \right) \quad \text{Equação 19 – Factor de frequência/probabilidade.}$$

onde γ é a constante de Euler.

Posteriormente deverá ser tido em conta o factor de frequência (K) em função do período de retorno e número de observações de valores extremos que compõem a série da amostra, $K(T, M)$. A variável reduzida pode ser determinada através da eq. 20 (CHOW *et al.*, 1988, p. 389):

$$Y = \frac{x - u}{\alpha} \quad \text{Equação 20 – Cálculo da variável reduzida.}$$

X_T relaciona-se com Y_T pela eq. 20, ou (eq. 21):

$$X_T = u + \alpha Y_T \quad \text{Equação 21 – Cálculo da variável reduzida.}$$

onde Y_T (eq. 22):

$$Y_T = -\ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \quad \text{Equação 22 – Cálculo da variável reduzida para determinado período de retorno.}$$

SHAW (1994, p. 301) e RAMOS (2009, p. 49) referem que $P(x)$ é a probabilidade de um dado valor de x ser igualado ou excedido num dado ano (eq. 23 e 24). Assim, se $T = 100$ anos, $P(x)=0,01$ e $F(x)=0,99$:

$$P(x) = \frac{1}{T(x)}$$

Equação 23 – Probabilidade de excedência.

pelo que:

$$T(x) = \frac{1}{P(x)} = \frac{1}{1 - F(x)}$$

Equação 24 – Período de retorno.

$$F(x) = \frac{T(x) - 1}{T(x)}$$

Equação 25 – Probabilidade de não excedência.

O carácter mais ou menos excepcional de um episódio chuvoso pode, deste modo, ser avaliado estimando o período de retorno que corresponde ao quantitativo de precipitação registado. O período de retorno é o número de anos que decorre, em média, para que um dado valor do fenómeno analisado seja igualado ou ultrapassado. Para uma dada função de distribuição ($F(x)$, que corresponde à probabilidade de o valor da variável ser inferior a x), pode ser calculado o período de retorno (T) desse mesmo valor (x), através da seguinte relação:

$$T = \frac{1}{1 - F(x)}$$

Equação 26 – Período de retorno.

Segundo WILKS²⁷ (1995), de entre as diversas distribuições teóricas de probabilidade adequadas a fenómenos climáticos extremos, a mais usada é a distribuição de GUMBEL», explicada em publicação de 1958, posteriormente editada em 2004.

De acordo com LEOPOLD, *et al.* (1964, pp. 63-66), as cheias são habitualmente consideradas eventos controlados pelo clima com significância geomorfológica. A ocorrência de cheias é estudada como um problema probabilístico, por razões de ordem social, económica e de engenharia.

A determinação do intervalo de recorrência e da frequência de ocorrência também podem ser determinados conforme equações 27 e 28, respectivamente, vide MARSH (1983, pp. 151-152), e também RAMOS (1994, p. 241); VILLELA e MATTOS (1975, p. 46); DUNNE e LEOPOLD (1978, pp. 53, 80-81); LEOPOLD, *et al.* (1964, p. 63); DALRYMPLE (1960, p. 4), para a eq. 28.

Os valores são classificados por ordem decrescente, pelo que se define a frequência de ser igualado ou ultrapassado o acontecimento de ordem n ($G(x) = P(X \geq x)$, vide LENCASTRE e FRANCO (2010, p. 405) (onde $G(x)$ é também conhecida por função de duração e X é a variável aleatória. Com apresentação diferente, veja-se DGRAH (1984, pp. 150-151). Face à eq. 28, um determinado evento é igualado ou superado em média em x anos.

$$T_r = \frac{N + 1}{m}$$

Equação 27 – Período de retorno.

$$P = \frac{1}{T_r}$$

Equação 28 – Frequência de ocorrência (probabilidade de excedência).

²⁷ WILKS, D. (1995) - «Statistical Methods in the Atmospheric Sciences, Academic Press, San Diego, 467 pp.

onde T_r é o intervalo de recorrência em anos, n número total de ocorrências, e m a posição da ocorrência em questão.

Para períodos de retorno bem menores que o número de anos de observação, o valor encontrado para F pode dar uma boa ideia do valor real de P , mas para grandes períodos de recorrência a repartição de frequência deve ser ajustada a uma lei probabilística teórica, para possibilitar um cálculo mais correcto da probabilidade.

LEOPOLD, *et al.* (1964, p. 63) refere que existem vários procedimentos, todos relativamente simples, entre os quais se salienta aquele com a expressão na eq. 27. Começa-se por representar em tabela o registo de caudal mais elevado da estação em causa, se disponível (um evento por ano). A posição de cada item é determinada pela aplicação da eq. 27 e impresso em papel logarítmico de probabilidade. A média da série de valores é denominada cheia média anual. A análise matemática evidencia que a cheia média anual tem um intervalo de recorrência (intervalo de tempo médio dentro do qual uma cheia de determinada magnitude será igualado ou excedido uma vez. Também é uma declaração de probabilidade. DALRYMPLE (1960, p. 5) refere que o intervalo de recorrência é definido como o intervalo médio de tempo dentro do qual a cheia de determinada magnitude será igualada ou excedida uma vez. Uma cheia com um intervalo de recorrência de 10 anos possui 10% de chance de recorrer em qualquer ano; à semelhança de uma cheia de 50 anos que possui uma chance de 2%, e a uma cheia de 100 anos que possui uma chance de 1% de ocorrer em qualquer ano.

Assim, a cheia do caso-vertente ou outra maior não esperada mais do que uma vez em 100 anos, pode ocorrer no próximo ano, pelo que, o intervalo de recorrência não é uma previsão (isto é, uma vez em cada 2,33 anos, em média, a cheia mais elevada do ano irá igualar ou exceder a cheia média anual).

4.3.4 Teste de adaptabilidade/rejeição/ajustamento

LENCASTRE e FRANCO (2010, pp. 429-430) referem que «...é usual procurar-se determinar a distribuição estatística que melhor se ajusta à função de distribuição empírica da amostra. (...) com vista a «permitir extrapolar, com uma certa confiança, os valores cujos períodos de retorno sejam superiores à duração do período em que foi obtida a amostra, embora não convenha que o excedam mais de 2 a 3 vezes».

De acordo com HENRIQUES (1981, p. 80) «...consiste em dividir o domínio da fdc (ou da fdp) do modelo que se pretende analisar em M intervalos, e comparar o número de elementos da amostra contidos em cada intervalo com a esperança matemática, expressa pelo modelo, do número de elementos correspondentes a cada intervalo (eq. 29):

$$X^2 = \sum_{j=1}^M \left(\frac{O_j - E_j}{E_j} \right)^2 \quad X^2 = \sum_{j=1}^M \left(\frac{O_j - E_j}{E_j} \right)^2 \quad \text{Equação 29 – Teste de adaptabilidade do qui-quadrado.}$$

onde M é o número de intervalos ou classes, O_j é o número de elementos da amostra contidos em cada intervalo j , e E_j o valor esperado do número de elementos do intervalo j ($E_j = N \cdot P_j$, em que P_j é a probabilidade do intervalo j dada pelo modelo) a estatística X^2 . Se o ajustamento entre as frequências observada e esperada for bom, as diferenças ($O_j - E_j$) serão pequenas e, conseqüentemente, X^2 será pequeno. Por outro lado, se a divergência for

grande (se o ajustamento for mau) o valor de χ^2 também será grande. Pode dizer-se que, quanto maior for o valor de χ^2 , menor será a probabilidade de a hipótese H_0 ser verdadeira.

O teste de Kolmogorov-Smirnov (eq. 30), é outro dos testes estatísticos baseados na função de distribuição empírica da amostra, que se adoptou neste estudo (de acordo com LENCASTRE e FRANCO, 2010, pp. 432-436).

$$D = \max_{1 \leq i \leq N} \{ |(i/N) - F(X_i)|; |F(X_i) - (i-1)/N| \} \quad \text{Equação 30 - Valor do máximo afastamento do teste de adaptabilidade de Kolmogorov-Smirnov.}$$

A eq. 31 permite determinar o valor da estatística D do teste de Kolmogorov-Smirnov, para verificar se é inferior ou superior ao calor do máximo afastamento.

$$D = D / (\sqrt{N} - 0,01 + 0,85/\sqrt{N}) \quad \text{Equação 31 - Valor da estatística do teste de adaptabilidade de Kolmogorov-Smirnov, baseado na fcd, aplicada à lei de Gumbel de extremos de tipo I, com parâmetros estimados a partir da amostra pelo método dos momentos.}$$

onde $D = \max$ é o valor com o máximo afastamento, $F(X_i)$ é a função candidata, X_i é cada valor da série cronológica, i , é a posição de cada valor na série cronológica, N é a dimensão da amostra. Tem-se em consideração valores críticos mais restritivos conforme HENRIQUES (1981, p. 84) e LENCASTRE e FRANCO (2010, p. 433).

Uma explicação mais extensiva destes métodos pode ser consultada em EBDON (1982, pp. 106-109, 129-136); GROUPE CHADULE (1974, pp. 78-81); HENRIQUES (1981, pp. 80-85); LENCASTRE e FRANCO (2010, pp. 430-436).

Para a determinação da precipitação sobre a área de estudo foram considerados postos udométricos com influência na bacia e a curva IDF para o posto udográfico de Coimbra (IG) (PORTELA, s.d.; SOBRAL, 2010, p. 18) (eq. 32):

$$PBH_t^T = PBH_{24}^T \times \frac{P_t}{P_{24}} \quad \text{Equação 32 - Precipitação máxima anual na bacia hidrográfica com período de retorno T.}$$

onde, PBH_t^T é a precipitação máxima anual na bacia hidrográfica com a duração de t horas e com período de retorno T anos, PBH_{24}^T é a precipitação máxima anual com período de retorno em 24 horas com determinado período de retorno, $\frac{P_t}{P_{24}}$ é o coeficiente de repartição através da relação em numerador P_t que representa a duração da precipitação com determinado tempo em horas, associada ao tempo de concentração, P_{24} corresponde à precipitação em 24 horas.

4.4 Grupos hidrológicos de solos

Para determinar os grupos hidrológicos de solo (GHS) recorreu-se ao ArcInfo 9.3, Arc Hydro e HEC-GeoHMS. Posteriormente, os GHS em conjunto com o uso e ocupação do solo proporcionam o cálculo do número de escoamento (CN). Na bibliografia da especialidade existem tabelas com CN para diferentes combinações de uso e ocupação do solo e GHS. Os critérios de determinação foram extraídos de ALBINO (2010). Não obstante o

SNIRH/INAG disponibilize, a partir do seu portal electrónico institucional, o CN à escala nacional, a resolução espacial é bastante pouco detalhada, pois possui uma quadrícula de 500 m de lado (250 000 m²), pelo que se optou por calcular este parâmetro com uma resolução de 5 m de lado (25 m²), onde nos GHS compósitos, houve o cuidado de ponderar a percentagem associada a cada família de solo, que pode ser calculada, por exemplo, a partir da eq. 33:

$$CN = \sum_{n=1}^n A_n \cdot A_n / A_t$$

Equação 33 – Número de escoamento ponderado pela área.

onde *CN* (*curve number*) é o número de escoamento; *n* o número de zonas homogéneas; *A_n* a área da zona homogénea *n*; *N_n* o Número de escoamento da área *n*; *A_t* a área total.

Com efeito, para determinar o tipo de solo, do ponto de vista do hidrológico, classificou-se cada tipo de solo (do ponto de vista pedológico), tendo como referência, mas com adaptação de critérios, o mesmo procedimento adoptado em OLIVEIRA *et al.* (1997) nomeadamente: a legenda da carta de solos de Portugal na escala de 1/50K (as manchas de solo constituem uma unidade de análise), os seguintes dados de CNROA (1973): a espessura do solo, teor em balastro, teor em argila, condutividade hidráulica saturada constante; dados de SROA (1972): drenagem e espessura efectiva do solo; e dados de SROA (1970): descrição qualitativa das famílias quanto à textura (também foi determinada a textura para auxiliar na classificação de solos quanto à condutividade hidráulica saturada), descrição qualitativa em SROA (1965) e USDA (2009), conforme discriminado à frente. De acordo com USDA (2009) os GHS ou HSG (*Hidrologic Soil Groups*) podem-se definir como grupos de solos que têm potenciais de escoamento similares sob condições de tempestade/chuvada e de ocupação similares. As propriedades do solo que influenciam o escoamento potencial são aquelas que influenciam a taxa de infiltração mínima para um solo sem vegetação, após humedecimento prolongado e quando não gelado. As propriedades são: profundidade a um nível freático sazonal alto, condutividade hidráulica saturada e profundidade a um horizonte de solo com grau de transmissão de água muito baixo. As mudanças nas propriedades do solo causadas por gestão do solo ou mudanças climáticas, também implicam a modificação do GHS. A influência da ocupação do solo é tratada de forma independente. De acordo com esta metodologia os solos podem ser classificados em quatro grupos, A, B, C, e D, e três classes compósitas (que não ocorrem na área de estudo), A/D, B/D, e C/D. Em termos de significado, os GHS são utilizados em equações para estimar o escoamento a partir da precipitação. Estas estimativas são necessárias para a resolução de problemas hidrológicos que são suscitados no planeamento da protecção de bacias hidrográficas e projectos de prevenção contra cheias, para planeamento ou projecção de estruturas para o uso ou controlo da água. De forma mais completa, são definidos em USDA (2009) quatro grupos de solo hidrológicos, que em conjunto com a ocupação e uso do território e condições hidrológicas determinam o número curva (*curve number* – CN) de escoamento associado ao GHS. Os CN de escoamento são utilizados para estimar a fracção de escoamento directo proveniente da precipitação. As unidades de solo (famílias) agrupadas em função dos GHS possuem características físicas e de escoamento similares. De acordo com USDA (2009), inicialmente, os critérios para associar tipos de solo a GHS eram baseados em séries de precipitação, escoamento e infiltração (por infiltrómetro). Os novos solos são classificados com base na comparação de perfis de solos já incluídos num GHS.

A maior parte das classificações assenta na premissa que os solos numa determinada região climática que são semelhantes nos atributos profundidade até um horizonte restritivo ou nível freático, taxa de transmissão de água, textura, estrutura e grau de expansão quando saturados, têm respostas de escoamento semelhantes. As classes são baseadas nos seguintes factores: entrada e transmissão de água sob condições de humidade anual máximas (completamente humedecidos); solo não gelado (*permafrost*) de forma a não impedir a infiltração e transmissão de água); superfície do solo nua; aumento máximo de argilas expansivas. O declive da superfície do solo não é considerado na classificação de GHS. Numa forma mais simplista os GHS podem ser determinados pelos horizontes de solo de menor condutividade hidráulica saturada (K_{sat}) e profundidade a horizontes mais ou menos impermeáveis do que horizontes adjacentes (horizontes com menor permeabilidade e maior densidade aparente; denominam-se impermes e fazem parte de um conjunto de horizontes subsuperficiais de diagnóstico) ou profundidade ao nível freático (se estiver presente). Quando os valores de condutividade hidráulica não estão disponíveis podem ser utilizadas outras características físicas, nomeadamente: textura, compacidade (densidade aparente), consistência da estrutura do solo, mineralogia das argilas (contração/expansão) e matéria orgânica, são utilizados para prever o movimento da água.

Assim, de acordo com USDA (2009), os quatro GHS definem-se da seguinte forma:

Grupo A: os solos deste grupo têm escoamento potencial baixo quando completamente humedecidos. A água é transmitida de forma livre através do solo (taxa de infiltração alta). Os solos do grupo A possuem tipicamente menos de 10% de argila e mais de 90% de areia ou balastro e têm texturas arenosa ou de balastro. Alguns solos com texturas areno-franca, franco-arenosa, franca ou franco-limosa podem ser colocados neste grupo se tiverem boa agregação (estrutura bem definida), de baixa densidade aparente, ou se tiverem mais de 35% de fragmentos rochosos. Os limites das características físicas de diagnóstico do grupo A são: a condutividade hidráulica saturada de todos os horizontes do solo excede $14,4 \text{ cm.h}^{-1}$. A profundidade até qualquer horizonte impermeável à água é maior do que 50 cm. A profundidade ao nível freático é maior do que 60 cm. Os solos que possuem uma profundidade maior do que 100 cm face a horizontes impermeáveis à água pertencem ao grupo A se a condutividade hidráulica saturada de todos os horizontes do solo, dentro dos 100 cm de solo, exceder $3,6 \text{ cm.h}^{-1}$.

Grupo B: os solos deste grupo têm escoamento potencial moderadamente baixo quando completamente humedecidos. A transmissão de água pelo solo é desimpedida (taxa de infiltração moderada). Os solos do grupo B apresentam valores típicos de % argila entre 10% e 20% e valores de % de areia entre 50% a 90% e possuem textura areno-franca ou franco-arenosa. Alguns solos com textura franca, franco-limosa, limosa, ou franco-argilo-arenosa podem ser classificados neste grupo se tiverem boa agregação (estrutura bem definida), de baixa densidade aparente, ou possuírem mais de 35% de fragmentos de rocha. Os limites das características físicas de diagnóstico do grupo B são: a condutividade hidráulica no horizonte menos transmissivo entre a superfície e 50 cm de profundidade oscila entre $3,6 \text{ cm.h}^{-1} < K_s < 14,4 \text{ cm.h}^{-1}$. A profundidade até qualquer horizonte de solo impermeável à água é superior a 50 cm. A profundidade até ao nível freático é maior do que 60 cm. Solos com profundidade superior a 100 cm relativamente a horizontes de solo impermeáveis à água pertencem ao grupo B se a condutividade hidráulica saturada de todos os horizontes do solo, dentro dos 100 cm de solo, desde a superfície, exceder $1,4 \text{ cm.h}^{-1}$, mas menos de $3,6 \text{ cm.h}^{-1}$.

Grupo C: os solos deste grupo possuem escoamento potencial moderadamente alto quando completamente humedecidos. A transmissão de água através do solo é um pouco limitada (taxa de infiltração baixa). Os solos do grupo C têm valores típicos de argila entre 20% e 40% e menos de 50% de areia e possuem texturas franca, franco-limosa, franco-argilo-arenosa, franco-argilosa, e franco-argilo-limosa. Alguns solos de textura argilosa, argilo-limosa, ou argilo-arenosa podem ser classificados neste grupo se tiverem boa agregação (estrutura bem definida), baixa densidade aparente, ou possuírem mais de 35% de fragmentos de rocha. Os limites das características físicas de diagnóstico do grupo C são: a condutividade hidráulica saturada do horizonte menos transmissivo desde a superfície até 50 cm de profundidade oscila entre $0,36 \text{ cm.h}^{-1} < k_s < 3,6 \text{ cm.h}^{-1}$. A profundidade até qualquer horizonte impermeável à água é superior a 50 cm. A profundidade ao nível freático é superior a 60 cm. Os solos com profundidade superior a 100 cm face a uma restrição ou nível freático pertencem ao grupo C se a condutividade hidráulica saturada de todos os horizontes até 100 cm de profundidade, desde a superfície, exceder $0,14 \text{ cm.h}^{-1}$, mas menos de $1,4 \text{ cm.h}^{-1}$.

Grupo D: os solos deste grupo possuem escoamento potencial alto quando completamente humedecidos. O movimento através do solo é limitado ou muito limitado (taxa de infiltração muito baixa). Os solos do grupo D têm valores típicos de argila superiores a 40%, menos de 50% de areia, e possuem textura argilosa. Nalguns locais também possuem potencial elevado de contracção-expansão. Todos os solos com profundidade inferior a 50 cm face a um horizonte impermeável à água e todos os solos com um nível freático dentro dos 60 cm, desde a superfície, pertencem a este grupo, apesar de alguns poderem ter classificação compósita, conforme descrito a seguir, se forem adequadamente drenados.

Os limites das características físicas de diagnóstico do grupo D são: para solos com um horizonte impermeável à água entre 50 cm e 100 cm, a condutividade hidráulica no horizonte de solo menos transmissivo é inferior ou igual a $0,36 \text{ cm.h}^{-1}$. Para solos com profundidade superior a 100 cm face a restrições ou nível freático, a condutividade hidráulica de todos os horizontes de solo até 100 cm de profundidade, desde a superfície, é inferior ou igual a $0,14 \text{ cm.h}^{-1}$.

Grupos Hidrológicos de Solos compósitos: alguns solos humedecidos são classificados como Grupo D, tendo por base, exclusivamente, a presença de um nível freático dentro da profundidade de 60 cm, desde a superfície, embora a condutividade hidráulica saturada possa ser favorável à transmissão de água. Se estes solos poderem ser adequadamente drenados, são classificados como compósitos (A/D, B/D, e C/D), tendo por base a sua condutividade hidráulica saturada e profundidade do nível freático, quando drenado. A primeira letra aplica-se à condição drenada e a segunda à condição não drenada. Para o propósito da classificação dos GHS, adequadamente drenado significa que o nível freático alto sazonal é mantido, pelo menos, a 60 cm de profundidade abaixo da superfície, num solo onde estaria mais alto em condições naturais.

As tabelas 25 e 26 constituem as matrizes de critérios de classificação de GHS. Devem ser analisadas as duas tabelas. Caso os dados de K_s estejam disponíveis e fiáveis, juntamente com profundidade do nível freático devem ser utilizados para associar o solo ao GHS correcto. Se este dados não estiverem disponíveis o GHS é determinado por observação das propriedades do solo no campo. Factores como textura, compacidade (densidade aparente), coesão da estrutura do solo, mineralogia da argila e matéria orgânica são considerados na predição da K_s de cada horizonte do perfil do solo. A profundidade e a condutividade hidráulica de qualquer horizonte de solo

impermeável à água e profundidade a qualquer nível freático alto, são utilizados para determinar correctamente o GHS para o solo. A propriedade que for mais limitadora ao movimento da água, geralmente determina o GHS do solo. Apesar de tudo, poderão surgir situações anómalas onde se tornam necessários ajustamentos aos GHS.

Tabela 25 - Critérios de determinação de GHS quando um horizonte impermeável à água existe a uma profundidade entre 50 e 100 centímetros, desde a superfície. (Ext. de USDA, 2009).

Propriedades do solo	Grupo Hidrológico de Solo			
	A	B	C	D
K_{sat} do horizonte menos transmissivo ($cm.h^{-1}$)	> 14,4	14,4 - 3,6	3,6 - 0,36	$\leq 0,36$
	e	e	e	e/ou
Prof.ao horizonte impermeável à água (cm)	50 a 100	50 a 100	50 a 100	<50
	e	e	e	e/ou
Profundidade ao nível piezométrico (cm)	60 a 100	60 a 100	60 a 100	<60

Tabela 26 - Critérios de determinação de GHS quando qualquer horizonte impermeável à água existe a uma profundidade superior a 100 centímetros, desde a superfície (Ext. de USDA, 2009).

Propriedades do solo	Grupo Hidrológico de Solo			
	A	B	C	D
K_{sat} do horizonte menos transmissivo ($cm.h^{-1}$)	> 3,6	3,6 - 1,4	1,4 - 0,14	$\leq 0,14$
	e	e	e	e/ou
Prof.ao horizonte impermeável à água (cm)	>100	>100	>100	>100
	e	e	e	e/ou
Profundidade ao nível piezométrico (cm)	>100	>100	>100	>100

Assim, os grupos hidrológicos de solo constituem uma forma de classificação do escoamento potencial a que determinada superfície está sujeita, associando-se um número de escoamento (adimensional) em função do escoamento potencial. Quanto maior este, menor é a água que se vai infiltrar e, eventualmente percolar até recarregar a zona saturada. Sobre o assunto consulte-se DAVID (1976); OLIVEIRA *et al.* (1997); OLIVEIRA e LOBO FERREIRA (2002); e USDA (2009). O anexo 3 contém a correspondência entre os números de escoamento para diferentes condições antecedentes de humedecimento do solo. Os valores de CN adoptados constam na tabela 27.

Tabela 27 - Número de escoamento em função do uso e ocupação do solo e grupo hidrológico de solo para AMC III. Tabela *Look-up* do CN, de acordo com SCS (Ext. de LENCASTRE e FRANCO, 2010, pp. 295, 297; DUNNE e LEOPOLD, 1978, p. 296; CHOW *et al.* p. 149).

Uso e ocupação do solo Classe	Grupo hidrológico de solo			
	A	B	C	D
Território artificializado (1)	84	91	94	96
Floresta normal	56	78	85	89
Florestas abertas ou de baixa transpiração	66	84	90	93
Floresta densa ou de alta transpiração	45	71	79	84
Pastagem pobre, segundo as curvas de nível	67	83	92	95
Pastagem normal	69	84	91	93
Culturas arvenses segundo as curvas de nível	79	88	92	94

Notas: (1) diversos tipos de superfícies (baseado em LENCASTRE e FRANCO, 2010, p. 295)

4.5 Hidrologia

4.5.1 Revisão da terminologia e conceitos de hidrologia teórica e prática

4.5.1.1 Energia em sistemas fluviais

A energia é uma quantidade que, independentemente da forma que possa assumir, pode ser medida, como o produto de uma força (massa vezes aceleração) vezes determinada distância através da qual a força actua. A energia de um corpo discreto possui dimensões $M.L^2.T^{-2}$; a energia por unidade de volume possui dimensões

M.L.⁻¹T⁻² que também é uma dimensão de tensão/força por unidade de área. Quando a energia é considerada em termos de elevação, a força é a de gravidade, $m.g$, que actua num corpo, ou $\rho.g$, actuando num volume. O decréscimo de energia no perfil longitudinal de determinado curso de água deve-se à energia convertida da forma cinética/potencial para a forma térmica. A energia disponível corresponde ao somatório da energia potencial (carga/altura), e energia cinética ($v^2/2.g$).

De acordo com LENCASTRE (1996, p. 49-50) «A energia ou trabalho, W , define-se na mecânica como o produto de uma força por um deslocamento. As suas dimensões são, pois, L² MT⁻². A unidade de energia, no Sistema Internacional é o joule, J . Nos problemas de hidráulica, a energia reporta-se, em geral, (...), à unidade e peso (força) escoado, designando-se simplificada por carga, E , a qual tem, conseqüentemente, as dimensões em um comprimento. No Sistema Internacional exprime-se em metros. Se a partícula estiver animada de velocidade, V , a sua energia cinética é $W_c = \frac{1}{2} V^2$. A energia cinética por unidade de peso será então, designanda por e o volume da partícula:

$$E_c = \frac{W_c}{\gamma e} = \frac{1}{2} \cdot \frac{mV^2}{\gamma e} = \frac{1}{2} \frac{\rho}{\gamma} V^2 = \frac{V^2}{2g}$$

Equação 34 – Carga cinética.

(...) anteriormente, que a energia potencial de posição da unidade de peso escoado era z , assim como a energia potencial de pressão era ρ/γ . Assim, uma partícula de líquido animada de velocidade, V , sujeita a uma pressão, p ²⁸, e colocada a uma cota, z , acima de uma plano horizontal de referência tem, por unidade de peso, os seguintes tipos de energia ou carga que, por terem as dimensões de um comprimento, também se chamam alturas (tabela 28):

Tabela 28 – Tipos de energia / carga / alturas em hidrologia (Ext. de LENCASTRE, 1996, p. 50).

Tipo de carga	Denominação hidráulica	Representação
de posição	Cota acima dum plano de referência ou altura geométrica	$E_c = z$
de pressão	Pressão expressa em altura de líquido ou altura piezométrica	$E_p = \frac{\rho}{\gamma}$
Cinética	Altura cinética	$E_c = \frac{V^2}{2g}$

A energia total, por unidade de peso escoado, será então (eq. 35):

$$E = z + \frac{\rho}{\gamma} + \frac{V^2}{2g}$$

Equação 35 – Energia total.

A altura piezométrica representa a altura duma coluna de líquido capaz de, pelo seu peso, originar a pressão p . A altura cinética representa a altura, h , de que um elemento de fluido deve cair em queda livre, no vácuo, para atingir a velocidade V .

Em escoamentos uniformes e constantes, onde a energia cinética é constante é a mesma em vários pontos ao longo do canal fluvial (isto é, não ocorre mudança de velocidade com o tempo, em determinado ponto, (escoamento constante), nem mudança de velocidade com a distância ao longo do canal (escoamento uniforme)), o

²⁸ Supõe-se, quando nada se disser, que se trata de pressão relativa, isto é, medida em relação à pressão atmosférica.

declive da superfície da coluna de água é paralelo ao declive da linha de energia e é uma medida directa da perda/dissipação de energia (LEOPOLD, *et al.*, 1964, p. 161).

De acordo KNIGHTON (1984, pp. 54-55), em sistemas fluviais são relevantes três tipos de energia: potencial, cinética e térmica, sendo que somente as duas primeiras realizam trabalho mecânico, que pode assumir várias formas: trabalho realizado contra o cisalhamento viscoso e turbulência (fricção interna); trabalho realizado contra a fricção do perímetro molhado (no canal fluvial); trabalho realizado na erosão da superfície molhada (canal fluvial) e trabalho realizado no transporte de sedimentos (caudal sólido).

Considerando que a energia é usada para manter o escoamento contra a fricção interna e de fronteira, terá de ser alcançado um nível crítico de energia antes de determinado curso de água realizar trabalho de transferência e erosão, cujo conceito tem de ser incorporado nas equações de transporte de sedimentos (Bagnold, 1977). A água com uma massa m , que entra num curso de água a uma altura h acima de determinado datum (nível de base ou a próxima confluência de um afluente) possui energia potencial (eq. 36):

$$EP = m.g.h$$

Equação 36 – Energia potencial.

onde g é a constante da gravidade.

À medida que a água progride para jusante a energia potencial ou de posição é gradualmente convertida em energia cinética (eq. 37):

$$EC = \frac{1}{2}.m.v^2$$

Equação 37 – Energia cinética.

onde v é a velocidade média. Em sistemas conservativos é aplicável o princípio da conservação da energia (eq. 38):

$$EP + EC = constante$$

Equação 38 – Conservação da energia.

Assim, entre dois pontos, a perda de energia potencial corresponde a um ganho equivalente de energia cinética. Ainda de acordo com o mesmo autor, podem ser desenvolvidos modelos relativamente simples para descrever o comportamento do sistema, porém, o sistema fluvial é não conservativo. A fricção gerada faz com que parte da energia mecânica disponível seja dissipada na forma de calor que não pode realizar trabalho mecânico, pelo que as formulações dos princípios da mecânica, não podem ser aplicados directamente na resolução de problemas sem se fazerem suposições genéricas.

LENCASTRE (1996, p. 186) refere que «No regime uniforme, a perda energia, i , por unidade de peso escoado e por unidade de comprimento de canal, pode ser calculada (...) por fórmulas do tipo das de Chézy ou de Manning-Strickler, entre outras. Em qualquer secção o valor de i é constante e a linha de energia é paralela ao fundo do canal.».

No que se refere à perda de energia no escoamento, LEOPOLD, *et al.* (1964, pp. 160-161) refere que os sedimentos/detritos, para além de preencherem o canal fluvial determinam a natureza da fronteira do canal fluvial, ademais, o efeito dos detritos e a modificação do tipo de detrito no canal fluvial, são fenómenos hidráulicos que se reflectem na resistência ao escoamento. Em canais fluviais naturais a resistência total pode ser expressa pelo parâmetro η de *Manning*, que inclui a dimensão da partícula (sedimento), vegetação, curvatura, obstáculos e o

efeito da mudança de formas do leito do canal fluvial, gerados pela dinâmica de ondas de areia ou silte, ou outras formas, de acumulação ou ablação. Tal como no caso vertente, em geomorfologia, a interacção entre a superfície e o agente morfogenético, é medido ou registado em termos de resistência. Por este motivo, a resistência ou perda de energia é de especial interesse em geomorfologia, seja dinâmica, climática ou estrutural. Também refere que a resistência hidráulica em canais fluviais abertos pode ser subdividida em três tipos: superficial ou de fricção, distorção interna, descarga.

4.5.1.2 Cinemática – os tipos de movimentos de escoamento

O escoamento em canais fluviais em superfície livre é submetido a duas forças principais: acção da gravidade, que actua na direcção e sentido de escoamento que move a água com determinada aceleração de $g \sin \beta$ onde g é aceleração da gravidade ($9,81 \text{ m.s}^{-1}$), e β o ângulo do declive da forma de vertente canal fluvial, e a fricção, entre a água e as fronteiras do canal, que contraria/cria resistência ao movimento descendente, que conjugadas, determinam a competência do canal fluvial para erodir e transportar sedimentos. A acção da gravidade actua na vertical. Em planos inclinados existe uma componente tangencial da força de gravidade. Considerando um plano inclinado, uma força gravitacional exercida e igual ao peso de determinado corpo em repouso, a força de fricção é superior à força de gravidade. Se não houver fricção o corpo inicia o movimento de descida sob a acção da componente tangencial do seu peso e aceleração da gravidade (KNIGHTON, 1984, p. 47). De acordo com LEOPOLD, *et al.* (1964, p. 152), se um corpo em movimento descendente, ao longo de um plano inclinado, viaja a velocidade constante (sem aceleração), então a força de fricção igual e contrária à componente tangencial de descida do peso do corpo deverá actuar sobre o mesmo. Estes princípios são aplicáveis à água escoada em canais. O declive da superfície da água é comparável ao plano inclinado, a força exercida pela gravidade, que tende a mover a água para jusante, é a componente tangencial do peso da água. A força de resistência exercida sobre a água pelo leito e margens do canal fluvial é a tensão de cisalhamento/corte. A capacidade de a água em movimento entalhar um canal, transportar sedimentos/detritos e degradar a paisagem depende destas duas forças: a gravitacional que impele e a resistência oferecida à mesma.

QUINTELA (2009, p. 41), refere que «Um escoamento uniforme é um movimento permanente em que a velocidade é constante ao longo de cada trajectória (a velocidade é considerada como entidade vectorial, sendo, portanto, constante em módulo e direcção (...)). As trajectórias num movimento uniforme são rectilíneas.»

LENCASTRE e FRANCO (2010, p. 134) referem que «Chama-se movimento ou regime permanente aquele cujas características em cada ponto não variam com o tempo. Serve de exemplo de regime permanente o escoamento laminar através de um tubo, cuja secção não varie com o tempo, e em que a diferença de nível dos planos de água a montante e a jusante do tubo se mantenha constante. Chama-se movimento ou regime variável aquele cujas características em cada ponto dependam do tempo. Serve de exemplo um caso semelhante ao anterior, mas em que a diferença de nível referida varie com o tempo, como sucede no esvaziamento dum reservatório. De acordo com a definição dada, o escoamento turbulento nunca seria permanente. Considera-se, porém, quase-permanente ou quase-estacionário o escoamento turbulento em que o valor médio da velocidade é o mesmo, qualquer que seja a origem dos tempos que se considere para a contagem do tempo t necessário à determinação desse valor médio. Por simplicidade, estes movimentos costumam chamar-se permanentes. No caso

das características hidráulicas do escoamento em regime permanente não variarem de secção para secção, mantendo-se constantes ao longo de todo o escoamento, tem-se o movimento ou regime uniforme.».

Ainda a propósito dos tipos de movimento, em superfície livre, LENCASTRE (1996, p. 185) refere que «Num canal suficientemente longo, e com inclinação, secção, rugosidade e caudal constantes, acaba sempre por se estabelecer o regime uniforme, em que as perdas por atrito são inteiramente compensadas pela inclinação do fundo. A existência de uma singularidade (estreitamento, alargamento, descontinuidade da soleira, etc.) provoca, como nos escoamentos em pressão, uma perda localizada de energia, mas além disso, como consequência, uma alteração da superfície livre. O regime deixa de ser uniforme, e passa a chamar-se variado²⁹. Quando as velocidades são crescentes no sentido do movimento, este diz-se acelerado; quando são decrescentes, o movimento diz-se retardado. Os movimentos variados podem dividir-se em dois grandes grupos: os movimentos gradualmente variados, em que os parâmetros hidráulicos só mudam muito lentamente numa secção para outra e, por isso, se estendem a distâncias por vezes consideráveis, dando origem a curvas de regolfo³⁰; os movimentos rapidamente variados, em que se verifica uma evolução rápida, e às vezes descontínua, das características do escoamento, e por isso ocupam, em geral, uma zona relativamente pequena, sendo os mais importantes o ressalto hidráulico, a queda brusca (de entre as quais merecem especial referência as soleiras descarregadoras) e as contracções. As equações fundamentais, que permitem o estudo do regime permanente, são as equações gerais (...) equação de continuidade, teorema de Bernoulli associado às equações das perdas de energia e teorema de Euler.».

Assim, de forma sintética, os escoamentos em canais fluviais abertos podem ser classificados em vários tipos baseados em quatro critérios (tabela 29), em função da sua cinemática (ibidem, 1984, p. 48).

Tabela 29 - Tipos de movimentos de escoamento em canais abertos. (Modificado de KNIGHTON, 1984, p. 48; SIMONS, D. B., in CHORLEY, 1969, p. 125; LENCASTRE, 1996, p. 185).

Tipo ou «regime» de escoamento	Critério
Uniforme e Variado / não uniforme	A velocidade em determinada secção do canal é uniforme ou variada / não uniforme em função da posição / distância / espaço. O regime variado (acontece em cheias fluviais) pode assumir a forma de regime acelerado ou retardado.
Constante / Permanente e variável	A velocidade em determinada secção do canal é constante / permanente (é invariável com o tempo, em cada secção o caudal, a altura, a velocidade são constantes) ou variável em função do tempo (variação da velocidade no tempo / aceleração). Dentro deste regime pode ocorrer movimento variado ou uniforme, cujas características, em determinada secção, são função do tempo (existe distribuição de pressões hidrostáticas).
Parâmetro de escoamento	Variáveis que podem intervir num fenómeno hidrológico
Laminar e turbulento	Número de Reynolds ³¹ ($R_e = vR\rho/\mu$ ou $R_e = \frac{vD}{\nu}$) é < 500 / >2500, com fase de transição quando $500 < R_e < 2500$. É um parâmetro adimensional que mede a turbulência do fluxo. Permite descrever o tipo de escoamento e inclui os efeitos das características do escoamento (velocidade, profundidade) e características físicas do fluido (densidade e viscosidade). Em regime permanente estabelece a relação entre as forças de inércia e as de viscosidade.
Lento, crítico, rápido	Número de Froude ³² ($F = v/\sqrt{gd}$) é < 1 / > 1, com escoamento crítico quando $F = 1$. É um parâmetro adimensional, que relaciona em regime permanente as forças de inércia e as de viscosidade.

Legenda: v ou U , é a velocidade média; D , é o diâmetro hidráulico igual a $4R$, sendo R o raio hidráulico; $R = (w \cdot d / 2d + w)$, raio hidráulico, w , largura, d , profundidade da coluna de água; ρ , massa específica ou volúmica; μ ou ν coeficiente de viscosidade cinemática; g , constante da gravidade. A propósito da análise dimensional veja-se, por exemplo, LENCASTRE, 1996, pp. 13-14.

²⁹ Não confundir variado com variável. O movimento variado é, dentro dos regimes permanentes, o oposto do regime uniforme; o regime variável é o oposto do regime permanente, isto é, aquele cujas características, em determinada secção, são função do tempo.

³⁰ De acordo com DGRAH (1984, p. 456) «Um escoamento permanente gradualmente variado é designado por regolfo e o seu perfil superficial por curva de regolfo.».

³¹ REYNOLDS, O. (1842-1912).

³² FROUDE, W. (1810-1879).

De acordo com QUINTELA (1981, p. 113) o número de Reynolds pode ser definido quando as forças intervenientes sobre determinada partícula são as forças de pressão, forças de viscosidade e forças de inércia.

KNIGHTON (1984, p. 47-48) também refere que os modelos matemáticos simples podem ser construídos somente se o escoamento for assumido como uniforme e permanente, mas o escoamento em cursos de água naturais é caracteristicamente não uniforme e não permanente. Esta importante distinção funda-se entre o escoamento laminar e turbulento. De acordo com SIMONS, D. B. (*in* CHORLEY, 1969, pp. 125-126), quando o número de Reynolds é inferior a 500 prevalece o escoamento laminar, mas quando excede o valor de 750, prevalece o escoamento turbulento para condições de fronteira em superfícies lisas. Todavia, para canais fluviais naturais, o valor crítico ronda o valor de 500, devido à rugosidade do leito da entidade geomorfológica canal fluvial (veja-se também LEOPOLD, *et al.* (1964, p. 158). Este número pode ser definido como o resultado do confronto de duas forças (por um lado, a inércia, entendida como a resistência que um corpo oferece à alteração do seu estado de repouso ou de movimento, que é proporcional e depende da massa da partícula, animada de aceleração e por outro lado, a viscosidade, entendida como a resistência de fluidos à deformação, mensurável através da tensão de arrastamento ou tangencial nos líquidos em movimento (QUINTELA, 1981, pp. 2,4,5)). É um índice da importância relativa das forças de viscosidade (tabela 29, eq. 39):

$$Re = \frac{\text{Força de inércia}}{\text{Força de viscosidade}}$$

Equação 39 – Número de Reynolds.

Isto é, o número de Re , é um índice de importância relativa que não considera superfícies livres quando a natureza das forças intervenientes se limita à viscosidade e inércia, «... o que é o caso do escoamento de líquidos no interior de condutas ou em torno de obstáculos, desde que não esteja presente uma superfície livre, que determinaria a intervenção de forças de gravidade.» (QUINTELA, 1981, p. 115).

A propósito destas matérias, enquadradas no método hidráulico, veja-se também a boa síntese publicada em DÍEZ-HERRERO *et al.*, 2008, pp. 43-54).

LEOPOLD, *et al.* (1964, p. 158) refere que por os escoamentos em canais fluviais naturais (quase sem excepção) serem turbulentos, o efeito de resistência ou resistência produzida pela superfície de fronteira não é uma função do n.º de Reynolds, mas depende somente da relação da profundidade da coluna de água e dimensão dos elementos de rugosidade (rugosidade relativa). Adicionalmente existe resistência ao escoamento devida às formas de relevo de ablação e acumulação, porém, a resistência ao fluxo é determinada a partir de dados hidráulicos extraídos de relações observadas entre velocidade, profundidade e declive, onde já se incluem os efeitos de todos os tipos de rugosidade.

De acordo com QUINTELA (1981, p.115) o número de Froude pode ser definido quando as forças intervenientes sobre determinada partícula são as forças de pressão, forças de gravidade (ou seja, do peso) e forças de inércia.

De acordo com SIMONS, D. B. (*in* CHORLEY, 1969, pp. 126-127) o número de Froude descreve as condições de escoamento e é um índice que reflecte a influência da gravidade em situações de escoamento onde existe confronto entre superfícies gasosas e líquidas como em canais fluviais abertos (tabela 29, eq. 40, 41):

$$Fr = \left(\frac{\text{Força de inércia}}{\text{Força de gravidade}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Equação 40 – Número de Froude.

OU

$$Fr = \frac{\text{Velocidade de escoamento}}{\text{Velocidade de onda pequena de gravidade em água parada}}$$

Equação 41 – Número de Froude.

Conforme visto, um número de Froude de 1 indica escoamento crítico ($F_r=1$), inferior à unidade, indica preponderância das forças gravitacionais e logo, escoamento subcrítico e regime fluvial lento/tranquilo ($F_r < 1$), o tipo comum de escoamento turbulento, e valores superiores à unidade ($F_r > 1$) indica preponderância das forças inerciais e escoamento supercrítico e regime fluvial rápido/torrencial.

DGRAH (1984, p. 470) refere que «Consoante a altura do escoamento é superior ou inferior à altura crítica³³, o escoamento diz-se lento ou rápido. Empregam-se ainda as designações equivalentes de fluvial e torrencial, respectivamente.».

Resumindo, existem «...dois tipos de movimentos de fluidos: movimento laminar ou viscoso, em que cada partícula descreve uma trajectória bem definida, com velocidade unicamente no sentido do escoamento; movimento turbulento ou hidráulico (por ser o mais habitual nos fenómenos hidráulicos), em cada partícula, além da velocidade no sentido do escoamento, está animada de movimento de agitação, com velocidades transversais ao escoamento. A turbulência é fundamentalmente provocada pela viscosidade. Assim, o número de Reynolds é o parâmetro característico...» (LENCASTRE, 1996, pp. 23-24).

LENCASTRE (1996, p. 161), a propósito dos escoamentos com superfície livre, regime uniforme, refere que «Os escoamentos com superfície livre, como os escoamentos em pressão, continuam a ser caracterizados pelo número de Reynolds, que traduz a acção das forças de viscosidade. Porém, são também função do parâmetro adimensional que traduz a influência da gravidade e que, como se viu, se chama número de Froude.» A expressão do número de Froude também é conhecida por factor cinético, representa a relação entre velocidade do escoamento e a velocidade de propagação das pequenas perturbações.

REIS (2006, p. 513) refere que o «O escoamento em cursos de água naturais – rios, ribeiras, etc. – pode ser caracterizado pelas leis gerais dos escoamentos com superfície livre, ou seja, em que uma parte do perímetro se encontra em contacto com a superfície livre». Os escoamentos fluviais retratados referem-se a meios de circulação de superfície livre que podem ser caracterizados por possuírem regime de escoamento variável e permanente e regime variado e uniforme (LENCASTRE, 1996, 32-34).

De acordo com O'CONNOR, J. E. e WEBB, R. H. *in* BAKER *et al.* 1988, p. 394) para se determinarem perfis de coluna de água com escoamento gradualmente variado no espaço assume-se que a perda de carga em determinada secção transversal (de fluxo gradualmente variado) é a mesma para um escoamento uniforme com velocidade e raio hidráulico da mesma secção. Esta situação possibilita o uso de fórmulas de fluxo uniforme para avaliar o declive de energia em cada secção transversal, isto é, de coeficientes de fricção de fluxo uniforme são

³³ Altura crítica: grandeza característica do regime crítico, tal como a velocidade crítica e energia específica crítica. Corresponde à menor energia específica com que o caudal se pode escoar na secção considerada (DGRAH, 1984, p. 469).

aplicáveis para condições de fluxo variadas. Ainda segundo os mesmos autores, sob estas condições a equação de energia unidimensional é apropriada para a resolução dos perfis aos fluxos.

As suposições e limitações das técnicas de modelação de fluxos em canais fluviais abertos impõem constrangimentos na sua aplicação a canais fluviais naturais se se quiserem resultados precisos. As suposições básicas de escoamento constante, gradualmente variado, implicam, para pequenos incrementos de canal que: (i) o fluxo seja constante, isto é, as características hidráulicas do fluxo mantêm-se constantes para intervalo de tempo considerado; e (ii) as linhas de fluxo (*streamline*, que correspondem a curvas instantaneamente tangentes ao vector de velocidade do fluxo, e que por isso, apresentam a direcção de determinada partícula/elemento no fluido em qualquer ponto no tempo) são paralelas, isto é, a distribuição hidrostática da pressão permanece ao longo da secção do canal fluvial. Para aplicação destas suposições, considera-se que: o caudal tem de ter duração suficiente para abranger o troço de canal fluvial modelado, e que as secções transversais ao canal fluvial estão distanciadas/separadas o bastante atendendo a que as características do fluido não devem variar significativamente entre as secções. Para geometrias de canal fluvial muito complexas a suposição para escoamento unidimensional gradualmente variado pode não ser válido, mesmo tendo em atenção a extensão das secções do canal fluvial modelado (ibidem, *in* BAKER *et al.* 1988, p. 395).

4.5.1.2 Velocidade e resistência em escoamentos fluviais

De acordo KNIGHTON (1984, pp. 49, 50) a velocidade é uma quantidade vectorial com magnitude e direcção e é uma das propriedades mais sensíveis e variáveis devido à sua dependência da maior parte dos factores que caracterizam canais fluviais de superfície livre. A velocidade varia em quatro dimensões:

a) com a distância ao leito do canal fluvial. Para além da variação relacionada com o tipo de escoamento (laminar ou turbulento), a forma do perfil de escoamento é fortemente influenciado pela dimensão (D) dos elementos do leito do canal fluvial e profundidade da coluna de água (d). Poderá ser mensurada através de um índice de rugosidade relativa (d/D). Para determinada profundidade da coluna de água quanto maior a rugosidade dos elementos, maior é o gradiente da velocidade em direcção ao leito do canal fluvial, todavia, considerando que o leito dos canais possuem detritos de dimensões variáveis, o problema é a selecção de clastos representativos da resistência ao escoamento;

b) com a distância transversal ao curso de água. A velocidade aumenta em direcção ao centro do canal fluvial à medida que o efeito de fricção das margens do canal diminui, porém, o grau de simetria das isotáquias será variável em função do alinhamento e forma do canal fluvial. O padrão de distribuição da velocidade em canais fluviais meandrantes será assimétrico com a corrente de água a mover-se em direcção às margens (para o exterior). A forte correlação entre distribuição da velocidade, forma da secção transversal, e tendência erosiva é realçada pela distinção basilar entre canais fluviais largos, pouco profundos, onde o gradiente da velocidade é superior e as condições de fronteira da tensão de cisalhamento (distribuição e magnitude) também. A distribuição da uniformidade da tensão tangencial ou de arrastamento (isto é, força de arrastamento por unidade de área, que é proporcional ao gradiente de velocidade, vide QUINTELA, 1981, p. 5) em secção transversal aumentará à medida que o número de Reynolds aumenta, pois para elevados números de Reynolds a capacidade da circulação secundária diminuir a uniformidade (velocidade do escoamento com a posição) da distribuição é reduzida;

c) para jusante, incluindo variações locais, onde a mudança da velocidade no perfil longitudinal do curso de água possui elevado interesse geomorfológico no que se refere ao perfil de equilíbrio do mesmo. Apesar do declive diminuir, a velocidade tende a manter-se constante ou até a aumentar à medida que o canal fluvial se torna mais eficiente e a resistência diminui, para jusante. Para além da variação da velocidade poder ocorrer entre cursos de água e ao longo dos mesmos, é um dos parâmetros que pode ser ajustado para incorporar o acréscimo de escoamento fluvial para jusante;

d) com o tempo, sendo que, a escalas temporais curtas a velocidade média é fortemente influenciada pela turbulência inerente ao escoamento e a escalas temporais longas, a velocidade responde a flutuações do escoamento. O aumento da profundidade com o caudal tende a atenuar a rugosidade dos elementos do leito do canal fluvial e consequentemente, tende a aumentar a velocidade. A velocidade é um parâmetro altamente variável no tempo e no espaço, cujo carácter daquela variação, influencia os processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos.

De acordo com KNIGHTON (1984, p. 50) a velocidade do escoamento está directamente relacionada com a resistência ao fluxo, um dos elementos na interacção entre escoamento de fluidos e a superfície do canal fluvial. Uma das equações de resistência ao fluxo é a de Manning-Strickler (eq. 42):

$$V = \frac{K \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}}{\eta}$$

Equação 42 – Resistência ao fluxo.

onde V é a velocidade média; $K = 1$ no sistema métrico, S o declive do gradiente de energia; η o coeficiente de resistência; R o raio hidráulico.

De acordo com THOMPSON *et al.* (1986, p. 160) referem que η varia em função de factores como a dimensão dos detritos do leito fluvial, tipo de vegetação presente, perfil transversal e longitudinal do canal. A propósito da equação 342, os mesmos autores referem que apesar da mesma fornecer um primeiro entendimento das relações entre forma do canal e fluxo de água, é válida apenas para escoamentos uniformes e sem a incorporação de sedimentos (caudal sólido) no fluxo.

De acordo com REIS, 2006, a estimativa da velocidade média em determinado curso de água permite conhecer a curva de vazão, o caudal de cheia e as condições necessárias ao início do movimento do material de fundo. A fórmula empírica de Manning, pode ser utilizada para a sua determinação em escoamentos turbulentos vide outra forma de apresentação (eq. 43):

$$\bar{V} = \frac{R^{2/3} \cdot di^{1/2}}{K_s}$$

Equação 43 – Determinação da velocidade média do escoamento.

em que \bar{V} é a velocidade média para toda a secção (m/s); d_i (m/m) o declive médio longitudinal do talvegue do troço para montante da secção.

A partir da mesma equação pode-se determinar o caudal, vide RICHARDS (1977, p. 72) (Eq.44):

$$Q = \frac{A_s \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}}{\eta}$$

Equação 44 – Caudal em escoamento livre uniforme.

em que: Q é o caudal em $m^3 \cdot s^{-1}$, η o coeficiente de rugosidade de Manning ($m^{1/3}s^{-1}$) (que se determina pela expressão $\eta = \frac{1}{K_s}$ e que corresponde ao inverso do coeficiente K_s , vide LENCASTRE, 1996, p. 167, cuja utilização acontece na aplicação da mesma equação em monómio, e portanto, susceptível de cálculo logarítmico, vide LENCASTRE, 1996, p. 115), A_s a área da secção molhada (m^2), R raio hidráulico (m), e i a perda de carga unitária (m/m).

Conforme se sabe, define-se caudal Q como o volume de fluido escoado através de uma secção recta, na unidade de tempo, exprimindo-se, geralmente, em litros por segundo (l/s), litros por minuto (l/min), metros cúbicos por segundo (m^3/s) ou em metros cúbicos por hora (m^3/h) (LENCASTRE e FRANCO, 2010, p. 137). Pode ser determinado através do produto da área pela velocidade, vide, por exemplo, LENCASTRE e FRANCO (2010, p. 137); DUNNE e LEOPOLD (1978, p. 592); RAMOS (2005, p. 59); CHRISTOFOLETTI (1981, p. 67); CHORLEY (1969, p. 135); SHAW (1994, pp. 120-121); LEOPOLD *et al.* (1964, p. 269), em que os últimos autores, a propósito de um conjunto de equações hidráulicas que influem sobre as modificações para jusante, referem que uma de três relações hidráulicas pressupõe haver o conceito de continuidade, pois o débito resulta do produto da área da secção transversal pela velocidade (eq. 45):

$$Q = A \cdot U$$

Equação 45 – Determinação do caudal.

onde A é a área da secção transversal; U a velocidade.

O Raio Hidráulico é definido pela razão entre a área (A_s) e o perímetro molhado (P_s) da secção transversal, constituindo este a extensão de contacto entre a água e a parte sólida da secção transversal, pelo que se exclui a superfície em contacto com a atmosfera. O valor de R (m) calcula-se a partir das seguintes características morfométricas da secção de escoamento (eq. 46):

$$R = \frac{A_s}{P_s} = \frac{b \cdot h_u}{b + 2 \cdot h_u}$$

Equação 46 – Raio hidráulico.

em que P_s é o perímetro molhado da secção, b é a largura da secção, h_u é a altura uniforme da superfície livre relativamente ao talvegue.

A propósito do coeficiente K_s (com dimensões $L^{1/3}T^{-1}$), LENCASTRE (1996, p. 167) refere que «A rugosidade dos canais, em material não coerente, é função do diâmetro médio das partículas e do raio hidráulico. Será aproximadamente:

$$K_s = \frac{1}{n} \sim 26 \left(\frac{1}{d_{65}} \right)^{1/6} m^{1/3}/s$$

Equação 47 – Coeficiente de rugosidade, K_s de Strickler, para canais em material não coerente.

Em que d_{65} é o diâmetro, em metros, a que corresponde 65% de material de diâmetro inferior. Esta expressão, deduzida experimentalmente por Strickler, é válida para $4 < R/k < 4000$, sendo R o raio hidráulico e k a rugosidade de Nikuradse, que se pode tomar igual a d_{65} .

Considerando que em função da altura da coluna de água o leito de determinado curso de água natural possui sedimentos de diferente dimensão, entre o talvegue e margens, para além do efeito das plantas, a rugosidade será necessariamente anisotrópica numa mesma secção. A fórmula de Einstein (QUINTELA, 1981 e LENCASTRE, 1983, citado em REIS, 2006, p. 529) tem em conta o efeito da distribuição não uniforme da rugosidade com a variação da altura da coluna de água:

$$K_s = \left(P / \sum \frac{P_j}{K_j^{2/3}} \right)^{2/3}$$

Equação 48 – Rugosidade considerando a sua distribuição não uniforme.

em que: P é o perímetro molhado, K_j é a rugosidade associada ao segmento P_j que é cada segmento de perímetro.

A distribuição espacial da velocidade de escoamento, em determinada secção de um curso de água, varia horizontal e verticalmente, pelo menos, em função da forma, sinuosidade, rugosidade, declive e caudal sólido em suspensão (sedimentos), e constitui um parâmetro³⁴ significativo na avaliação da dinâmica fluvial (à semelhança do declive, caudal líquido e sólido).

Todas as equações de resistência ao fluxo assumem que a resistência é característica de um fluxo constante e uniforme, todavia, em canais fluviais naturais com superfícies erodíveis a problemática da resistência é mais complexa.

Por outro lado, a propósito do tipo de substrato, que influi nas condições de escoamento, KNIGHTON (1984, p. 86) refere que os canais fluviais podem ser classificados em coesivos ou não coesivos (tabela 30).

Tabela 30 - Tipos de canais fluviais em função da coesão do substrato.

Categoria 1	Categoria 2	Características
A. Coesivo	A.1. Canal com leito rochoso	Cobertura não coerente de materiais não consolidados; geralmente segmentos pequenos, concentrados em troços declivosos de cabeceiras de vale.
	A2. Canal com leito silto-argiloso	As fronteiras (superfície) possuem elevada natureza silto-argilosa, conferindo vários graus de coesão; a resistência é controlada por forças intergranulares.
B. Não-coesivo	B1. Canal com leito arenoso	O leito actual é composto por material arenoso que é transportado por diversas magnitudes de escoamento.
	B2. Canal com leito com cascalho	Leito com cascalho ou seixo que são transportados somente com maiores escoamentos
	B3. Canal com leito com blocos	Composto por partículas grandes (> 256 mm) que são movimentadas com pouca frequência; gradação para A1.

Os ajustamentos da geometria interna do sistema fluvial envolvem um conjunto de variáveis cuja interdependência nem sempre é clara pois a função de uma única variável não é facilmente isolada. Para facilitar a problemática podem-se agrupar as variáveis pertinentes KNIGHTON (1984, p. 71), vide tabela 31. Todavia, poderá efectuar-se distinção entre geometria do escoamento e geometria do canal (KNIGHTON, 1984, p. 88):

³⁴ De acordo com o Plano Nacional da Política de Ambiente (RCM n.º 38/1995, de 21/04), define-se parâmetro ambiental como sendo: uma grandeza que pode ser medida com precisão, ou avaliada qualitativamente, e que se considera relevante para a caracterização do estado do ambiente. A temperatura, o teor de uma substância perigosa ou a população de uma dada espécie são exemplos de parâmetros ambientais. Estes parâmetros, entendidos num sentido ambiental restrito, podem ser físicos, químicos e biológicos. Num sentido mais amplo, podem considerar-se também parâmetros socioeconómicos relevantes para a caracterização de um estado sistema ambiental.

a) a geometria do escoamento inclui a interação ente variáveis dependentes e semi-dependentes durante modificações temporais de débito, com ênfase na secção transversal e troços de canal;

b) geometria do canal, que diz respeito à forma tridimensional do canal fluvial modelada durante determinado período de tempo de forma a acomodar as condições médias de caudal líquido e sólido.

Os dois estão interligados. A geometria do fluxo/escoamento está associada a respostas de curto prazo.

Tabela 31 - Variáveis pertinentes no transporte de sedimentos pelo canal.

Propriedades do escoamento	Propriedades do fluido	Propriedades do sedimento	Outras propriedades
Caudal (Q)	Viscosidade cinemática (ν)	Densidade (ρ_s)	Gravidade (g)
Velocidade (v)	Densidade (ρ)	Tamanho (D)	Geometria em planta
Profundidade da coluna de água (d)	Temperatura (T)	Calibragem (σ)	
Largura (w)	Caudal sólido (C)	Velocidade de queda (Vs)	
Declive (s)			
Resistência (ff)			

Conforme já expresso, um curso de água deve satisfazer três condições físicas no ajustamento do escoamento: equação da continuidade, resistência ao fluxo (por exemplo a equação de Manning-Strickler) e a equação do transporte de sedimentos (KNIGHTON, 1984, p. 88).

Num sistema com n variáveis, n equações independentes são necessárias para a solução de um único problema. O escoamento líquido e sólido como variáveis independentes, resistência e dimensão dos detritos como semi-independentes, e largura da superfície de água, profundidade do escoamento, velocidade, declive e padrão de escoamento como variáveis dependentes. A correlação entre os parâmetros velocidade média, profundidade média e largura da corrente de água constituem parte da denominada geometria hidráulica do canal fluvial (LEOPOLD *et al.* 1964, pp. 215-227; KNIGHTON, 1984, pp. 88-89; LEOPOLD e MADDOCK (1953).

Com o aumento do débito, em determinada secção transversal, a largura, profundidade média e velocidade também aumentam como funções de potência. Assim, os parâmetros de ajustamento do canal fluvial podem ser aproximados através da técnica conhecida por geometria hidráulica (eq. 49 a 55 e tabela 32):

$$w = aQ^b$$

Equação 49 – Largura da secção.

$$d = cQ^f$$

Equação 50 – Profundidade média.

$$v = kQ^m$$

Equação 51 – Velocidade média.

$$s = gQ^z$$

Equação 52 – Declive do canal fluvial / gradiente energético.

$$n = tQ^y$$

Equação 53 – Constante do factor de rugosidade.

$$ff = lQ^p$$

Equação 54 – Factor de fricção de Darcy-Weisbach.

$$L = pQ^j$$

Equação 55 – Caudal sólido em suspensão.

Tabela 32 - Coeficientes numéricos e índices da geometria hidráulica.

a	Coeficiente da largura em unidades de débito	n	Constante do factor de rugosidade (<i>n</i> de Manning ou factor de fricção de <i>ff</i> de Darcy-Weisbach)
b	Expoente que expressa a relação largura - débito	p	Coeficiente que representa a carga sedimentar
c	Coeficiente que representa a profundidade em unidades de débito	Q	Caudal fluvial em cfs
d	Profundidade média	s	Declive do canal fluvial / gradiente energético
f	Expoente que expressa a relação profundidade - débito	t	tempo
j	Expoente na relação carga sedimentar / débito	v	Velocidade
k	Coeficiente que representa a velocidade em unidades de débito	w	Largura
L	Caudal sólido em suspensão, peso por unidade de tempo	y	Expoente que expressa o coeficiente de <i>n</i> Manning e o caudal, forma do canal e profundidade da coluna de água
m	Expoente que expressa a relação velocidade - débito		

Os caracteres *a*, *c*, *k*, *p*, *b*, *f*, e *j* são constantes numéricas. Os expoentes *b*, *f*, e *m* descrevem a geometria do canal e a resistência à erosão associada à natureza do leito e margens. A partir da equação da continuidade tem-se (eq. 56):

$$Q = w.d.v = aQ^b .cQ^f .kQ^m$$

Equação 56 – Equação da continuidade aplicada à geometria hidráulica.

em que (eq. 57, 58):

$$a.c.k = 1$$

Equação 57 – Coeficientes da geometria hidráulica.

$$b + f + m = 1$$

Equação 58 – Expoentes da geometria hidráulica.

Os gráficos onde se cruzam valores das várias características do canal fluvial e caudal em determinada secção transversal de um troço de canal fluvial denominam-se curvas de estação, para diferenciar daquelas de gráficos similares que visam descrever como se modificam os parâmetros de secções longitudinais, no sentido jusante, à medida que o caudal aumenta, por sucessiva contribuição dos afluentes e respectivos subafluentes.

O produto da largura pela profundidade média é a área da secção transversal da corrente de água, o caudal é o produto da velocidade média e área da secção transversal do fluxo. Estas relações demonstram que quando dois canais fluviais têm a mesma taxa de aumento de largura com o caudal (mesmo valor do expoente *b*), se um possui uma taxa maior de aumento de profundidade (valor maior de *f*), terá de existir uma taxa menor de aumento de velocidade com o caudal. A apresentação de vários valores dos expoentes das equações da geometria

hidráulica para diferentes grupos de dados, na sequência de vários estudos, pode ser consultado em LEOPOLD *et al.* 1964, p. 242.

Considerando que num troço de canal fluvial / estação ou determinada secção de perfil transversal tem de transmitir quantidades variáveis de água encaminhada de montante, com diferentes caudais, a velocidade média observada, profundidade média, e largura da água corrente reflectem as características hidráulicas da secção transversal do canal fluvial, constituindo a geometria hidráulica de LEOPOLD e MADDOCK, 1953 (LEOPOLD *et al.*, 1964, p. 215). A comparação de várias secções transversais ao longo de um curso de água é adequado se a comparação é feita para um escoamento com determinado intervalo de recorrência ou frequência de escoamento.

Por outro lado, o caudal significativo ou efectivo em geomorfologia fluvial é aquele que constrói ou conserva o canal fluvial, que aparentemente corresponde ao caudal próximo do caudal de margens plenas (*bankfull discharge*), que num número significativo de cursos de água corresponde a um período de recorrência de 1,5 anos.

A variação das características hidráulicas no sentido do escoamento ou na secção de perfil longitudinal pode ser considerada função das variáveis: Q caudal, G sedimentos (descarregados no canal), D dimensão dos detritos, n resistência ao fluxo, v velocidade, w largura, d profundidade, s declive (LEOPOLD *et al.*, 1964, pp. 241, 251). Geralmente as modificações acompanhadas de deposição são de tal forma que a redução do declive é compensada pelo aumento da profundidade ou por modificações noutros factores que mantêm a continuidade da transferência / transporte da água e sedimentos (LEOPOLD *et al.*, 1964, p. 261).

4.6 Método Hidrológico-Hidráulico

O método hidrológico-hidráulico recorre a várias técnicas que culminam na realização de modelação hidráulica do escoamento recorrendo a programas computacionais. O programa utilizado neste estudo foi o HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center – River Analysis System*) desenvolvido pelo HEC pertencente ao *U.S. Army Corps of Engineers* (USACE). O HEC-RAS é um programa informático que executa a modelação unidimensional do escoamento com superfície livre em regime permanente ou variável.

A fig. 43 apresenta sob a forma de fluxograma o procedimento utilizado, de forma sintética, no presente estudo.

Salienta-se que previamente ao uso do programa torna-se necessário preparar uma série de dados – geométricos e de escoamento – referentes às áreas contributivas na área do PUO e relativos ao próprio troço dos canais a modelar.

Devido à inexistência de cartografia de pormenor optou-se por modelar apenas a bacia fluvial associada ao canal fluvial principal, uma vez que a existente não possui o detalhe necessário do ponto de vista topo-batimétrico.

Por outro lado, não obstante a C.M.O. possua o cadastro das obras de arte para atravessamentos hidráulicos, tornou-se inglória a possibilidade de as integrar no modelo pois não possui a área da secção do canal

fluvial, que apresenta diversas singularidades, como por exemplo pilares de formas complexas e assim como, formas complexas, não ortogonais no trecho canalizado.

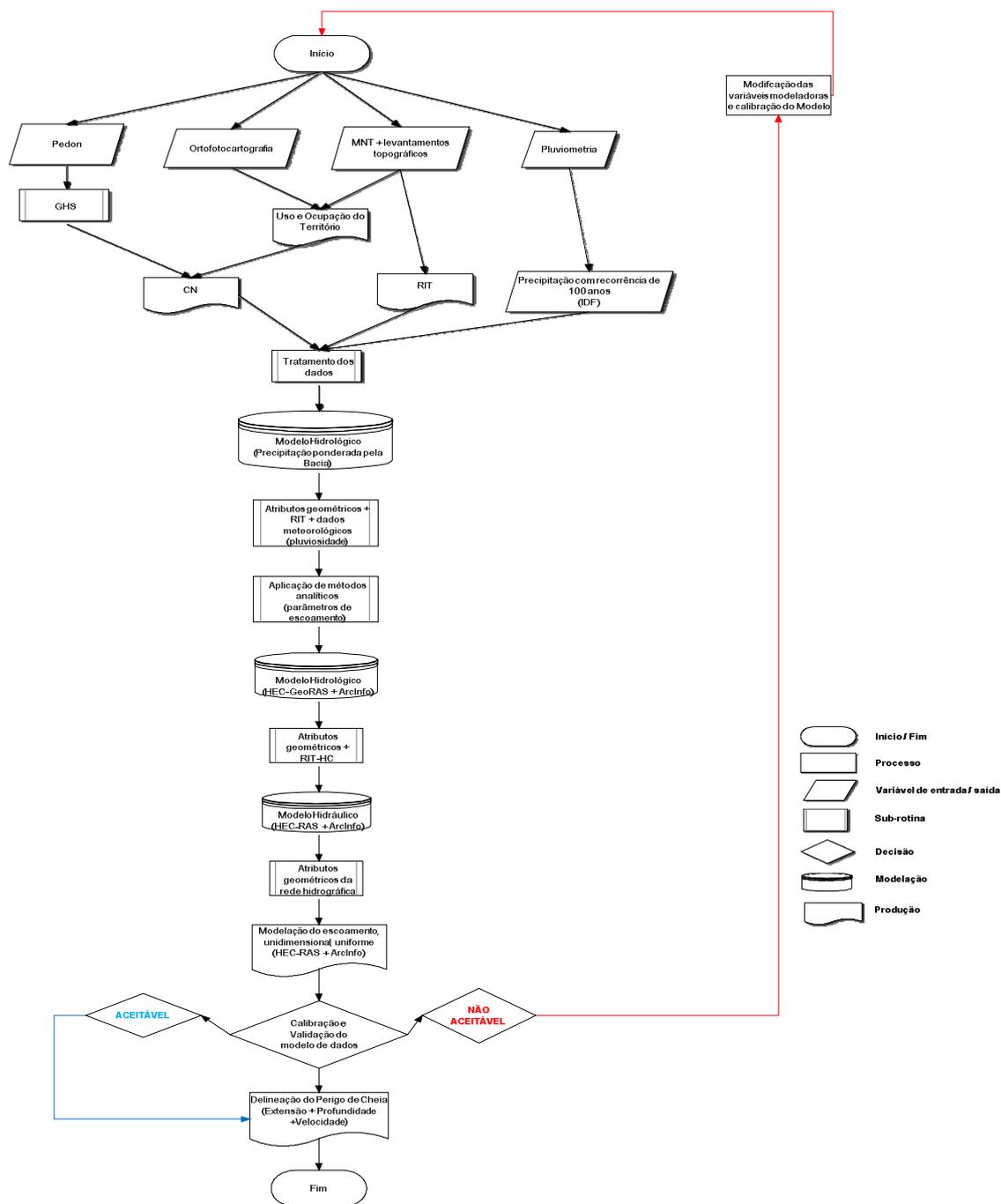


Figura 43- sequência metodológica do método hidrológico-hidráulico.

4.6.1 Estimação do caudal de ponta de cheia

As bacias vertente (BV) que contribuem para o escoamento na área alvo de modelação hidráulica são 5 e situam-se conforme ilustradas na figura 44, nomeadamente:

- a montante do PUO, junto à embocadura dos rib.^{os} de Cuvo e Alvega (BV 1);
- a montante do PUO, junto à ponte dos Namorados (BV 2);
- a montante da Ponte dos Cónegos (BV 3);
- a montante da ponte Nova, perto do limite Sul do PUO (BV 4);
- a montante da ponte do Carregal (BV 5).

Para cada uma delas procedeu-se à estimativa do caudal de ponta de cheia.

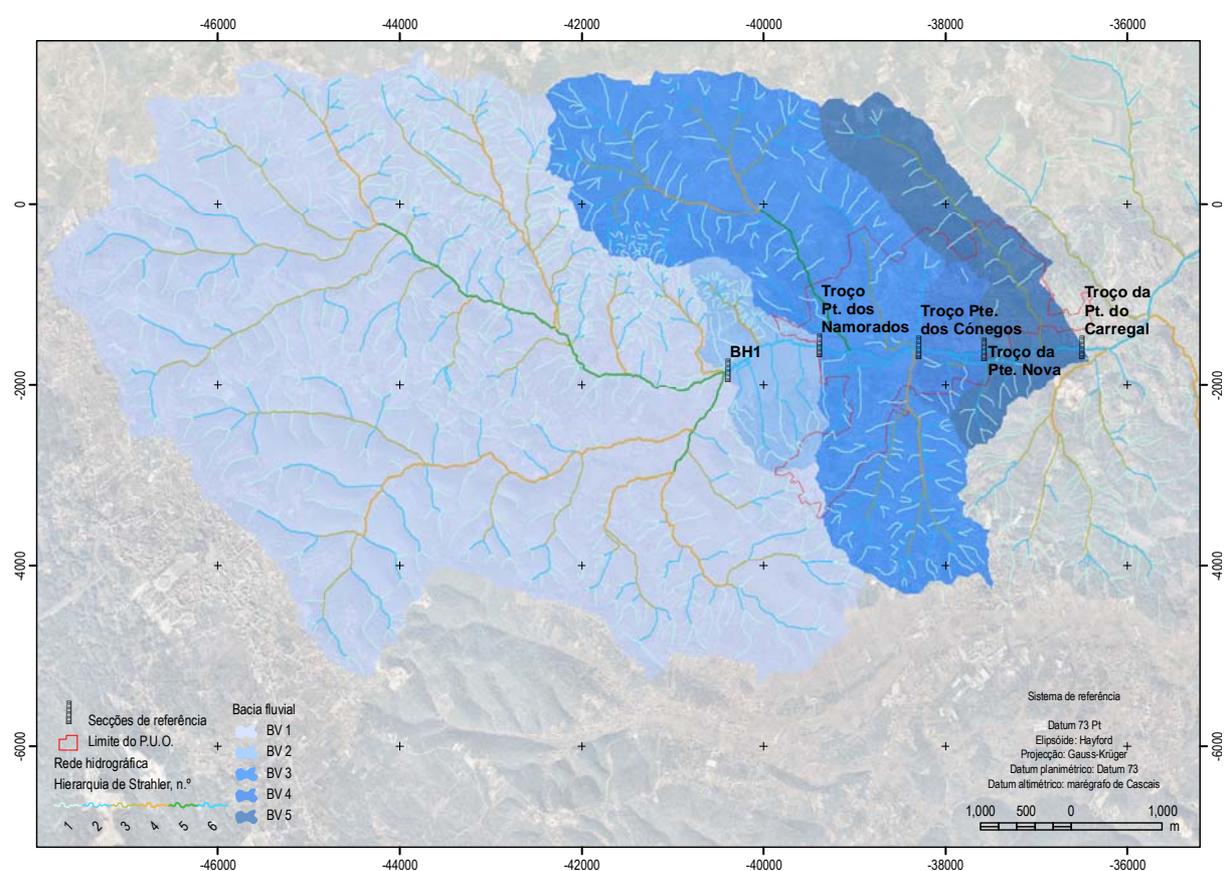


Figura 44- Localização das bacias fluviais até à secção de medição considerada.

A tabela 33 caracteriza as 5 bacias vertente, com alguns parâmetros que auxiliam no cálculo do tempo de concentração e do caudal de ponta de cheia.

Tabela 33 - Dados morfométricos das bacias vertente.

Parâmetros	Bacia hidrográfica da Rib. ^a de Seixa				
	BV 1 - Montante PUO (embocadura)	BV 2 - Pt. dos Namorados	BV 3 - Pt. dos Cónegos	BV 4 - Jusante PUO (Pt. Nova)	BV 5 - Pt. do Carregal
Área plana (km ²) – A	37,035	39,088	50,962	51,926	55,517
Perímetro (km) – P	34,366	34,266	37,114	37,683	37,392
Comprimento curso água principal (km) - L	8,743	10,054	11,328	12,088	13,295
Cota do início da linha de água principal (m)	355,000	355,000	355,000	355,000	355,000
Cota de saída da linha de água	151,000	142,600	135,500	131,700	126,000

Parâmetros	Bacia hidrográfica da Rib. ^a de Seça				
	BV 1 - Montante PUO (embocadura)	BV 2 - Pt. dos Namorados	BV 3 - Pt. dos Cónegos	BV 4 - Jusante PUO (Pt. Nova)	BV 5 - Pt. do Carregal
principal (m)					
Desnível da linha de água principal (m) - H	204,000	212,400	219,500	223,300	229,000
Declive médio do canal principal (%) - J	2,333	2,113	1,938	1,847	1,722
Declive médio do canal principal (m/m) - J	0,023	0,021	0,019	0,018	0,017
Altitude média da bacia (m) - $H_{méd}$	248,040	244,350	235,570	234,150	231,260
Número de Escoamento (AMC III) - CN	83,995	83,700	82,220	82,310	82,340

4.6.1.1 Tempo de concentração

De acordo com REIS (1996, p.183) «O tempo de concentração (T_c) é definido como o tempo que a água consome para atingir a desembocadura da bacia hidrográfica desde o ponto mais afastado, a partir do momento em que se iniciou a precipitação, o mesmo é dizer, o tempo necessário para que toda a bacia contribua para o escoamento na sua secção de referência. A noção de tempo de concentração é bastante importante na determinação de caudais de cheia que surgem quando uma chuvada mais intensa ocorre sobre uma bacia durante tempo igual ou superior ao tempo de concentração». Foi calculado recorrendo a três equações utilizadas a nível nacional e internacional (eq. 59, 60, 61, vide, por exemplo, LENCASTRE e FRANCO (2010, p. 288); CORREIA (1984, p. 13); REIS (1996, p. 183); RAMOS (2009, p. 44-45); VDOT (2001); MARTINS (2000), SCS (1973); SANTOS (2009); DÍEZ-HERRERO *et al.*, 2008, p. 63):

$$T_c = 0,3 (C_c / I^{0,25})^{0,76}$$

Equação 59 – Tempo de concentração de Temez (1978).

Relativamente à fórmula proposta por Temez (1978), REIS (1996, p. 184) refere que «... após ter sido testada em bacias americanas e espanholas, (...). Esta expressão tem sido considerada, recentemente, a que melhor se adapta às condições portuguesas (Correia, 1983, *in* Ramos, 1994), a qual já foi testada por vários autores no nosso país, nomeadamente nas pequenas bacias da região de Lisboa.».

$$T_c = 1,42 (C_c^3 / D)^{0,385}$$

Equação 60 – Tempo de concentração de Kirpich modificada.

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5 C_c}{0,80 \sqrt{\bar{H}}}$$

Equação 61 – Tempo de concentração de Giandotti.

onde T_c é o tempo de concentração; C_c é o comprimento do rio ou escoamento canalizado em km, desde a sua origem até à secção considerada; I é a inclinação média do curso de água principal em km/km; D é o desnível máximo em metros; A é a área da bacia em km²; \bar{H} é a altura média da bacia em metros na secção considerada, ou seja, a altitude média menos a cota do rio nessa secção.

A tabela 34 apresenta os valores obtidos para cada bacia vertente até à secção de medição considerada, tendo-se adoptado o valor da média aritmética.

Tabela 34 - Tempo de concentração (horas) por bacia vertente.

Método	Bacia hidrográfica da Rib.ª de Seiça				
	Troço 1 - Montante PUO (embocadura)	Troço 2 - Pt. dos Namorados	Troço 3 - Pt. dos Cónegos	Troço 4 - Jusante PUO (Pt. Nova)	Troço 5 - Pt. do Carregal
Giandotti	3,278	3,438	3,843	3,928	4,109
Temez	3,183	3,607	4,015	4,257	4,637
Kirpich Modificada	2,242	2,594	2,940	3,148	3,480
Tc médio (hr)	2,901	3,213	3,599	3,778	4,076
Tc médio (mn)	174,078	192,808	215,964	226,664	244,530

4.6.1.2 Caudais de ponta de cheia

Para a determinação do caudal de ponta de cheia recorreu-se a três equações normalmente utilizadas em estudos hidrológicos, vide por exemplo, LENCASTRE e FRANCO (2010, pp. 292-298, 302-304); RAMOS (2009, pp. 45-48); SANTOS (2009); SCS (1973, pp. 4, 8, 12); MATA-LIMA *et al.* (2006, p. 44); CORREIA (1984, p. 13); MARQUES e SOUSA (2009, p. 356-360); DÍEZ-HERRERO *et al.* (2008, p. 35):

São testadas três metodologias cinemáticas (SCS; Racional e Turazza-Giandotti), e duas não cinemáticas (Loureiro, que também é estatística, e Iskowski), pois fazem intervir ou não, de forma explícita ou implícita, o tempo de concentração (DGRAH, 1984, p. 674), e são ambas empíricas.

4.6.1.2.1 Fórmula do Soil Conservation Service

O caudal de ponta de cheia em m³/s, Q_p , segundo a fórmula do *Soil Conservation Service*, é calculado sequencialmente através de um conjunto de fórmulas que relacionam a área da bacia e a precipitação efectiva com o tempo de concentração (eq. 62):

$$Q_p = \frac{R \cdot A}{3,6 \cdot t_c} \quad \text{Equação 62 – Pré-determinação de caudal de ponta de cheia de do } \textit{Soil Conservation Service}.$$

onde A é a área da bacia em km² até à secção de medição considerada, T_c o tempo de concentração em horas, R é o escoamento acumulado a precipitação efectiva ou útil em mm, que para uma determinada altura de precipitação total, h , a altura de precipitação útil correspondente, R , é calculada de acordo com a expressão da eq. 63:

$$R = \frac{(p - I_a)^2}{(p - I_a) + S} \quad \text{se } (p > I_a)$$

$$R = 0 \quad \text{se } (p \leq I_a)$$

Equação 63 – Método *Soil Conservation Service*: precipitação efectiva/útil - R .

onde I_a em mm, exprime as perdas iniciais da chuvada, antes de se iniciar o escoamento de superfície, p , a precipitação acumulada, em mm. O valor de I_a é calculado pela eq. 64:

$$I_a = \frac{5080}{CN} - 50,8 \quad \text{Equação 64 – Método } \textit{Soil Conservation Service}: \text{perdas iniciais - } I_a.$$

em que CN é o número de escoamento, que depende do grupo hidrológico de solo, da sua utilização e das condições de superfície. Optou-se para fazer a correspondente condição de humedecimento do solo III (AMC III). É utilizado para estimar a porção da precipitação que não contribui imediatamente para o escoamento. A sua

cartografia é disponibilizada pelo Instituto da Água em estrutura matricial, para todo o país, contudo, optou-se por elaborar este tema a partir de cartografia de grande escala.

Após uma primeira iteração, foi necessário agravar as condições de escorrência superficial (CN) devido à incerteza gerada pelas áreas percorridas por incêndios florestais (tabela 35).

Tabela 35 – CN adoptado por estação de medição.

Bacia hidrográfica na secção de medição				
Troço 1 - Montante PUO (embocadura)	Troço 2 - Pt. dos Namorados	Troço 3 - Pt. dos Cónegos	Troço 4 - Jusante PUO (Pt. Nova)	Troço 5 - Pt. do Carregal
86,7	87,7	86,2	86,3	86,3

O parâmetro S é a capacidade máxima de armazenamento de água no solo (mm), expressa pela eq. 65:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Equação 65 – Método *Soil Conservation Service*: Capacidade máxima de retenção - S .

MATA-LIMA *et al.* (2006, p. 45) referem que «De acordo com CORREIA (1984a), para se atingir a situação de equilíbrio a duração da precipitação deve ser igual ou superior ao tempo de concentração da bacia. Visto que a condição de aplicação da equação (1b) é $P > I_a$, a duração da precipitação a considerar, para o autor, deve ser superior ao tempo de concentração de maneira que a duração da precipitação efectiva (também designada de precipitação útil) seja igual a esse tempo. Porém, a assunção de precipitações com intensidade constante e duração superior ao tempo de concentração da bacia conduz a diminuição do caudal de ponta de cheia por diminuição da intensidade média da precipitação (PORTELA *et al.*, 2000). Por esta razão, é amplamente sugerido em diversos trabalhos (e.g. PONCE, 1989; PILGRIN e CORDERY, 1992; VIESSMAN e LEWIS, 1996 e VDOT, 2001) que se considere que a precipitação de projecto (também designada por precipitação crítica) possui uma duração igual ao tempo de concentração da bacia. Assim, optou-se por considerar que a duração da precipitação (D_p) é igual ao tempo de concentração da bacia, sendo a precipitação acumulada (P) expressa pela equação...» 66:

$$P = D_p \left(\frac{I_p}{60} \right)$$

Equação 66 – Método *Soil Conservation Service*: precipitação acumulada - P .

sendo D_p a duração da precipitação, igual ao tempo de concentração, T_c , em minutos. De facto, para durações inferiores ao tempo de concentração, nem toda a bacia contribui para o caudal de ponta máximo, e para durações superiores, é menor a intensidade média de precipitação e, portanto, menor o caudal correspondente. A intensidade da precipitação I_p , em mm/h (eq. 67):

$$I_p = a \cdot (T_c)^b$$

Equação 67 – Intensidade de precipitação - I_p .

onde a e b são os parâmetros de regressão da curva Intensidade-Duração-Frequência (IDF) da precipitação calculados por BRANDÃO *et al.* (2001) para a estação de Coimbra (IG) para durações entre 0,5 e 6 horas e para um período de retorno de 100 anos; T_c é a duração da chuvada em minutos.

4.6.1.2.2 Fórmula de Loureiro

A fórmula de Loureiro (1984) resulta da regionalização dos valores dos caudais de ponta de cheia correlacionados com a área e localização das bacias hidrográficas do território português. Baseou-se na correlação entre os valores de caudais máximos instantâneos anuais, determinados para 55 estações hidrométricas a partir da Lei de Gumbel, com características físicas próprias das bacias, para diversos períodos de retorno. Esta fórmula permite transpor, para bacias análogas, mas sem registos hidrométricos, a avaliação de um caudal de cheia com determinado período de retorno (RAMOS, 2009, p. 45). O cálculo do caudal de ponta de cheia, Q_p , em m³/s é dado pela eq. 68:

$$Q_p = C \cdot A^Z \quad \text{Equação 68 – Pré-determinação de caudal de ponta de cheia de Loureiro.}$$

onde C é um parâmetro regional, relacionado com o período de retorno; Z , é um parâmetro regional relacionado com as características físicas das bacias; A , é a área da bacia hidrográfica em km². Neste estudo, os valores dos parâmetros referem-se à zona 6, pois inclui a bacia do rio Nabão, são $Z = 0,466$ e $C = 48,27$.

4.6.1.2.3 Fórmula Racional

LENCASTRE e FRANCO (2010, p. 290) referem que esta equação se pode escrever de acordo com a eq. 69:

$$Q_p = C \cdot \bar{I} \cdot A \quad \text{Equação 69 – Pré-determinação do caudal de ponta de cheia pelo método Racional (tradicional).}$$

onde Q_p é o caudal de ponta de cheia; c , o coeficiente de escoamento (tabelado), adimensional, baseado no tipo e características da superfície do terreno, e que se admite constante para cada bacia hidrográfica desde que aqueles não sejam alterados; \bar{I} , a intensidade média correspondente ao valor máximo de precipitação para determinada frequência de ocorrência, com duração igual ao tempo de concentração da bacia fluvial; A a área da bacia. As unidades de medida a utilizar devem ser coerentes, utilizando, por exemplo, Q_p em m³/s, \bar{I} em m/s e A em m², ou eventualmente, adicionando ao produto, por exemplo, e o valor 0,278 como factor de conversão das unidade de tempo, caso as unidades utilizadas de \bar{I} e A sejam métricas (mm/h e km², respectivamente), vide SHAW, 1994, p. 316). SOUSA e MATOS (s.d.) referem que C é o único parâmetro representativo da transformação precipitação-escoamento. Trata-se de uma equação que apresenta resultados satisfatórios em bacias de pequena dimensão ($A < 25$ km²). Segundo GDOE (2001) não é recomendado em bacias hidrográficas de área superior a 10,12 ha. Não obstante, simulou-se o seu cálculo, fazendo intervir um coeficiente de repartição na chuvada já apresentado e um valor de C igual a 0,35.

A modificação da fórmula racional (tradicional) por TEMEZ (1991), com vista à sua aplicação em bacias até 3000 km² e tempos de concentração entre 0,25 e 24 horas, introduz na fórmula um coeficiente de uniformidade da precipitação (K), que pode ser calculado em função do tempo e concentração, e a aplicação do factor de redução por área (K_A , Temez, 1987) na estimação da intensidade (DÍEZ-HERRERO *et al.*, 2008, p. 35)

(eq. 70):

$$Q_p = \frac{C \cdot \bar{I} \cdot A \cdot K}{3,6} \quad \text{Equação 70 – Pré-determinação de caudal de ponta de cheia pelo método Racional Modificado (TEMEZ, 1991).}$$

onde K determina-se segundo a eq. 71:

$$K = 1 + \frac{t_c^{1,25}}{t_c^{1,25} + 14} \quad \text{Equação 71 – Pré-determinação de caudal de ponta de cheia pelo método Racional Modificado (TEMEZ, 1991)} \\ \text{– cálculo do coeficiente de uniformidade da precipitação.}$$

Após simulação da mesma, verifica-se que devolve valores superiores à fórmula tradicional, pelo que se optou pela aplicação desta.

4.6.1.2.4 Fórmula de Turazza-Giandotti

Trata-se de um método muito utilizado na avaliação do caudal de cheia em Itália e também em Portugal e possui estrutura semelhante à fórmula racional (RAMOS, 2009, p. 47). O seu cálculo efectua-se através da eq. 72:

$$Q_p = \frac{\lambda A h}{T_c} \quad \text{Equação 72 – Pré-determinação de caudal de ponta de cheia de Turazza-Giandotti.}$$

onde Q_p é o caudal de ponta em m³/s; A é a área da bacia em km²; λ é um parâmetro em função de A (tabelado); h é a precipitação máxima em mm, correspondente ao tempo de concentração e a um determinado período de retorno estatístico. O parâmetro seleccionado correspondente a $\lambda = 0,242$ e salienta-se, também, a utilização de um coeficiente de repartição na chuvada.

4.6.1.2.5 Fórmula de Iskowski

É uma fórmula empírica, de 1886, não cinemática que não especifica o período de retorno e que representa curvas médias dos valores observados do caudal de ponta (DGRAH, 1984, p. 674). De acordo com LENCASTRE e FRANCO (2010, p. 288) é uma das primeiras fórmulas a considerar a precipitação ocorrida na bacia, após análise das cheias máximas de 289 rios europeus, com bacias hidrográficas muito variadas. Calcula-se pela eq. 73:

$$Q_p = K \cdot m \cdot \bar{P} \cdot A \quad \text{Equação 73 – Pré-determinação de caudal de ponta de cheia de Iskowski.}$$

onde K é um coeficiente, tabelado, que depende de vários factores característicos da bacia, nomeadamente da categoria dos solos, cobertura vegetal e relevo ($0,80 > K > 0,018$); m é um coeficiente, tabelado, variável com a área da bacia; A é a área da bacia em km^2 ; \bar{P} é a precipitação média anual em metros). Os parâmetros seleccionados correspondem a $K = 0,46$; $m = \text{troços 1 e 2} = 8,62$; $m = \text{troços 3, 4, 5} = 7,92$; e para a precipitação (segundo PARALTA, 1995, p. 27), $\bar{P} = 0,77170 \text{ m}$.

Determinados os cálculos do valor do caudal de ponta de cheia, considera, em cada uma das secções, o valor da média aritmética. Assim, os valores de Q_p a inserir na modelação hidráulica em ambiente *HEC-RAS* é o constante da tabela 36, introduzindo-se os valores dos caudais na primeira secção transversal do respectivo canal fluvial, isto é, logo a montante da área modelada.

Tabela 36 - Valores de caudal de ponta de cheia para período de retorno de 100 anos (com excepção da fórmula de Iskowski).

Equação	Bacia hidrográfica na secção de medição				
	Troço 1 - Montante PUO (embocadura)	Troço 2 - Pt. dos Namorados	Troço 3 - Pt. dos Cónegos	Troço 4 - Jusante PUO (Pt. Nova)	Troço 5 - Pt. do Carregal
Método de Loureiro	259,81	266,42	301,48	304,12	313,75
Método Racional	206,14	225,72	306,55	317,84	349,23
Método de Turazza-Giandotti	163,57	161,71	196,07	193,69	197,27
Método do Soil Conservation Service	128,13	135,72	156,67	156,99	162,27
Método de Iskowski	113,26	119,54	143,19	145,90	155,98
Média aritmética (adoptado)	174,18	181,82	220,79	223,71	235,70
Média aritmética sem Loureiro e Racional	134,99	138,99	165,31	165,53	171,84

4.6.2 Definição das características geométricas dos canais a modelar

Na área a modelar identificam-se cinco troços/ segmentos de canais de escoamento principais: troço 1 - junto à embocadura dos rib.^{os} de Cuvo e Alvega; troço 2 – ponte dos Namorados, a montante da área territorial do PUO e a jusante da embocadura dos rib.^{os} do Cuvo e Alvega; o troço 3 – ponte dos Cónegos, a jusante do edifício multifuncional onde se situa o *Intermarché*, e dos rib.^{os} da Caridade e do Matadouro, dentro do perímetro urbano; troço 4 – ponte Nova, junto ao parque linear (lúdico-recreativo); troço 5 – ponte do Carregal, a jusante do perímetro urbano do PUO.

Para cada um deles e respectivas margens são extraídas as características morfológicas através do desenho das secções transversais (*cross sections*) com base no Modelo Digital de Elevação (MDE) produzido com cartografia entretanto melhorada. É frequente verificar-se que o leito menor dos cursos de água não se encontra suficientemente bem definido. Por este facto, completou-se esta informação altimétrica com medições de campo topo-batimétricas. Baseado nestas medições e noutros levantamentos topográficos, adicionaram-se curvas de nível junto ao leito menor de forma a minimizar a imprecisão do MDE nestes locais.

O uso do solo fornecido permitiu extrair os coeficientes de rugosidade de Manning (tabela 37), de acordo com a informação tabelar existente em USACE (2010a, p. 8-49; 2010b, pp. 3-13 a 3-16); DUNNE e LEOPOLD (1978, p. 593); LENCASTRE (1996, pp. 506-512); CORTES (2004, p. 26); LENCASTRE e FRANCO (2010, pp. 147-

148); CHOW *et al.* (1988, p. 35); SUMMERFIELD (1991, pp. 198-199); SHAW (1994, p. 121); QUINTELA (2009, p. 254); MARSH (1983, p. 135); CHORLEY (1969, p. 136); MORISAWA (1985, p. 34); USGS (<http://wwwrcamnl.wr.usgs.gov/sws/fieldmethods/Indirects/nvalues/index.htm>).

Tabela 37 – Valores do coeficiente de rugosidade adoptados (Ext. de LENCASTRE e FRANCO, 2010, pp. 147-148 e USACE 2010b, pp. 3-13 a 3.16).

Tipo de canal e descrição	η
A. ESCAVADO OU DRAGADO	#
b. em terra, sinuoso e pouco inclinado	
2. com relva, pouca vegetação	0,030
B. CURSOS DE ÁGUA NATURAIS	
B.3. Cursos de água maiores (largura superficial em cheia > 30 m). O valor de Ks é maior do que aquele para cursos menores com uma descrição similar, pois as margens oferecem uma resistência menos efectiva	#
a. Cursos de água em planície	
4. o mesmo que o ponto 3 (3. limpo, sinuoso, algumas zonas profundas e baixios), mas com alguma vegetação e pedras	0,044
8. troços com muita vegetação, zonas profundas, ou secções com troncos e com vegetação arbustiva	0,100
B.2. Leitões maiores (planície de inundação)	
a. Com pastagens e sem arbustos	#
1. vegetação herbácea baixa	0,030
b. áreas cultivadas	
1. sem cultura	0,030
2. cultura em linha	0,034
c. mató	#
1. mató disperso, vegetação cerrada	0,050
2. mató pouco denso e árvores, no Inverno	0,050
d. árvores	#
1. salgueiros densos, alinhados, no Verão	0,143
Territórios artificializados	0,020

Toda a informação geométrica é posteriormente armazenada e transferida para o programa *HEC-RAS* através das secções transversais (257 perfis transversais de acordo com as regras definidas em USACE, 2010a, p. 4-12). Na área a modelar foram definidas as secções transversais representadas na figura 45 e sintetizadas na tabela 38.

As pontes rodoviárias dos troços fluviais não puderam ser modelados pelo facto de não existir a geometria correcta da secção. Não obstante, junto às pontes foram colocadas secções transversais imediatamente antes e depois dos limites dos respectivos tabuleiros tal como recomendado em USACE (2010b, pp. 5-1 a 5-5) de forma a modelar mais correctamente o efeito de contracção e expansão que aqui se verifica.

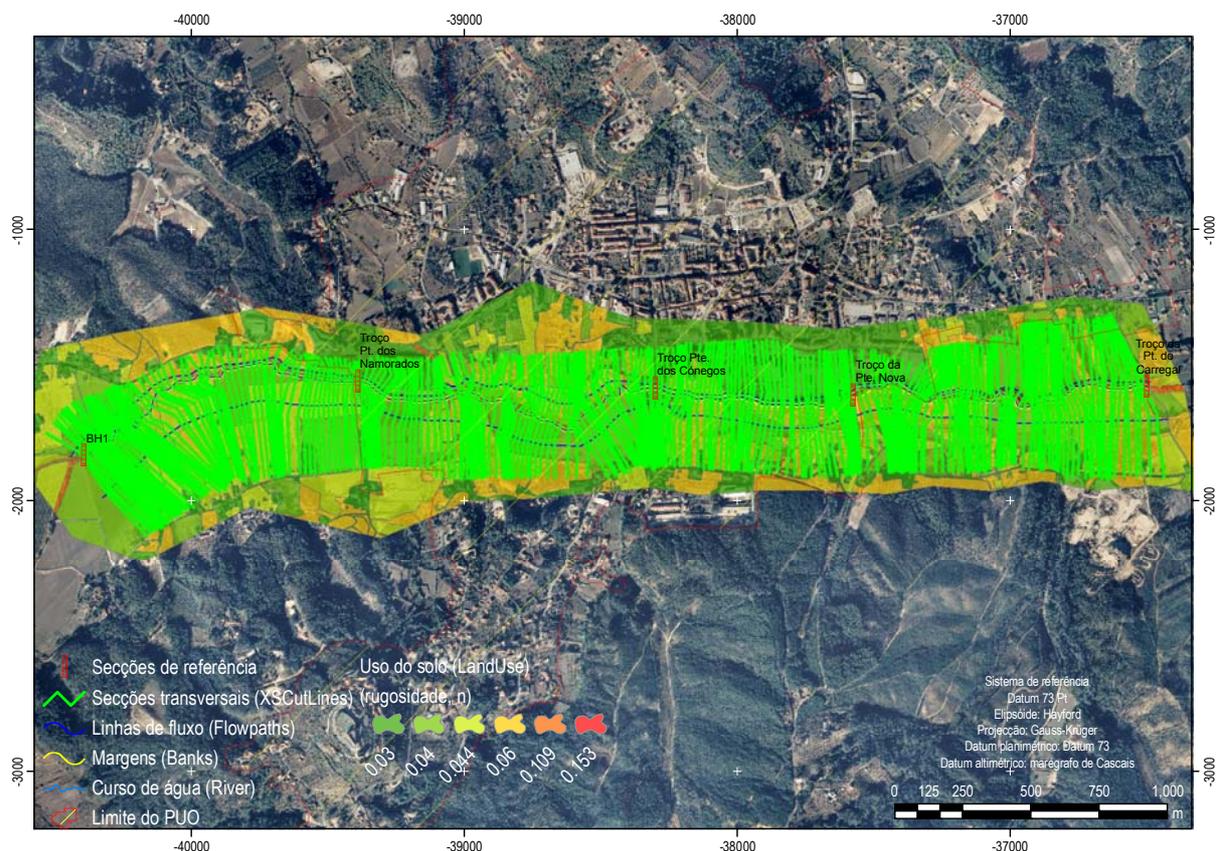


Figura 45- Definição das características geométricas do canal e fluvial e planície de inundação a modelar.

Tabela 38– Características geométricas, referentes ao canal fluvial, na área a modelar.

Atributos	Bacia hidrográfica da Rib. ^a de Seixa			
	Troço 1 - Pt. dos Namorados	Troço 2 - Pt. dos Cónegos	Troço 3 - Pt. Nova	Troço 4 - Pt. do Carregal
Comprimento do canal (m)	1331,5	1274,1	760,3	1217,0
Cota início do canal (m)	150,5	142,8	135,3	131,6
Cota final do canal (m)	142,8	135,3	131,6	126,6
Declive do canal (m/m)	0,0058	0,0059	0,0049	0,0041
Índice de Sinuosidade	1,2640	1,1718	1,0495	1,1275
N.º de secções transversais	72	69	47	69
Distância média entre secções (m)	14,5	16,7	16,7	16,2
Pontes rodoviárias (PR)	0	1	1	1

O declive de cada troço de canal indicado no quadro é utilizado na definição das condições de fronteira (*boundary conditions*), em substituição do valor do declive da energia (*energy slope*), procedimento este proposto no manual do utilizador (USACE, 2010a, p. 7-3). O declive no canal fluvial associado aos troços 2 e 3 (0,0059 m/m e 0,00549 m/m) é inferior ao declive no canal do troço de montante e superior do que no canal do troço de jusante, o que pode consubstanciar situações de menor energia cinética associada ao escoamento, relativamente ao primeiro, e funcionar de forma contrária, relativamente ao troço de jusante, conduzindo, eventualmente, e simplificadaamente, a menor velocidade de escoamento e aumento da profundidade da coluna de água.

DALRYMPLE e BENSON (1967) e WILLIAMS e COSTA (p. 69, *in* BAKER *et al.*, 1988), apresentam como regra de boas práticas para a determinação do declive do talvegue, considerar uma extensão de, pelo menos, 20 vezes a largura do canal fluvial ou 75 vezes a profundidade média.

4.6.3 Características geométricas a consideração na modelação hidráulica

Uma vez produzido o MDE em formato *TIN* (*Triangulated Irregular Network*) ou RIT (Rede Irregular Triangulada) os restantes passos de criação do ficheiro a exportar para o programa de modelação hidráulica são realizados recorrendo à extensão de *ArcGIS*, *HEC-GeoRAS* versão 4.2.93. Neste ficheiro constam dados sobre a geometria e atributos dos canais fluviais e respectivos leitos. De forma sequencial, o utilizador pode construir diversos temas que são armazenados numa *geodatabase*, nomeadamente:

a) *Stream centerline*: corresponde ao eixo do canal fluvial da rede hidrográfica a modelar. Foram traçados com auxílio de fotografia aérea, MDE e cartografia vectorial. Como não foram modelados tributários, por ausência de informação morfométrica adequada, não houve necessidade de em cada embocadura, colocar junções que realizam topologicamente a relação entre os segmentos de linhas de água;

b) *Bank lines*: correspondem à crista da margem do canal fluvial / leito menor / limite superior do leito mínimo de cheia, e foram traçados com auxílio de fotografia aérea e do MDE;

c) *Flow path centerlines*: consistem em linhas que definem o centro de massa do escoamento fluvial que ocorre no leito maior, na margem esquerda e direita do curso de água. A sua definição não é isenta de alguma subjectividade, tendo-se optado por traçar estas linhas a meio das áreas de menor declive (declive inferior a 2%) recorrendo ao mapa de declives produzido a partir do MDE;

d) *Cross-sectional cut lines*: correspondem a linhas que definem as secções transversais (fig. 46). Cada secção transversal inicia-se sensivelmente a meio das vertentes – a uma cota que se considere nunca ser alcançada em situação hidrológica extrema de cheia – e deve atravessar todo o leito do curso de água perpendicularmente ao sentido crítico do escoamento. Nas situações em que existem pontes fizeram-se, tal como indicado nos manuais do programa, duas secções transversais, imediatamente a jusante e a montante da ponte. As secções transversais representam não apenas a morfologia do terreno mas também registam, por exemplo, dados relativos à localização do canal fluvial (centro + margem) e coeficientes de rugosidade. Por exemplo, a tabela das secções transversais armazena a informação relativa aos pontos (*stations*) ao longo da secção em que ocorre modificação do coeficiente de rugosidade.

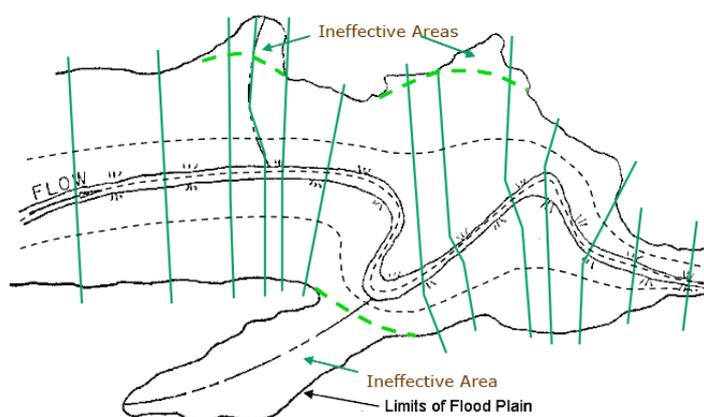


Figura 46 – Exemplo de secções transversais, traçadas a cor verde (Ext. de USACE, 2010b, p. 3-6).

e) *Bridges/culverts*: consistem nas linhas que definem o eixo do tabuleiro de pontes e/ou de passagens hidráulicas (manilhas, p.e.). Conforme mencionado, não foram traçadas. A sua vectorização pode ser feita em

ambiente SIG, e a restante informação geométrica (do tabuleiro, pilares, etc.) pode ser introduzida no programa HEC-RAS. Estes objectos não foram inseridos, por falta de informação geométrica;

f) *Ineffective flow areas*: são as áreas na planície aluvial onde, podendo haver inundabilidade, não há transporte efectivo de escoamento ou, inclusive, o escoamento pode fazer-se localmente em sentido oposto ao do curso de água (*non-conveyance areas*). Estas áreas não foram inseridas, por opção metodológica;

g) *Blocked obstructions*: consistem nas áreas onde não há escoamento fluvial. Estas áreas não foram inseridas, por opção metodológica;

h) *Land use*: consiste no *layer* que armazena a informação relativa ao uso do solo em toda a área abrangida pelas secções transversais, e a partir da qual se extrai o coeficiente de rugosidade de Manning (2009b, p. 3-12). No presente estudo adoptou-se como base de trabalho para a edição cartográfica do uso do solo a utilizar, a cartografia do MNT actualizada sobre ortofotomapas de 2007 e reconhecimento de campo. Este procedimento permitiu a obtenção de cartografia de uso do solo pormenorizada e actualizada para a área das secções a modelar;

i) *Levee alignments*: consistem nas estruturas lineares que impedem o escoamento de se direccionar para a planície aluvial. Geralmente, os MDE não possuem resolução suficiente que os evidencie pelo que, sempre que tal possa suceder, estas estruturas podem ser introduzidas recorrendo a observações de campo, fontes bibliográficas e fotointerpretação. No entanto, o modelador está condicionado a colocar no máximo um *levee* em cada margem do canal fluvial linha de água (USACE, 2010a, p. 4-31). Estas estruturas não foram inseridas, por opção metodológica;

Todos estes elementos possuem tabelas de atributos associadas, preenchidas com informação proveniente da sua relação, quer com o MDE, quer com, os restantes elementos.

Após a edição de todos os elementos existentes e considerados relevantes, procede-se à exportação da *geodatabase* para formato XML (*Extensible Markup Language*) e posteriormente para o formato SDF (*Spatial Data File*), de forma a ser importada pelo programa HEC-RAS.

4.6.4 Modelação hidráulica

Para a descrição da metodologia recorreu-se a SANTOS (2009, pp. 67-72).

4.6.4.1 Ajuste e completagem dos dados geométricos

Posteriormente à importação dos dados produzidos com recurso à ferramenta *HEC-GeoRAS*, procedeu-se ao seu ajuste e completagem, com base no programa *HEC-RAS*, pois este possui ferramentas que permitem criar novos elementos de geometria e modificar ou apagar elementos importados do ambiente SIG. Relativamente às secções transversais, deverão ser eliminados os pontos duplicados e em excesso – apenas é permitido um máximo de 500 pontos por secção transversal (USACE, 2010a, p. 5-10). Nos casos em que se dispõe de medições hidrométricas (altura na régua transposta para altitude e respectivo caudal), estas podem ser inseridas na secção mais próxima do ponto de recolha das medições.

A fig. 47 exemplifica uma secção fluvial transversal em sector de leito de cheia parcialmente antropizado (margem esquerda), com o aterro das obras de construção devido à instalação do edifício multifuncional onde se situa o *Intermarché*.

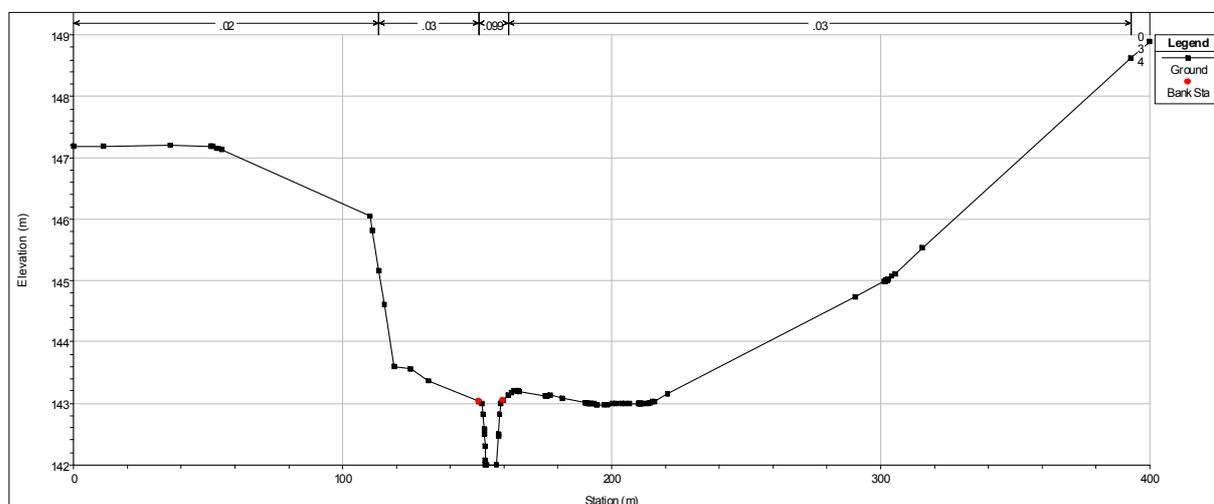


Figura 47 – Perfil transversal do troço fluvial 2 - Ponte dos Cónegos, em frente ao *Intermarché*.

É nesta fase que caso houvesse acesso a dados geométricos de todas as estruturas hidráulicas (como por exemplo pontes ou pontões), proceder-se-ia ao completamento da informação necessária com as características do tabuleiro, paredes laterais, pilares e vão livre, definindo-se ainda o modo como se modela a aproximação à ponte, sendo adoptada a equação de energia.

4.6.4.2 Definição dos dados de escoamento

Os dados de escoamento necessários são referentes aos caudais de ponta de cheia, as condições de fronteira e o regime de escoamento, sendo que, este último, é definido apenas quando se cria o plano da modelação, descrito no ponto seguinte. Os caudais utilizados foram os estimados anteriormente na fase de preparação dos dados, para o período de retorno de 100 anos. Não obstante existam afluentes com importância relativa elevada, apenas se equacionou o caudal do colector principal, por razões metodológicas, sobretudo, a fraca qualidade cartográfica disponível. Conforme referido em SANTOS (2009, p. 70), as condições de fronteira têm como função estabelecer a altura inicial da água, tendo-se adoptado a condição *Normal Depth Slope* que consiste no declive de energia a ser usado na equação de Manning, já apresentada, na pequena revisão entretanto apresentada neste estudo. Este valor foi substituído pelo declive médio do canal a modelar, tal como aceite e previsto pelo programa de modelação.

4.6.4.3 Definição do plano geral da modelação hidráulica

Após a conclusão da fase anterior (completagem dos ficheiros com os dados geométricos e de escoamento) avança-se para a fase final de definição e parametrização da modelação hidráulica. O HEC-RAS permite dois tipos de análise: em regime constante e em regime variável, sendo que se optou pela análise em regime constante, por opção metodológica (devido aos dados de escoamento disponíveis). Conforme salientado por

SANTOS (2009, p. 71), a análise em regime variável (*unsteady flow*) implica a introdução dos dados de um hidrograma de cheia. Neste estudo, à semelhança deste autor, utilizaram-se os dados de caudais de ponta de cheia estimados, pelo que se trata de regime constante (*steady flow*).

É na fase de planificação geral da modelação hidráulica que se definem os ficheiros de dados geométricos e de escoamento a utilizar, o regime de escoamento e algumas opções relativas a parâmetros hidráulicos.

Conforme já mencionado, o regime de escoamento (*flow regime*) pode ser subcrítico, misto ou supercrítico. Por opção metodológica optou-se pelo regime misto para que seja o programa a seleccionar as secções transversais onde ocorre cada um dos outros dois tipos de regime de escoamento.

Nas opções definiu-se que o cálculo do transporte (*conveyance*) seja efectuado apenas onde há mudanças de coeficiente de rugosidade e adoptou-se o método de fricção do declive definido por defeito para as análises de escoamento constante (*average conveyance*).

4.6.4.3.1 Execução, validação e eventual calibração da modelação hidráulica

4.6.4.3.1.1 Conservação de energia

A última etapa desta fase de modelação hidráulica consiste na execução e validação da modelação hidráulica e eventual calibração. Considera-se o escoamento em regime uniforme (*steady flow*) e unidireccional, cuja computação do escoamento entre determinada secção transversal e a secção transversal seguinte, é resolvida através da equação da conservação da energia, apresentada em USACE (2010b, p. 2-2), através de um procedimento iterativo denominado *standard step method*, vide eq. 74:

$$Z_2 + Y_2 + \frac{a_2 V_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \frac{a_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

Equação 74 – Equação unidimensional de conservação da energia (teorema de Bernoulli).

onde Z_1, Z_2 a cota topográfica da base do canal fluvial; Y_1, Y_2 a profundidade da coluna de água em determinada secção transversal; V_1, V_2 a velocidade média (débito / área drenante); a_1, a_2 os coeficientes de ponderação da velocidade (coeficiente de Coriolis ou factor de correcção da energia cinética, que depende da distribuição das velocidades na secção recta); g a aceleração da gravidade; h_e a perda da carga de energia (calculada pela equação de Manning).

O produto da aplicação da equação da energia são a profundidade e a velocidade do escoamento em cada ponto da secção transversal. A figura 48 permite a visualização dos termos utilizados na eq. da energia.

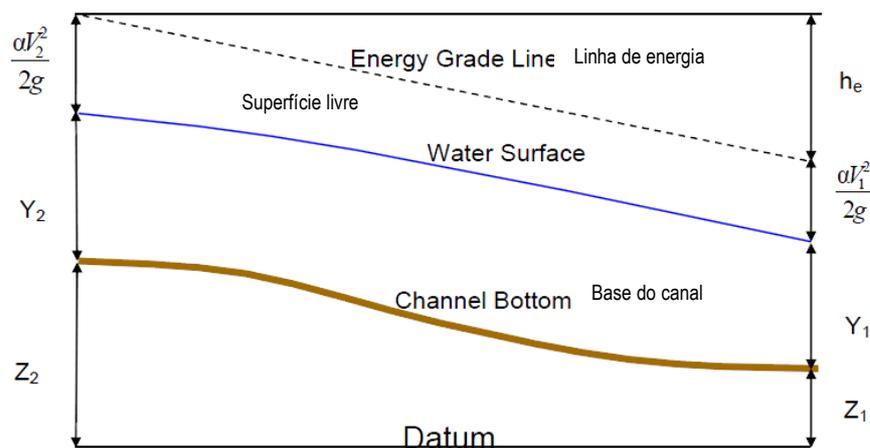


Figura 48 – Representação gráfica da linha de energia (dos termos na equação da Conservação de Energia (Ext. de USACE, 2010b, p. 2-3)).

4.6.4.3.1.2 Perdas de Carga

As perdas de carga perda da energia, h_e / existentes entre cada duas secções transversais, representam a soma de duas componentes, nomeadamente a perda de carga contínua, devido ao atrito (L), ou seja, devido à acção das tensões tangenciais, neste caso a sua estimacção efectua-se pela equação de Manning-Strickler (eq. 75), e à perda de carga localizada.

$$h_e = L\bar{S}_f + C \left| \frac{a_2 V_2^2}{2g} - \frac{a_1 V_1^2}{2g} \right| \quad \text{Equação 75 – Resolução da perda de energia através da equação de Manning-Strickler.}$$

onde L é a distância entre secções (comprimento do troço) ponderada pela vazão (m); S_f a declividade da linha de energia (m/m) entre duas secções; C o coeficiente de perda de contracção ou expansão.

A propósito desta temática veja-se também CONDE (2007, pp. 10-19); CHRISTOFOLETTI (1981, pp. 10-13).

O programa HEC-RAS possui um conjunto de ferramentas internas de validação da informação introduzida que, consoante o tipo de erro ou lacuna verificado, podem permitir ou impedir a computação, com a possibilidade de informar com mensagens de erro/aviso/notas, mesmo na condição dos resultados serem coerentes.

SANTOS (2009, p. 72) refere que «Um dos avisos mais correntes é o da eventual necessidade de mais secções transversais de forma a melhor estimar as perdas de energia e as alturas da água.».

O presente modelo numérico foi calibrado de acordo com os dados obtidos no trabalho de campo após a cheia, no Outono de 2006, nomeadamente, considerando profundidade do escoamento e marcas de cheia, presentes no registo fotográfico presente neste capítulo e mancha de inundação também cartografada. Ou seja, o método hidrológico-hidráulico foi validado pelo método histórico e hidrogeomorfológico, o que desde logo, justificou a inclusão de um capítulo dedicado a esta fase.

Para efeitos de calibração do modelo foi necessário agravar o CN em 4 unidades e o η de Manning em 0,01.

Capítulo 5 – Resultados

5.1 Calibração e Validação

Após um processo iterativo de modelação hidráulica, nomeadamente, com a afinação dos caudais de ponta de cheia a utilizar, coeficientes de rugosidade e números de escoamento, atingiram-se resultados relativamente aproximados quanto à extensão e profundidade da onda de cheia ocorrida em 25/10/2006.

Com efeito, através da análise comparativa entre a altura de escoamento e extensão da cheia cartografada através do método histórico e método hidrogeomorfológico e a extensão da cheia obtida através do método hidrológico-hidráulico é possível concluir que os resultados são relativamente convergentes e consistentes com o que se passou de facto (tabela 39, 40 e fig. 49).

Tabela 39 – Análise comparativa areal entre a obtida pelo método histórico e método hidrogeomorfológico e método hidrológico-hidráulico.

Relação	Área		Perímetro
	ha	%	km
Área a mais	2,20	5,3	4,22
Área a menos	7,19	17,2	7,40
Sobreposição	34,65	82,8	6,17

Metodologias	Área	Perímetro
	ha	km
Histórico + Hidrogeomorfológico	41,8	6,4
Hidrológico-hidráulico	36,9	6,7

Salienta-se o facto do ponto de controlo 1 (junto à Ponte dos Namorados) exibir um valor de altura de escoamento bastante reduzido. Pensa-se que devido a problemas inerentes à topografia para o sector em causa.

Tabela 40 – Análise comparativa das alturas de escoamento entre os valores obtidos pelo método histórico e método hidrogeomorfológico e método hidrológico-hidráulico.

Identificador	Altura (m)		Registo de imagem (n.º da foto)
	Levantamento	Modelação	
1	0,8	0,1	15 à 21
2	0,44	0,5	#
3	0,6	0,7	#
4	0,27	0,6	#
5	1,4	1,7	33 à 37
6	1,25	1,6	
7	1,1	0,9	39 à 40
8	0,64	0,6	
9	1,13	1,0	43 à 44
10	0,7	0,6	#
11	1,3	1,6	#

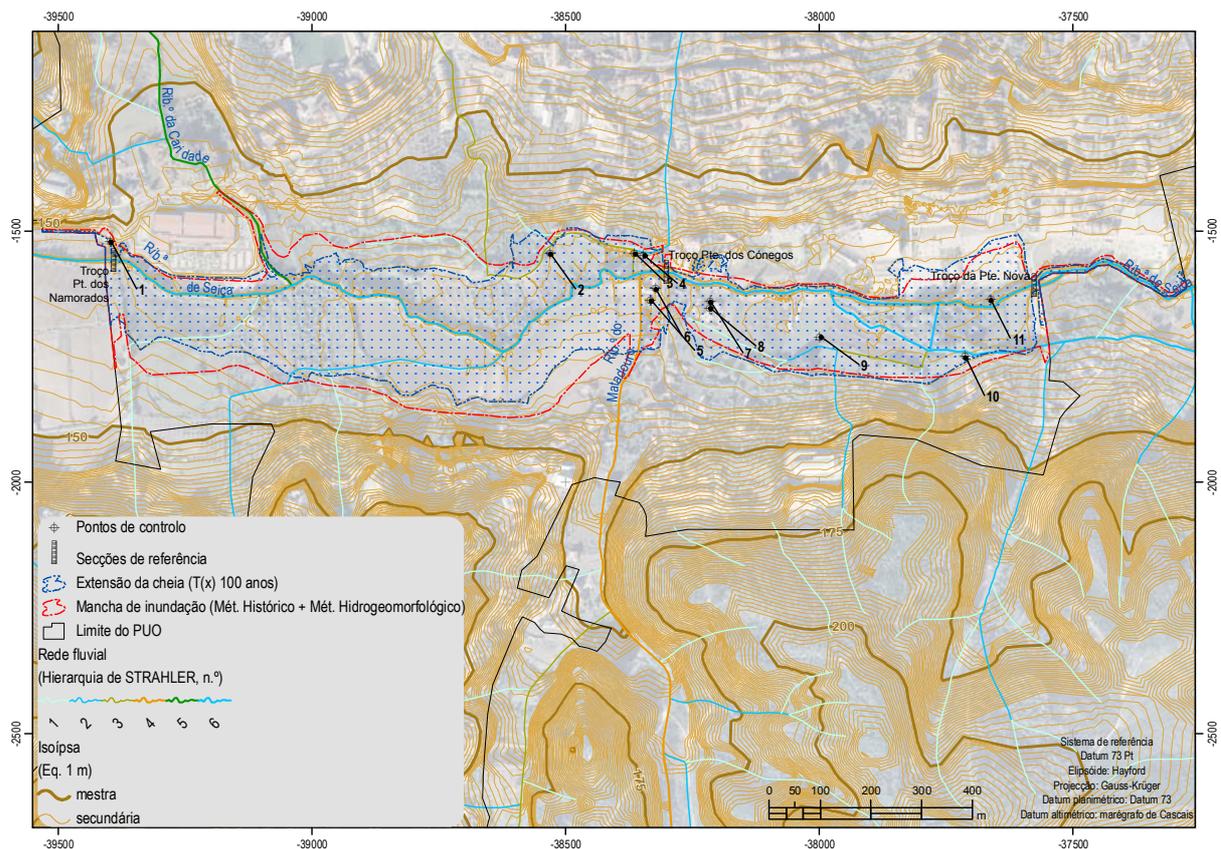


Figura 49 – Análise comparativa da cheia fluvial de projecto com recorrência centenária e da cheia fluvial demarcada através do método histórico e método hidrogeomorfológico.

5.2 Extensão, profundidade e velocidade da superfície de inundação

As características do fluxo, por exemplo, em termos de caudal de ponta, cota da superfície de escoamento, velocidade de escoamento, factor cinético, volume (dam^3), de todos os perfis transversais realizados (257) encontram-se sob a forma tabular no anexo 4.

Por exemplo, o factor cinético (número de Froude) médio é de 0,293, o que indica conforme dito, preponderância das forças gravitacionais e logo, escoamento subcrítico e regime fluvial lento/tranquilo ($F_r < 1$), o tipo comum de escoamento turbulento.

A extensão da superfície de inundação encontra-se na fig. 50 e no anexo 5 (Mapa n.º 1, de dimensão A0, fora do texto; escala 1/2100; auxiliado por perfis transversais com correspondência na tabela do anexo 4). Para efeitos do DR n.º 10/2009, 29/05, a exactidão e precisão da cartografia que serviu de base de trabalho, na área de inundação, é compatível com os requisitos mínimos de exactidão posicional, altimétrica, e em princípio, planimétrica, para um Plano de Urbanização. Estima-se que o erro cartográfico deriva a partir de uma exactidão cartográfica de 0,5 mm. Multiplicando este valor pela escala do mapa (1/2100) tem-se a distância correspondente no terreno (LONGLEY *et al.*, 2001, p. 333), que é inevitavelmente o erro de posição que existe sempre, consequência da generalização e graficismo comum a qualquer representação cartográfica da realidade. Por exemplo, um mapa na escala 1/2,1K apresenta uma resolução de 0,5 mm na escala do mapa, o que corresponde a 1,05 m no terreno, o que está em conformidade com as normas de qualidade de precisão de saídas gráficas definidas pela Autoridade Nacional de Cartografia para escalas entre 1/2K e 1/10K, vide I.G.P. (2009, 2006, p. 28,

art.º 52.º e 53.º, respectivamente), onde se refere que as mesmas devem possuir uma precisão cartográfica medida pelo EMQ inferior a 2,0 m e a 0,80 m (elementos obtidos por processos fotogramétricos, processos topográficos e/ou por digitalização). O conhecimento da qualidade cartográfica é importante para efectuar juízos de valor sobre as representações numéricas da realidade; comparação de produtos cartográficos e construção de metadados.

Salienta-se a dominância da superfície inundada de margem direita, devido à dissimetria do vale, agravada pela intervenção antrópica, especialmente nos sectores objecto de aterro, como por exemplo, onde actualmente se situa o edifício multifuncional onde se encontra o *Intermarché*, e o Parque Linear (mais a jusante). Os locais inundados e com habitações situam-se junto à margem esquerda da Ponte dos Namorados e junto à margem direita da Ponte dos Cónegos (anexo 5 – Mapa n.º 1).

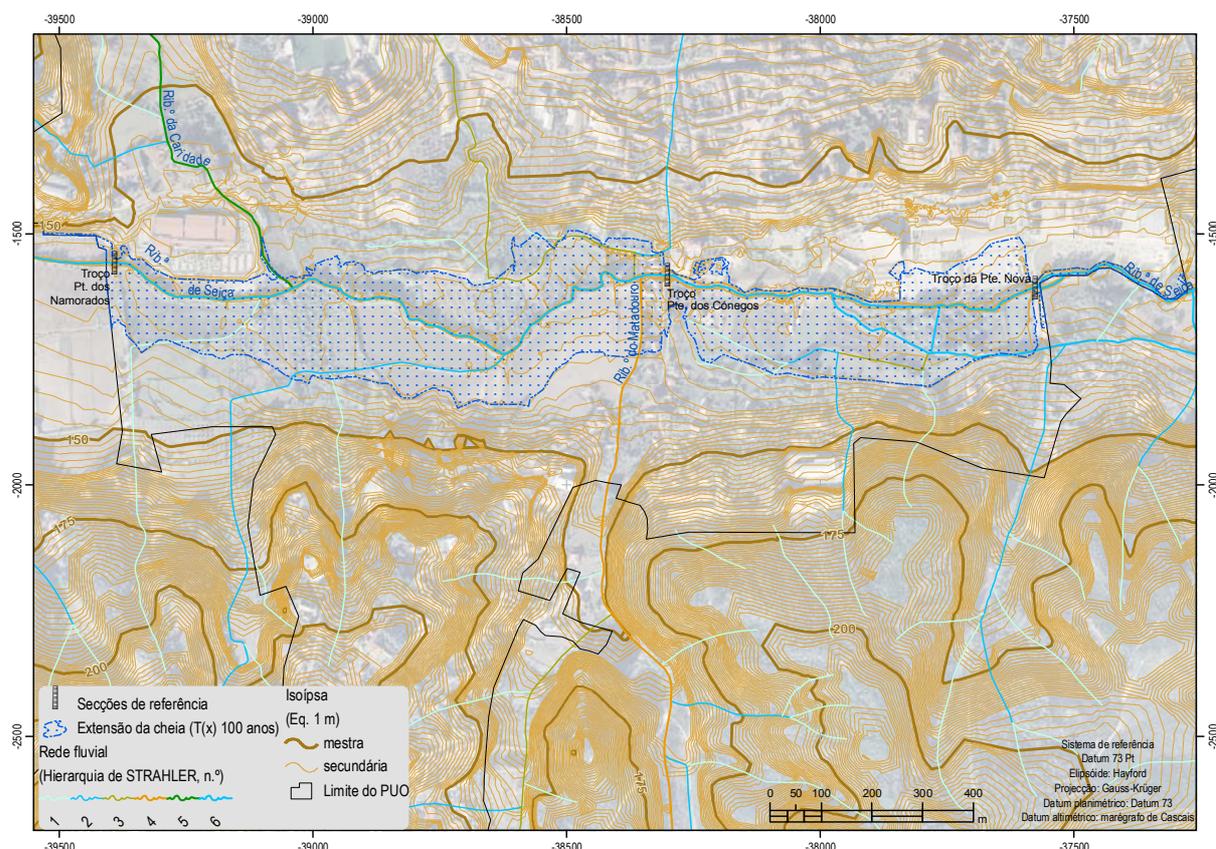


Figura 50 – Extensão da cheia fluvial de projecto com recorrência centenária.

Por outro lado, a onda de cheia também foi caracterizada em termos dos elementos de severidade profundidade e velocidade do fluxo.

Relativamente ao primeiro, na área das margens, destacam-se os sectores mais perigosos a montante da Ponte dos Cónegos, na área da embocadura do rib.º do Matadouro, na margem direita, onde o leito maior se encontra ocupado com habitações, atingindo, por exemplo, uma altura entre 1,5 a 2 m, e a montante da Ponte Nova, igualmente na margem direita, sobre um campo agrícola, onde alcança mais de 2 m de altura de escoamento (fig. 51-54).

Quanto à velocidade, verifica-se, que para além de ser superior no leito menor do que no maior, como é normal, é nos troços fluviais junto à Ponte dos Namorados, na proximidade dos sectores côncavos do leito menor e

no troço fluvial a jusante da Ponte dos Cónegos que a velocidade média é mais elevada, atingindo com frequência valores superiores a 1 m.s^{-1} e próximos de 2 m.s^{-1} (fig. 55).

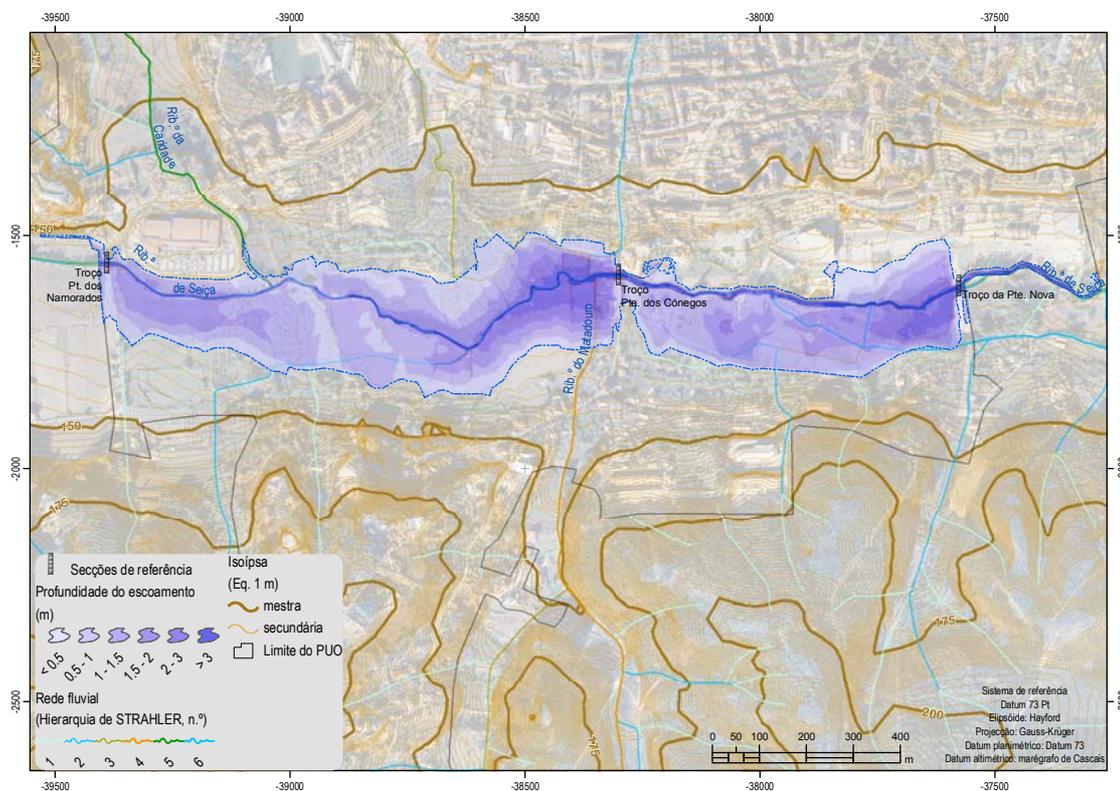


Figura 51 – Profundidade de fluxo da cheia fluvial de projecto com recorrência centenária.

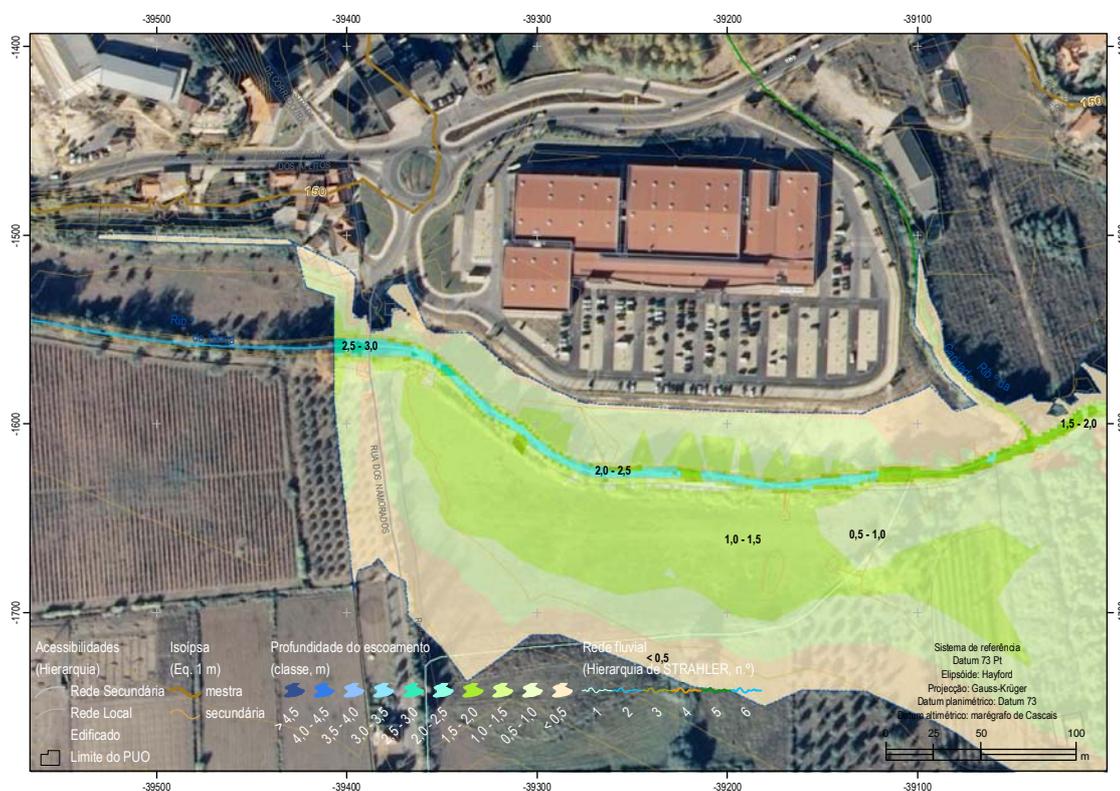


Figura 52 – Profundidade de fluxo da cheia fluvial de projecto com recorrência centenária. Pormenor junto à Ponte dos Namorados.

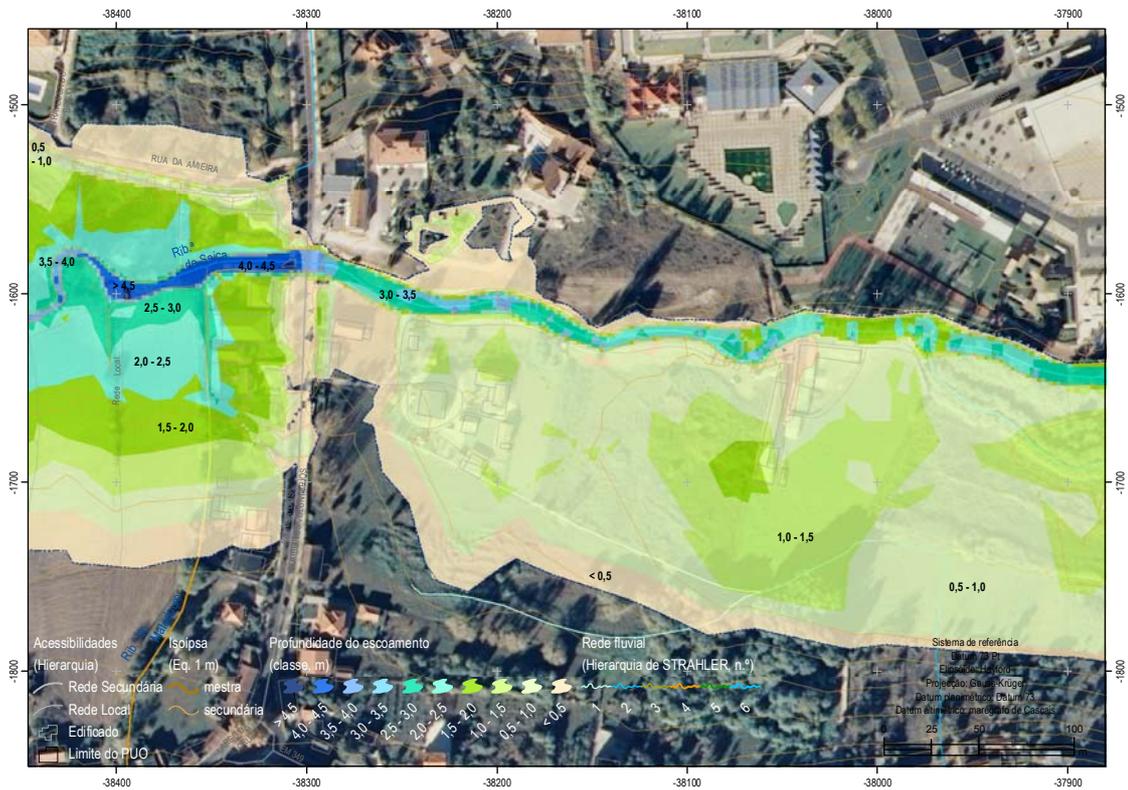


Figura 53 – Profundidade de fluxo da cheia fluvial de projecto com recorrência centenária. Pormenor junto à Ponte dos Cónegos.

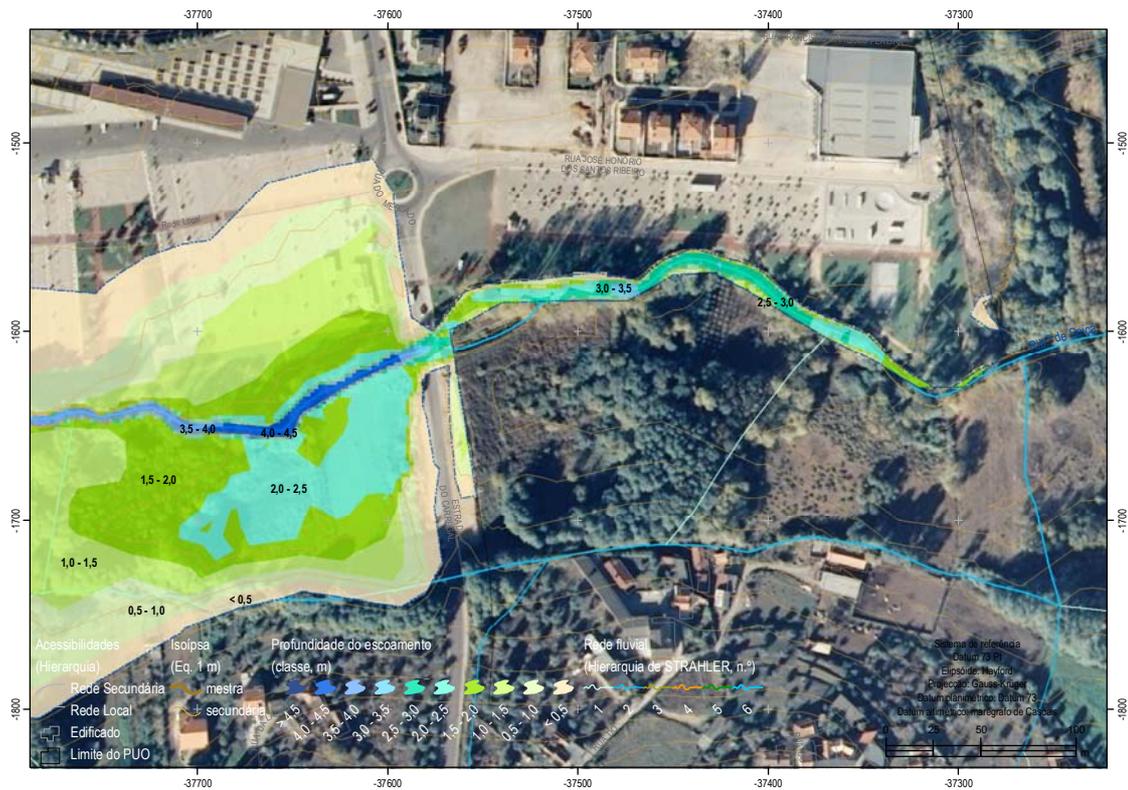


Figura 54 – Profundidade de fluxo da cheia fluvial de projecto com recorrência centenária. Pormenor junto à Ponte Nova.

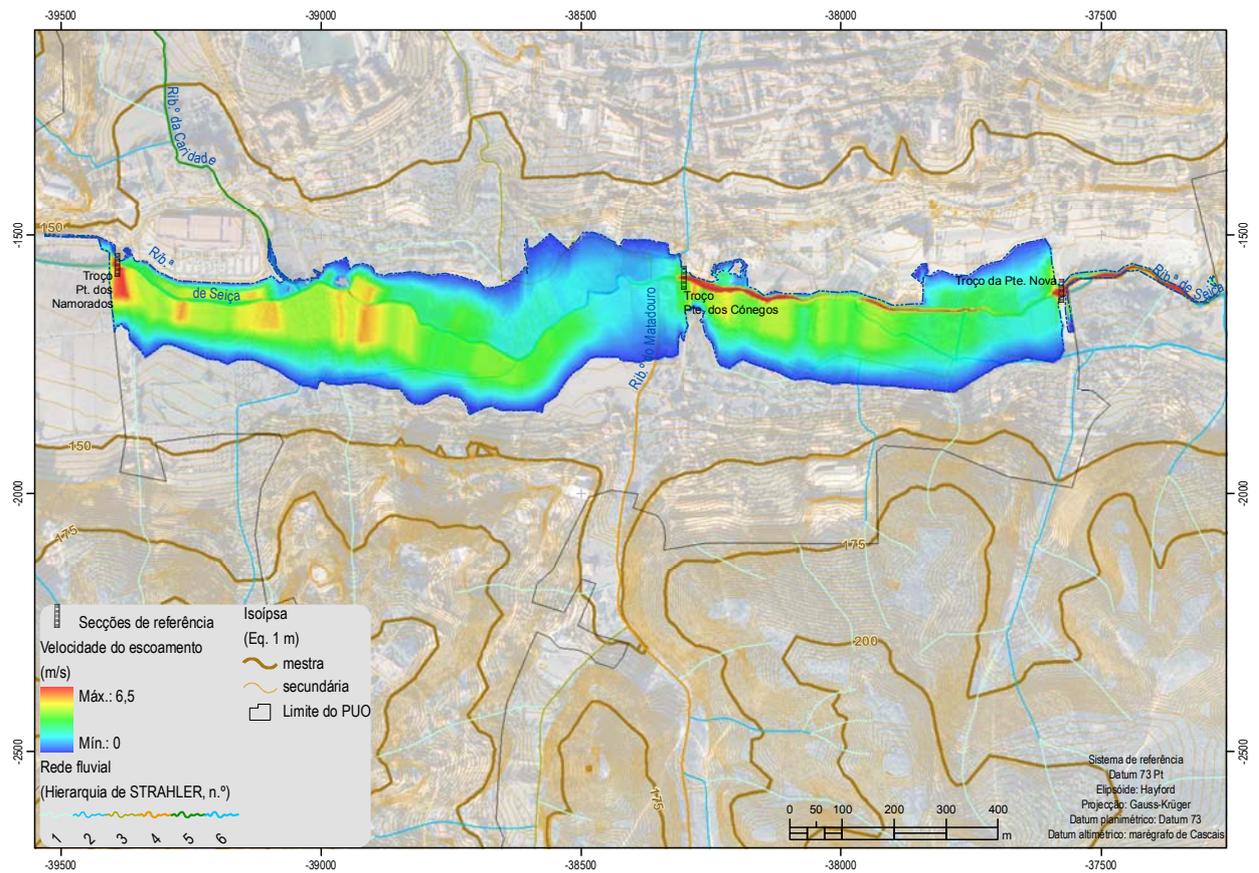


Figura 55 – Velocidade de fluxo da cheia fluvial de projecto com recorrência centenária.

Os resultados são convergentes com os efeitos (negativos relativamente à ocupação humana) erosivos no troço fluvial regularizado junto a uma instalação pecuária (fotos 41-42) e na Ponte Nova (foto 56).

Capítulo 6 – Considerações e Recomendações

O presente estudo hidrológico-hidráulico integra-se no conteúdo documental do Plano de Urbanização de Ourém e pretende dar cumprimento ao parecer da Administração da Região Hidrográfica do Tejo, I.P., emitido na reunião técnica de 25/03/2009, na Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional e Lisboa e Vale do Tejo, no sentido de considerar, de forma correcta, esta área de risco.

O estudo é constituído por texto, cartografia e ficheiros em suporte digital (estrutura vectorial, formato *shapefile*) com a extensão e profundidade da cheia de projecto.

A realização de estudos desta natureza num contexto de alterações climáticas tornam-se ainda mais prementes, sobretudo, por se tratar de uma onda de cheia rápida/repentina, devido aos reduzidos tempos de concentração (tabela 34).

Também será conveniente referir que não obstante, à primeira vista, os valores do caudal de ponta de cheia adoptados parecerem sobrestimados (via média aritmética das cinco equações), comparativamente (de forma extremamente grosseira), por exemplo, aos dados de caudal instantâneo da estação hidrométrica do Agroal, é certo que esta bacia fluvial reúne condições de escoamento específicas pois, supletivamente à área natural da bacia hidrográfica, também drena uma área significativa da cidade de Fátima, tanto por redes técnicas, como por redes subterrâneas naturais através do meio cársico. Sucede que os valores de caudal de ponta de cheia determinados parecem satisfatórios e consistentes pois aproximam-se da onda de cheia de facto ocorrida, conforme validação efectuada.

São considerados os afluentes da rib.^a de Seiça até à secção fluvial materializada pela Ponte do Carregal, instalada no leito menor da rib.^a de Seiça, a jusante do perímetro urbano, em fundo de vale.

A figura 49 e Mapa n.º 1 (anexo 5) representa a Carta de Zonas Inundáveis para o PUO. De notar que nesta carta optou-se por incluir as zonas inundáveis definidas pelos dois métodos, apesar de o método de base utilizado ser o hidrológico-hidráulico e que deve ser aplicado para efeitos práticos de execução do PUO.

Não obstante, atendendo a que as zonas inundáveis resultantes do método hidrológico-hidráulico reflectem uma situação específica – no tempo e no espaço - em termos pluviométricos e morfológicos, que não tem em conta possíveis variações na morfologia do leito, optou-se por manter o limite definido pelos método hidrogeomorfológico e histórico. Sugere-se assim que os limites de zonas inundáveis dele resultantes sirvam como referência em possíveis intervenções nestas áreas.

Considerando o modelo numérico de propagação de cheias adoptado, devidamente calibrado e validado pelo método histórico e método hidrogeomorfológico, foi possível determinar, para determinadas magnitudes de caudal (tabela 36 e anexo 4) profundidades de escoamento (fig. 51, 52, 53, 54 e anexo 4). Por exemplo, junto à Ponte dos Namorados (ST 1), a profundidade máxima é de 2,95 m; junto à Ponte dos Cónegos, na margem direita, a profundidade é superior no tardo do edificado, onde chega a atingir cerca de 2 m de coluna de água; a jusante da Ponte dos Cónegos (ST 10), junto à vedação Este da instalação pecuária (margem direita), a profundidade máxima é de cerca de 1,10 m.

O presente estudo considerada uma área drenante que tem vindo a ser profundamente alterada porque experimenta elevada perturbação antrópica com ênfase no troço de margem esquerda imediatamente a jusante de

Ponte dos Namorados, na proximidade do Ponte dos Cónegos, em ambas as margens, com a agravante de receber débitos dos sistemas fluviais naturais rib.^{os} da Caridade e do Matadouro, de magnitude 126 e 56 (SHREVE) e hierarquia 5 e 4 (STRAHLER), respectivamente, e por último, no patamar onde se encontra o Parque Linear (equipamento lúdico-recreativo).

É notável o efeito tampão junto das pontes dos Córregos e Nova, com regolfo gerador de aumento do nível hidrométrico da cheia para montante (fig. 51-54, anexo 4). As consequências são notórias do ponto de vista hidrométrico. Para além da presença de diversos estreitamentos artificiais do canal fluvial, como por exemplo, devido à rede de saneamento, pilares, tramos, encontros de pontes, gera-se uma contracorrente (onda de regolfo) agravada pela acentuação da secção dissimétrica do vale, pois a margem esquerda deixou de desempenhar, parcialmente, a sua função, de por exemplo, amortecimento da onda de cheia, pelo que, para magnitudes de cheia fluvial como aquelas aqui projectadas, a profundidade do escoamento é potenciada na margem direita, fazendo disparar o dano potencial, e em última instância o risco de afogamento/imersão parcial de habitações e instalações de actividades económicas. São exemplo disso as edificações afectadas junto à Ponte dos Namorados e junto à Ponte dos Cónegos (com insuficiente capacidade de vazão), onde, em face da magnitude do caudal, a severidade em termos de profundidade foi métrica (fig. 52, 53, anexo 4, anexo 5 - Mapa n.º 1).

6.1 Medidas de mitigação do efeito do risco de cheia

RAMOS (2009, p. 79) refere que as medidas de mitigação, isto é, acção sustentada que reduz ou elimina o risco a longo prazo, proveniente das cheias, para pessoa e propriedades, podem ser de dois tipos:

a) estruturais: (i) obras de correcção nas bacias de drenagem e na conservação dos solos; (ii) barragens e bacias de retenção para amortecimento dos caudais de ponta; (iii) intervenções nos canais fluviais (diques transversais para amortecimento das cheias, esporões, aumento da secção dos canais, rectificação, revestimento e limpeza dos canais, criação de canais de derivação);

b) não estruturais: (i) (re)ordenamento do território (medidas normativas de prevenção do risco); (ii) previsão e controle de cheias (previsão meteorológica, informação hidrométrica e hidrometeorológica, sistemas de alerta); (iii) planos de emergência (sistemas de alarme e de informação, (re)alojamento das populações); (iv) medidas de informação ao público e de educação ambiental nas escolas; (v) medidas de diminuição do grau de perda (seguros, redução de impostos, barreiras de protecção).

Atendendo à tipologia das medidas, recomenda-se uma aplicação mista das medidas de mitigação, com particular destaque para as intervenções de limpeza do canal fluvial e da aplicação de medidas de carácter normativo, através da aplicação do regime previsto no DL n.º 364/1998, 21/11, a não edificação da área ribeirinha abrangida pela superfície alcançada pela cheia e divulgação de aspectos de segurança preventiva junto das áreas com ocupação humana, especialmente onde a severidade é mais elevada, como por exemplo, instalação de válvulas de segurança em redes prediais de esgotos.

Por outro lado, considera-se que eventuais usos, ocupações e transformações do solo poderão motivar a actualização do presente estudo.

Referências documentais

Componente escrita

ALBINO, Valter M. S. (2010) – *Avaliação da susceptibilidade hidrogeográfica à recarga aquífera em meios porosos. Estudo de Hidrogeografia*. Dissertação de mestrado para obtenção do grau académico de Mestre em Geografia Física e Ordenamento do Território, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território (IGOT), Lisboa.

ALMEIDA, C.; MENDONÇA, J. J. L.; JESUS, M. R.; GOMES, A. J. (2000) - *Sistemas aquíferos de Portugal continental. Ficha do Sistema Aquífero: Ourém (O15)*. Instituto da Água, I.P. (INAG) e Centro de Geologia da Universidade de Lisboa (CG/UL), Lisboa, pp. 296-306 (URL: <http://snirh.pt/index.php?idMain=4&idItem=3&idSubtem=link4b>; acesso em 22/02/2011).

ALMEIDA, C.; MENDONÇA, J. J. L.; JESUS, M. R.; GOMES, A. J. (2000) - *Sistemas aquíferos de Portugal continental. Ficha do Sistema Aquífero: Maciço Calcário Estremenho (O20)*. Instituto da Água, I.P. (INAG) e Centro de Geologia da Universidade de Lisboa (CG/UL), Lisboa, pp. 320-337 (URL: <http://snirh.pt/index.php?idMain=4&idItem=3&idSubtem=link4b>; acesso em 22/02/2011).

ANPC (2009) – *Manual para a Elaboração, Revisão e Análise de Planos Municipais de Ordenamento do Território na vertente da Protecção Civil*. Cadernos Técnicos PROCIV 6, Autoridade Nacional de Protecção Civil (ANPC), Lisboa. (URL: <http://www.prociv.pt/cadernos/6.pdf>, acesso em 08/06/2010).

AZEVÊDO, T. M.; NUNES, E.; RAMOS, C. (2004) – *Some Morphological Aspects and Hydrological Characterization of the Tagus Flood in the Santarém Region, Portugal*, Natural Hazards, 31 (3), Kluwer Academic Publishers, p. 587-601 (URL: <http://geologia.fc.ul.pt/documents/6.pdf>; acesso em 19/10/2010).

BAKER, Victor R.; KOCHER, Craig R.; PATTON, Peter, C. (Editores) (1988) - *Flood Geomorphology*. John Wiley & Sons, Inc., USA.

BARBOSA, Bernardo Antero Pereira da Silva (1995) - *Alostratigrafia e Litostratigrafia das unidades continentais da Bacia terciária do Baixo Tejo. Relações com eustatismo e a tectónica*. Dissertação de Doutoramento na Universidade de Lisboa.

BRANDÃO, C. (1995) - *Análise de precipitações intensas*. Universidade Técnica de Lisboa. Dissertação para a obtenção do grau de mestre em Hidráulica e Recursos Hídricos. Lisboa.

BRANDÃO, C.; RODRIGUES, R.; COSTA, J.P. (2001) – *Análise de Fenómenos Extremos Precipitações Intensas em Portugal Continental*. Instituto da Água, Direcção dos Serviços de Recursos Hídricos, Lisboa.

BRUM FERREIRA, Denise de (200?) - *Estatística dos Valores Extremos: aplicação aos valores máximos de precipitação com determinada duração*. Caderno de Apontamentos de Geografia Física e Ordenamento do Território, ano lectivo 2001/2002, pp. 26. Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, Lisboa.

BURROUGH, Peter A. e MCDONNELL, Rachel A. (1998) - *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press, Great Britain.

CANGUEIRO, José (1991) - *Planos Directores Municipais - A Reserva Ecológica Nacional*. Ed. CCRN, Porto. (URL: http://212.55.137.35/CDI/00001_0196_001_G.pdf; acesso em: 12/12/2009).

CARDOSO, José V. J. de Carvalho (1965) - *Os Solos de Portugal - sua classificação, caracterização e génese. 1 - A Sul do Tejo*. Secretaria de Estado da Agricultura, Direcção-Geral dos Serviços Agrícolas, Lisboa.

CCDRLVT (2010a) - *Reserva Ecológica Nacional. Documento de Apoio à sua delimitação - Fichas técnicas*. Comissão de Coordenação da Região de Lisboa e Vale do Tejo (CCDRLVT) / Direcção de Serviços de Ordenamento do Território / Divisão de Ordenamento do Território, Versão de 04/05/2010, Lisboa.

CCDRLVT (2008b) - *Plano Regional de Ordenamento do Território do Oeste e Vale do Tejo (PROT-OVT), Diagnóstico Estratégico, Versão para discussão pública, Junho de 2008*. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo (CCDRLVT), Lisboa. (URL: <http://consulta-protovt.inescporto.pt/plano-regional>; acesso em 15/11/2010).

CCDRN (2007) - *Delimitação da reserva ecológica nacional*. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte (C.C.D.R.N.). (URL: <http://www.ccr-norte.pt/ordenamento/quiaeren.zip>; acesso em: 23/08/2010).

CHORLEY, Richard J. (1969) - *Introduction to Fluvial Processes*. Methuen & CO Ltd., Great Britain.

- CHRISTOFOLETTI, António (1980) - *Geomorfologia*. 2ª Edição, Editora Edgard Blücher, Lda., 8ª Reimpressão 2003, São Paulo, Brasil.
- CHRISTOFOLETTI, António (1981) - *Geomorfologia Fluvial. O Canal Fluvial*. vol. 1, Ed. Edgard Blücher, Lda., 1ª reimpressão, 1988, São Paulo, Brasil.
- CHOW, Ven Te; MAIDMENT, David R.; MAYS, Larry W. (1988) - *Applied Hydrology*. McGraw-Hill International Editions, Singapore.
- CNROA (1973) - *Carta dos Solos de Portugal. Classificação e Caracterização dos Solos de Portugal. II Volume: Dados Analíticos das Unidades Pedológicas*. Ministério da Economia, Secretaria de Estado da Agricultura, Centro Nacional de Reconhecimento e Ordenamento Agrário (CNROA), 6ª Ed., Lisboa.
- COQUE, Roger (1977) - *Géomorphologie*. Armand Colin, Paris.
- CONDE, Rui António Nunes Gil (2007) - *Análise de sensibilidade em modelação numérica de escoamentos em leito móvel com HEC-RAS. Aplicação ao rio Mondego*. Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa (URL: https://fenix.ist.utl.pt/publico/showDegreeTheses.do?sessionId=4C224857985E03488041B0079371DB43.as3?method=showThesisDetails°reeID=1&thesisID=37418&contentContextPath_PATH=/cursos/lec-pb/dissertacoes&request_checksum=20338f9c3930df4c9eaa153a706f8f51a5573419; acesso em 13/03/2011).
- CORREIA, Francisco Nunes (1984) - *Proposta de um Método para a Determinação de Caudais de Cheia em Pequenas Bacias Naturais e Urbanas*. ITH n.º 6, LNEC, Lisboa.
- CORTES, Rui M. V. (2004) - *Requalificação de Cursos de Água*. Instituto da Água, Lisboa.
- COSTA, Joaquim Botelho da (2004) - *Caracterização e constituição do solo*. 7.ª Edição, Serviço de Educação e Bolsas, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.
- CUSTODIO, Emilio; LLAMAS, Manuel Ramón (Direct. Ed.) (1983) - *Hidrología Subterránea*. Tomo I, e II, 2.ª Edición, Ediciones Omega, S.A., Barcelona.
- DALRYMPLE, T. e BENSON, M. A. (1967) - *Measurement of peak discharge by the slope-area method*. Tech. Water-Resour. Invest. (U. S. Geol. Surv.) Book 3, Ch. A2, pp. 1 – 12.
- DALRYMPLE, T. (1960) - *Flood frequency analysis*. in manual of hydrology, part 3, flood- flow techniques: U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 1543-A, 80 p. (URL: http://choctaw.er.usgs.gov/new_web/reports/other_reports/flood_frequency/index.html#tech; acesso em: 12/04/2010).
- DGRAH (1981) - *Índice Hidrográfico e Classificação Decimal da Região 3 - Rio Tejo - Santarém*. Direcção-Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos (DGRAH), Lisboa.
- DGRAH (1986) - *Monografias Hidrológicas dos Principais Cursos de Água de Portugal Continental*. Direcção-Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos (DGRAH), M.P.A.T., S.E.A.R.N., Lisboa.
- DGRAH (1984) - *Curso Internacional de Hidrologia Operativa*. Manual, Vol. I, II., DIRECÇÃO-GERAL DOS RECURSOS E APROVEITAMENTOS HIDRÁULICOS (DGRAH), Lisboa.
- DÍEZ-HERRERO; A. LAÍN-HUERTA, L.; LLORENTE-ISIDRO, M. (2008) – *Mapas de peligrosidad por avenidas e inundaciones – Guía metodológica para su elaboración*. série *Riesgos Geológicos /Geotecnia*, nº. 1, Instituto Geológico Y Minero de España.
- QUINTELA, António de Carvalho (1984b) – *Hidrologia de águas superficiais, in Curso Internacional de Hidrologia Operativa*. Direcção-Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos (DGRAH), Manual, Vol. II, Lisboa.
- DUNNE, Thomas; LEOPOLD, Luna B. (1978) - *Water in Environmental Planning*. W. H. Freeman and Company, Sixteenth printing, 2002, San Francisco.
- EBDON, David (1982) - *Estatística para geógrafos*. Edição em castelhano de Miquel Muntaner, Colección Ciencias Geográficas. Barcelona, Espanha.

FARIA, J. M. Rocha; GODINHO, Silvério; ALMEIDA, M. J.; MACHADO, M. Sousa (1980) - *O Clima de Portugal. Análise estatística dos valores máximos do ano da quantidade diária de precipitação em Portugal*. Fascículo XIX, Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INMG), Lisboa.

FEIO, Mariano e DAVEAU, Suzanne (Coord.); BRUM FERREIRA, António de; BRUM FERREIRA, Denise de; DAVEAU, Suzanne; FEIO, Mariano; MARTINS, António; RAMOS PEREIRA, Ana; RIBEIRO, António (2004) - *O Relevo de Portugal. Grandes Unidade Regionais*. Associação Portuguesa de Geomorfólogos (APGeom), Vol. II, Coimbra.

FERREIRA, Denise de Brum (1981) - *Carte Geomorphologique du Portugal*. Memórias do Centro de Estudos Geográficos, n.º 8, Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa (CEG/UL), Lisboa.

FRAGOSO, Marcelo Henrique Carapito Martinho (2008) - *Climatologia das Precipitações Intensas no Sul de Portugal*. MCTES, Fundação Calouste Gulbenkian, Fundação para Ciência e Tecnologia, Lisboa.

GERARDI, Lúcia Helena de Oliveira; SILVA, Barbara-Christine Marie Nentwing (1981) - *Quantificação em Geografia*. DIFEL Difusão Editorial S.A., São Paulo.

GDOE (2001) - *Georgia Stormwater Management Manual, Volume 2*. Technical Handbook, 1th Edition, Prepared by Georgia Department of the Environment (GDOE), Georgia, USA (URL: <http://www.georgiastormwater.com/>; acesso em 06/03/2011).

GROUPE CHADULE (1974) - *Initiation aux méthodes statistiques en géographie*. Collection Géographie, Masson et Cie, Éditeurs, Paris.

GUERRA, António José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (1994) - *Geomorfologia: uma actualização de bases e conceitos*. Editora Bertrand Brasil S.A., Brasil.

GUMBEL, Emil Julius (2004) - *Statistics of Extremes*. Dover Publications, Inc., Mineola, New York, USA.

GUMBEL, Emil Julius (1941) - The Return Period of Flood Flows, *Ann. Math. Statist.* Volume 12, Number 2 (1941), 163-190 (URL: http://projecteuclid.org/DPubS/Repository/1.0/Disseminate?view=body&id=pdf_1&handle=euclid.aoms/1177731747; acesso em 19/10/2010).

HENRIQUES, António Gonçalves (1981) - *Análise da Distribuição de Freqüências de Caudais Instantâneos Máximos Anuais. Aplicação à Previsão de Caudais de Cheia*. Tese para Especialista de Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.

HENRIQUES, António Gonçalves (1985) - *Cálculo de caudais de cheia em cursos de água em Portugal com base em séries de caudais instantâneos máximos anuais*, in *Recursos Hídricos* 6(2), Lisboa, pp. 59-68.

I.G.P. (2008) - *Cartografia e Ortofotocartografia à escala 1: 10 000. Normas Técnicas de produção e reprodução*. Instituto Geográfico Português (I.G.P.), Lisboa. (URL: <http://www.igeo.pt/Frameset-servicos.htm>; acesso em 26/02/2010).

I.G.P. (2006) - *Cartografia e Ortofotocartografia à escala 1: 2 000. Normas Técnicas de produção e reprodução*. Instituto Geográfico Português (I.G.P.), Lisboa. (URL: <http://www.igeo.pt/Frameset-servicos.htm>; acesso em 26/02/2010).

IM (2007a) - *Informação climática. Outubro de 2006*. Instituto de Meteorologia, I. P. (IM), Lisboa (URL: <https://www.meteo.pt/pt/publicacoes/tecnico-cientif/nolm/boletins/index.jsp?cmbDep=cli&cmbTema=pcl&cmbAno=2006&idDep=cli&idTema=pcl&curAno=2006>; acesso em 22/12/2010).

IM (2007b) - *Informação climática. Novembro de 2006*. Instituto de Meteorologia, I. P. (IM), Lisboa (URL: <https://www.meteo.pt/pt/publicacoes/tecnico-cientif/nolm/boletins/index.jsp?cmbDep=cli&cmbTema=pcl&cmbAno=2006&idDep=cli&idTema=pcl&curAno=2006>; acesso em 22/12/2010).

IM (2006) - *Boletim Meteorológico Diário*. Instituto de Meteorologia, I.P. (IM), n.os 4557 a 4567 e n.os 4588 a 4597, períodos de 21/10/2006 a 31/10/2006 e 21/11/2006 a 30/11/2006, 2ª série, Lisboa.

INMG (1984) - *O Clima de Portugal. Balanço Hídrico e Clima do Arquipélago da Madeira*. Fascículo XXXIII, Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INMG), Lisboa.

INAG (2000) - *Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Tejo. 1.ª Fase, Análise e Diagnóstico da Situação de Referência. Anexo Temático 3 A - Análise de Variáveis Climatológicas*. Instituto da Água (INAG), Lisboa.

INAG (1999a) - *Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Tejo. 1.ª Fase, Análise e Diagnóstico da Situação de Referência. Volume III - Análise 1 - Caracterização Geral da Bacia Hidrográfica*. Instituto da Água (INAG), Lisboa.

- INAG (1999b) - *Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Tejo. 1.ª Fase, Análise e Diagnóstico da Situação de Referência. Anexo Temático 1 - Análise Biofísica*. Instituto da Água (INAG), Lisboa.
- INAG (1998) - *Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Lis. Situações Hidrológicas Extremas – Análise de Cheias*. Instituto da Água (INAG), Lisboa (URL: http://www.arhcentro.pt/website/ARH_do_Centro/Dep._de_Planeamento_Informa%C3%A7%C3%A3o_e_Comunica%C3%A7%C3%A3o/Planeamento_e_Inform%C3%A7%C3%A3o/Plan._Bacia_Hidrogr%C3%A1fica/PGH_-_Rio_Lis.aspx; acesso em 25/10/2010).
- IEP (2001) - *Manual de Drenagem Superficial em Vias de Comunicação*. Instituto de Estradas de Portugal (IEP), Lisboa.
- JULIÃO, R. P. (Coord.); NERY, Fernanda; RIBEIRO, José Luís; BRANCO, Margarida Castelo; ZÉZERE, José Luís (2009) - *Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (sig) de base municipal*. Ed. Autoridade Nacional da Protecção Civil (ANPC), Lisboa. (URL: http://www.procv.pt/Documents/guia_metodologico_SIG.pdf; acesso em 08/06/2010).
- KNIGHTON, David (1984) - *Fluvial Forms and Processes*. Edward Arnold Ltd., Great Britain.
- LAUVERJAT, J. (1982) – *Le Crétacé Supérieur dans le Nord du Bassin Occidental Portugais*. Thèse de Doctorat d'État, Université Pierre et Marie Curie (Paris VI), Paris.
- LENCASTRE, Armando (1996) - *Hidráulica Geral*. Edição do Autor, Lisboa.
- LENCASTRE, Armando e FRANCO, F. M. (2010) - *Lições de Hidrologia*. Fundação da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 3.ª edição, 2.ª reimpressão, Lisboa.
- LEOPOLD, Luna B.; WOLMAN, M. Gordon; MILLER, John P. (1964) - *Fluvial Processes in Geomorphology*. W. H. Freeman and Company, San Francisco and London.
- LEOPOLD, Luna B.; MADDOCK, Thomas JR. (1953) - *The Hydraulic Geometry of Stream Channels and Some Physiographic Implications*. Geological Survey Professional Paper, 252, United States Department of the Interior, Geological Survey (URL: <http://eps.berkeley.edu/people/lunaleopold/>; acesso em 06/10/2010).
- LOBO FERREIRA, João Paulo; OLIVEIRA, Manuel M.; NOVO, Maria Emília; MOINANTE, Maria João (2000) - *Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Tejo, 1.ª Fase, Análise e Diagnóstico da Situação de Referência, Anexo 4 - Recursos Hídricos Subterrâneos, Tomo 4A. Caracterização Hidrogeológica*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Departamento de Hidráulica, Grupo de Investigação de Águas Subterrâneas (GIAS), Proc. Nº 607/1/13022, Lisboa.
- LOBO FERREIRA, João Paulo; OLIVEIRA, Manuel M.; LEITÃO, Teresa Eira; NOVO, Maria Emília; MOINANTE, Maria João; MOREIRA, Paula; HENRIQUES, Maria José (1999) - *Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Tejo, 1.ª Fase, Análise e Diagnóstico da Situação de Referência, Anexo 4 - Recursos Hídricos Subterrâneos, Tomo 4B - Caracterização do Balanço Hídrico Subterrâneo*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Departamento de Hidráulica, Grupo de Investigação de Águas Subterrâneas (GIAS), Proc. Nº 607/1/13022, Lisboa.
- LONGLEY, Paul A.; GOODCHILD, Michael F.; MAGUIRE, David J.; RHIND, David W. (2001) – *Geographic Information Systems and Science*. John Wiley and Sons Ltd., Chichester.
- MANUPPELLA, G.; ANTUNES, M. Telles; ALMEIDA, Costa C. A.; AZERÊDO, A. C.; BARBOSA, B.; CARDOSO, J. L.; CRISPIM, J. A.; DUARTE, L. V.; HENRIQUES, M. H.; MARTINS, L. T.; RAMALHO, M. M.; SANTOS, V. F.; TERRINHA, P. (2000) - *Notícia Explicativa da Folha 27-A Vila Nova de Ourém*. Instituto Geológico e Mineiro (IGM), Departamento de Geologia, Lisboa.
- MARSH, William M. (1983) - *Landscape Planning: Environmental Applications*. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., University of Michigan, Flint.
- MARTINS, Alfredo Fernando (1949) - *Maciço Calcário Estremenho - Contribuição para um estudo de geografia física*. Tese de Doutoramento em Ciências Geográficas na Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, Edição de 1999 do PNSAC/ICN, Coimbra.
- MARTINS, Francisco José Paulos (2000) – *Dimensionamento Hidrológico e Hidráulico de Passagens Inferiores Rodoviárias para Águas Pluviais*. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil, Especialidade de Hidráulica e Recursos Hídricos, Coimbra.
- MARQUES, José Almeida de Sá e SOUSA, Joaquim José de Oliveira (2009) - *Hidráulica Urbana. Sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais*. 2.ª edição, Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra.

MATA-LIMA, Herlander; SILVA, Evaristo; RAMINHOS, Cristina (2006) - *Impactes de Projectos da Engenharia Civil na Hidrologia de Bacias de Drenagem. Como Gerir o Excesso do Escoamento?* in Engenharia Civil, número 25, Universidade do Minho, Guimarães (URL: <http://www.civil.uminho.pt/revista/num25.htm>; acesso em 05/03/2011).

MATOS, M. R. (1987) - *Métodos de Análise e de Cálculo de Caudais Pluviais em Sistemas de Drenagem Urbana*. Tese de Especialista do LNEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Lisboa.

MENDES, J. Casimiro; BETTENCOURT, M. L. (1980) - *Contribuição para o estudo do balanço climatológico de água no solo e classificação climática de Portugal Continental*. O Clima de Portugal, Fascículo XXIV, Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INMG), Lisboa.

MENDES, J. Casimiro; QUEIROZ, Dario Xavier; ANASTÁCIO, Procópio A.; GONÇALVES, Maria Teresa C.; CARDOSO, Maria do Rosário S.; COELHO, Maria Gabriela S. G. (1991) - *O Clima de Portugal. Normais Climatológicas da Região de "Ribatejo e Oeste" correspondentes a 1951-1980*. Fascículo XLX, Volume 2 - 2.ª Região, Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INMG), Lisboa.

MEDEIROS, Carlos Alberto (1994) - *Geografia de Portugal. Ambiente Natural e Ocupação Humana*. Editorial Estampa, Lda., 3.ª Edição, Lisboa.

MMA (2004) - *Guía para la elaboración de estudios del medio físico: contenido y metodología*. Série Monografias, Ministerio de Medio Ambiente (MMA), Secretaría General de Medio Ambiente (SGMA), 5.ª reimpresión, Madrid.

MOPU (1984) - *Guía para la elaboración de estudios del medio físico: contenido y metodología*. Ministerio de Obras Publicas y Urbanismo (MOPU), Centro de Estudios de Ordenación del Territorio u Medio Ambiente (CEOTMA), segunda edición, Madrid.

MORISAWA, Marie (1985) - *Rivers*. Geomorphology Texts, 7, Longman Group Limited, England.

NAGHETTINI, Mauro e PINTO, Éber José de Andrade (2007) - *Hidrologia Estatística*. Serviço Geológico do Brasil, Belo Horizonte, Brasil (URL: <http://www.cprm.gov.br/publique/cgil/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=981&sid=36>; acesso em 02/11/2010).

NICOLAU, M. R. R. C. (2002) - *Modelação e mapeamento da distribuição espacial da precipitação. Uma aplicação a Portugal Continental*. Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia do Ambiente pela Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 356 pp. (URL: <http://www.igeo.pt/teses/rita%20nicolau/cap5Aplicacao.pdf>; acesso em 05/04/2010).

OLIVEIRA, Fernanda Paula (2010) - *Protecção Civil e Ordenamento do Território: a Necessária Consideração dos Riscos no Planeamento Territorial*, in Cadernos Municipais, n.º 3 de Abril de 2010. Protecção Civil. Protecção e socorro em acidente grave ou catástrofe. Fundação Res publica. URL: <http://www.fundacaorespublica.pt/cms/files/revista/REV4bc0f0a4530e9.pdf>; acesso em 08/06/2010).

OLIVEIRA, M. M., MOINANTE, M. J.; LOBO FERREIRA, J. P. (1997) - *Cartografia automática da vulnerabilidade de aquíferos com base na aplicação do método DRASTIC. Relatório Final*. Estudo realizado para o Instituto da Água. Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Departamento de Hidráulica, Grupo de Investigação de Águas Subterrâneas, Relatório 60/97, Proc. Nº 607/19/10665, Lisboa.

PARALTA, Eduardo A. (1995) - *Contribuição para o estudo hidrogeológico da Bacia de Ourém*. F.C.U.L., Departamento de Geologia, Estágio Profissionalizante em Geologia Aplicada e do Ambiente.

PERNICA, António Joaquim Barreiras (2002) - *Metodologias para a determinação de curvas de vazão*. Relatório de fim de curso, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Lisboa.

PORTELA, Maria Manuela (s.d.) - *Modelação Hidrológica*. UTL/IST, DECivil, SHRHA, 2005/2006, 2º Semestre, Lisboa.

PINTO, Nelson L. de Sousa; HOLTZ, António Carlos Tatit; MARTINS, José Augusto; GOMIDE, Francisco Luiz Sibut (1976) - *Hidrologia Básica*. Editora Edgard Blücher Ltda., 10.ª Reimpressão, 2007, Brasil.

QUINTELA, António de Carvalho (2009) - *Hidráulica*. Fundação Calouste Gulbenkian, 11.ª edição, Lisboa.

RAWLS, W. J. e BRAKENSIEK, D. L. (1989) - *Estimation of soil water retention and hydraulic properties*. in Morel-Seytoux, H.J. (ed.) *Unsaturated flow in hydrologic modeling*. Fort Collins, USA.

- RAMOS, Catarina; REIS, Eusébio (2001) - *As cheias no Sul de Portugal em diferentes tipos de bacias hidrográficas*. In *Finisterra - Revista Portuguesa de Geografia*, Lisboa, XXXVI (71): 61-82.
- RAMOS, Catarina (2009) - *Dinâmica Fluvial e Ordenamento do Território*. Programa de Unidade Curricular do 2.º Ciclo, Núcleo de Investigação em Sistemas Litorais e Fluviais: Dinâmicas, Mudanças Ambientais e Ordenamento do Território SLIF - 6, CEG, UL, Lisboa.
- RAMOS, Catarina (2005) - *Programa de Hidrogeografia*. DILIF - 3, CEG, UL, Lisboa. (URL: <http://www.ceg.ul.pt/investigadores.asp?id=26&tab=4#>; acesso em 08/09/2010).
- RAMOS, Catarina (1994) - *Condições Geomorfológicas e Climáticas das Cheias da Ribeira de Tera e do Rio Maior (Bacia Hidrográfica do Tejo)*. Dissertação de doutoramento, em Geografia Física, Faculdade de Letras, Universidade de Lisboa. (URL: <http://www.ceg.ul.pt/investigadores.asp?id=26&tab=4#>; acesso em 08/09/2010).
- REBELO, Fernando (2003) - *Riscos Naturais e Acção Antrópica*. 2.ª Edição, Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra.
- REGO, Zózimo Castro (1999) - *Estudo da Bacia Hidrográfica do Tejo. Análise estatística da frequência e duração das cheias do Tejo*. Associação de Telecentros Rurais de Portugal, TC-Portugal, Lisboa.
- REIS, Eusébio J. M. dos (2006) - *As Bacias Hidrográficas das Ribeiras da Serra de Grândola. Dinâmica Hidrológica e Factores Condicionantes*. Tese de Doutoramento em Geografia Física, Universidade de Lisboa, Faculdade de Letras, Departamento de Geografia, Lisboa.
- REIS, Eusébio J. M. dos (1996) - *Aplicação dos Sistema de Informação Geográfica na Análise Morfológica de Bacias Hidrográficas*. Mestrado em Hidráulica e Recursos Hídricos, ISTUTL, Lisboa.
- RICHARDS, K. S. (1977) - *Channel and flow geometry: a geomorphological perspective*. In *Progress in Physical Geography*, 1 (1):65-102.
- REIS, Elizabeth (2005) - *Estatística Descritiva*. 6ª Edição, Edições Sílabo, Lisboa.
- RODRIGUES, Rui; BRANDÃO, Cláudia; COSTA, Joaquim Pinto da; SARAMAGO, Manuela; ALMEIDA, MIGUEL Nunes (2007) - *Breve caracterização das cheias do Outono de 2006. Relatório realizado para a 2ª Jornada do Roteiro para a Ciência da Presidência da República dedicado às Tecnologias Limpas como enquadramento da apresentação do Sistema de Vigilância e Alerta de Recursos Hídricos (SVARH)*. Direcção dos Serviços de Recursos Hídricos, Instituto da Água, Lisboa.
- RODRIGUES, António Carmona (2010) - *Relatório do domínio temático Recursos hídricos superficiais. REN – Reserva Ecológica Nacional. Elaboração de orientações estratégicas de âmbito nacional. Recursos hídricos superficiais. Relatório*. Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente / Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. (URL: <http://cnren.dgotdu.pt/cnren/Documents/Forms/AllItems.aspx?RootFolder=http%3a%2f%2fcnren%2edgotdu%2ept%2fcnren%2fDocuments%2fDocumentos%20P%3%babolicos%2fRelat%3%b3riosDom%3%adnioTem%3%a1tico&FolderCTID=0x012000E49902407F4D054487B0092159FCECBC>; acesso em 15/11/2010).
- SANTOS, Pedro Manuel Pinto dos (2009) - *Cartografia de áreas inundáveis a partir do método de reconstituição hidrogeomorfológica e do método hidrológico-hidráulico. Estudo comparativo na bacia hidrográfica do rio Arunca*. Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra para a obtenção do grau de Mestre em Geociências, área de Ambiente e Ordenamento do Território, Universidade de Coimbra, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Ciências da Terra, Coimbra (URL: <https://estudogeral.sib.uc.pt/jspui/handle/10316/14014?mode=full>; acesso em 03/11/2010).
- SHAW, Elizabeth M. (1994) - *Hydrology in Practice*. 3.ª edição, reimpressão em 1996, Chapman & Hall, London.
- SCS (1973) – *A Method for Estimating Volume and Rate of Runoff in Small Watersheds*. U. S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service (SCS), TP – 149, Washington.
- SMN (1965) - *O Clima de Portugal. Normais Climatológicas do Continente, Açores e Madeira correspondentes a 1931-1960*. Fascículo XIII, Serviço Meteorológico Nacional (SMN), Lisboa.
- SOBRAL, Margarida Isabel Godinho (2010) - *Barragem na ribeira de Pisão. Anteprojecto dos órgãos hidráulicos. Volume 1*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

SOUSA, Eduardo Ribeiro e MATOS, José Saldanha (s.d.) - *Projecto de sistemas de drenagem de águas pluviais*. Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura, Secção de Hidráulica e dos Recursos Hídricos e Ambientais, Licenciatura em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

SROA (1974) - *A Classificação dos Solos de Portugal - nova versão*. Serviço de Reconhecimento e de Ordenamento Agrário (SROA), Boletim de Solos 17: 14 - 46.

SROA (1972) - *Carta de capacidade de uso dos solos de Portugal. Bases e normas adoptadas na sua elaboração (Região a sul do Tejo)*. Boletim de Solos n.º 12, Ministério da Economia, Secretaria de Estado da Agricultura, Serviço de Reconhecimento e de Ordenamento Agrário (SROA), Lisboa.

SROA (1970) - *Carta dos Solos de Portugal. I Volume: Classificação e Caracterização Morfológica dos Solos*. Ministério da Economia, Secretaria de Estado da Agricultura, Serviço de Reconhecimento e de Ordenamento Agrário (S.R.O.A.), 6ª Ed., Lisboa.

STCNREN (2010) - *Harmonização de definições e critérios de delimitação para as várias tipologias de área integradas em REN Documento enquadrado pelo Decreto-Lei n.º 166/2008, de 22 de Agosto*. Secretariado Técnico da Comissão Nacional da Reserva Ecológica Nacional (STCNREN), [DT.01/2009.v2.0], Abril de 2010. (URL: <http://cnren.dgotdu.pt/cnren/Documents/Forms/AllItems.aspx?RootFolder=http%3a%2f%2fcnren%2edgotdu%2ept%2fcnren%2fDocuments%2fDocumentos%20P%c3%bablicos%2fHarmoniza%c3%a7%c3%a3o&FolderCTID=0x012000E49902407F4D054487B0092159FCECBC>; acesso em 15/11/2010).

STRAHLER, Arthur N. (1975) - *Geografia Física*. John Wiley and Sons, Inc., y para la edición española Ediciones Omega, SA., Segunda edición, Barcelona.

THOMPSON, R.D.; MANNION, A.M.; MITCHELL, C.W.; PARRY, M.; TOWNSEND, J.R.G. (1986) - *Processes in Physical Geography*. Longman Inc., New York.

TRICART, Jean (1965) - *Principes et Méthodes de la Géomorphologie*. Masson et Cie, Paris.

TRICART, Jean (1978) - *Géomorphologie Appllicable*. Masson S.A., Paris.

USACE (2010a) - *HEC-RAS, River Analysis System User's Manual*. US Army Corps of Engineers (USACE), Institute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center (HEC), version 4.1, January 2010, Davis, USA.

USACE (2010b) - *HEC-RAS, River Analysis Hydraulic Reference Manual*. US Army Corps of Engineers (USACE), Institute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center (HEC), version 4.1, January 2010, Davis, USA.

USACE (2010c) - *HEC-RAS, River Analysis System Applications Guide*. US Army Corps of Engineers (USACE), Institute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center (HEC), version 4.1, January 2010, Davis, USA.

USACE (2009a) - *HEC-GeoHMS, Geospatial Hydrologic Modeling Extension*. US Army Corps of Engineers (USACE), Institute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center (HEC), version 4.2, May 2009, Davis, USA.

USACE (2009b) - *HEC-GeoRAS, GIS Tools for Support of HEC-RAS using ArcGIS. User's Manual*. US Army Corps of Engineers (USACE), Institute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center (HEC), version 4.2, September 2009, Davis, USA.

USDA (2009) - *National Engineering Handbook. Part 630, Hydrology, Chapter 7, Hydrologic Soil Groups*. United States Department of Agriculture (USDA), Natural Resources Conservation Service, Washington, D. C., U.S.A. (URL: <http://soils.USDA.gov/technical/handbook/>; acesso em: 26/11/2009).

VALLEJO, Luis I. González de; FERRER, Mercedes; ORTUÑO, Luis; OTEO, Carlos (2002) - *Ingeniería Geológica*. Pearson Educación, Prentice Hall, Madrid.

VARNES, David, J. (1984) - *Landslide hazard zonation: a review of principles and practice*. UNESCO, Paris.

VDOT (2001) - *Drainage manual*. Virginia Department of Transportation (VDOT), Virginia (USA) (URL: <http://www.virginiadot.org/business/locdes/hydra-drainage-manual.asp>; acesso em 05/03/2011).

VENTURA, José Eduardo (1987) - *As Gotas de Ar Frio e o Regime da Precipitação em Portugal*. In *Finisterra - Revista Portuguesa de Geografia*, XXII, 43, pp. 39-69, Lisboa. (URL: http://www.ceg.ul.pt/finisterra/numeros/1987-43/43_02.pdf, acesso em: 19/04/2010).

VERDE, J. e ZÊZERE, J. L. (2007) - *Avaliação da perigosidade de incêndio florestal*. In *Actas do VI Congresso da Geografia Portuguesa, Pensar e Intervir no Território. Uma Geografia para o Desenvolvimento*, Lisboa, CDRom, 17p.. (URL: http://www.riskam.org/index.php?option=com_content&view=article&id=19&Itemid=29; consulta em 28/05/2010).

VIERS, Georges (1967) - *Éléments de géomorphologie*. Fernand Nathan, Paris.

VILLELA, Swami Marcondes; MATTOS, Arthur (1975) - *Hidrologia Aplicada*. Editora McGraw-Hill, Brasil, Lda.

WMO (1994) - *Guide to hydrological practices. Data acquisition and processing, analysis, forecasting and other applications*. World Meteorological Organization (WMO), WMO-Nº. 168, 6. Ed (2008). (URL: <http://www.hydrology.nl/mainnews/1-latest-news/189-guide-to-hydrological-practices-new-edition-by-wmo.html>; acesso em 02/06/2010).

ZÊZERE, José Luís (2001) - *Dinâmica de vertentes e riscos geomorfológicos - Programa*. Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa, Área de Geografia Física e Ambiente, Relatório n.º 41, Lisboa (URL: http://www.riskam.org/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=12; acesso em 06/10/2010).

Componente cartográfica

FERREIRA, Denise de Brum (1980) - *Mapa Geomorfológico de Portugal*. Escala 1: 500 000, Linha de Acção de Geografia Física, Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa (CEG/UL), Lisboa.

DAVEAU, S.; COELHO, C.; COSTA, V.; CARVALHO, L. (1977) - *Répartition et Rythme des Précipitations au Portugal*. Memórias do Centro de Estudos Geográficos, nº 3, Lisboa, 2, mapas.

DGRAH (1981) - *Índice Hidrográfico e Classificação Decimal dos Cursos de Água*. Região Hidrográfica n.º 3. Tejo, Folha n.º 1, na escala 1: 250 000. Ministério da Habitação e Obras Públicas/Direcção-Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos (MHOP/DGRAH), Lisboa.

INETI (1966, 1994, 1998) - *Carta Geológica de Portugal*. Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, I. P. (INETI), folha 1/50 000 n.º 23C-Leiria (folhas n.ºs 297-Leiria e 298-Olival; levantamento inédito da folha n.º 299-Rio de Couros, com revisão de 1997, na escala 1/25 000); e folha 1/50 000 n.º 27A-Vila Nova de Ourém (folhas n.ºs 308-Porto de Mós e 309-Vila Nova de Ourém, na escala 1/25 000), Lisboa.

OLIVEIRA, J. T.; PEREIRA, E.; RAMALHO, M.; ANTUNES, T.; MONTEIRO, H. (Coordenadores) *et al.* (1992) - *Carta Geológica de Portugal, na escala 1:500 000*. Serviços Geológicos de Portugal, 5.ª Edição, Lisboa.

IHERA (19??) - *Carta dos Solos de Portugal. Carta Complementar na escala 1/25 000*. Secretaria de Estado da Agricultura, Instituto de Hidráulica, Engenharia Rural e Ambiente (IHERA), Divisão de Solos, Folhas n.ºs 298, 299, 309, 310, Lisboa.

Anexos

AC9



Câmara Municipal de Ourém
Departamento do Território

Captação de água: AC9

Freguesia: Nossa Senhora da Piedade

Coordenadas (Datum 73) Longitude: - 39377.8

Latitude: - 1537.7

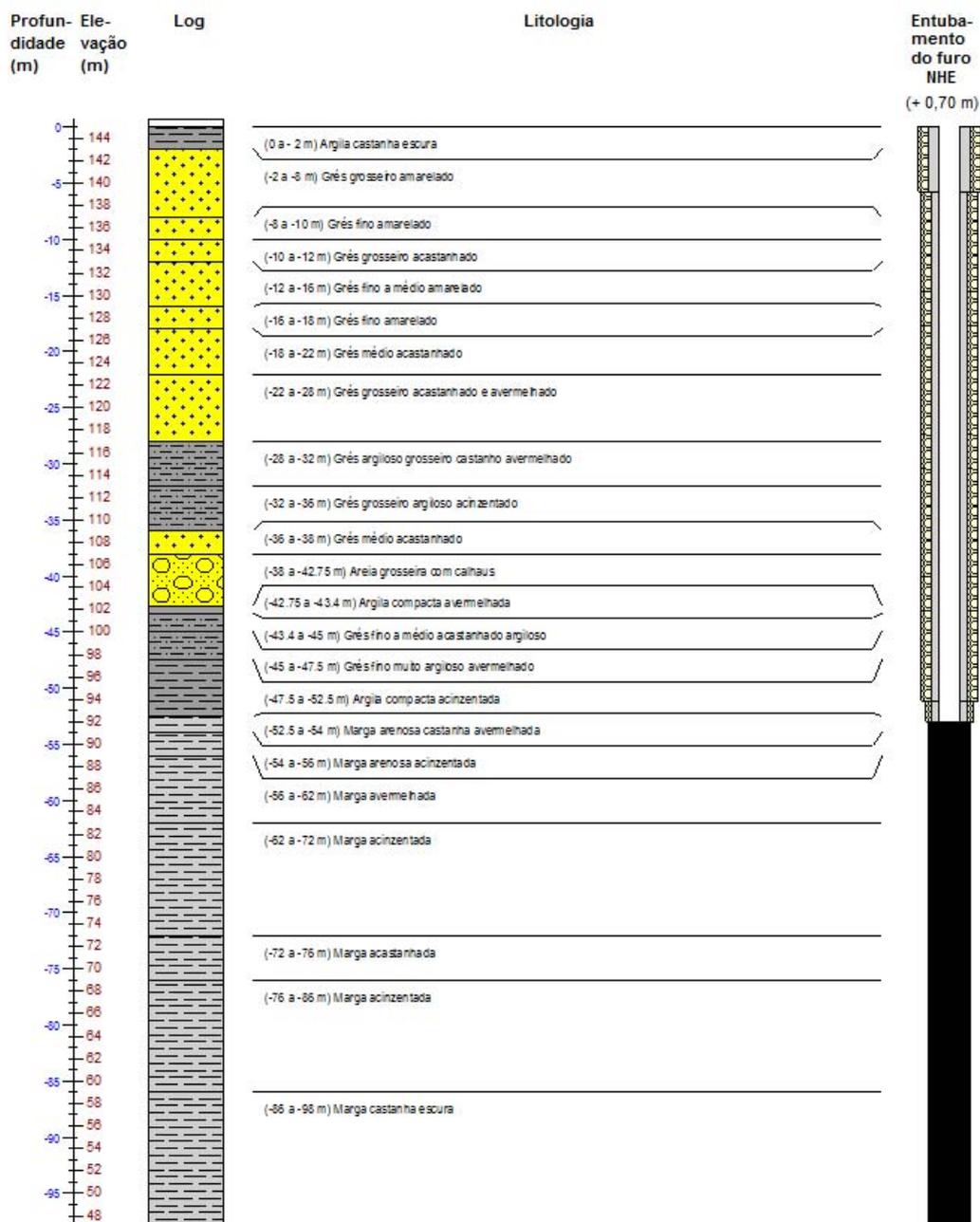
Sítio: N. S. Piedade

Empresa construtora: Sondagens e Fundações A. Cavaco, Lda.

Cota: 145 m

Data de realização: 02/04/1979 a 25/10/1979

Profundidade da captação: 98,0 m



AC10

Câmara Municipal de Ourém
Departamento do Território



Captação de água: AC10

Freguesia: Nossa Senhora da Piedade

Coordenadas (Datum 73) Longitude: -39169.9

Latitude: -1529.8

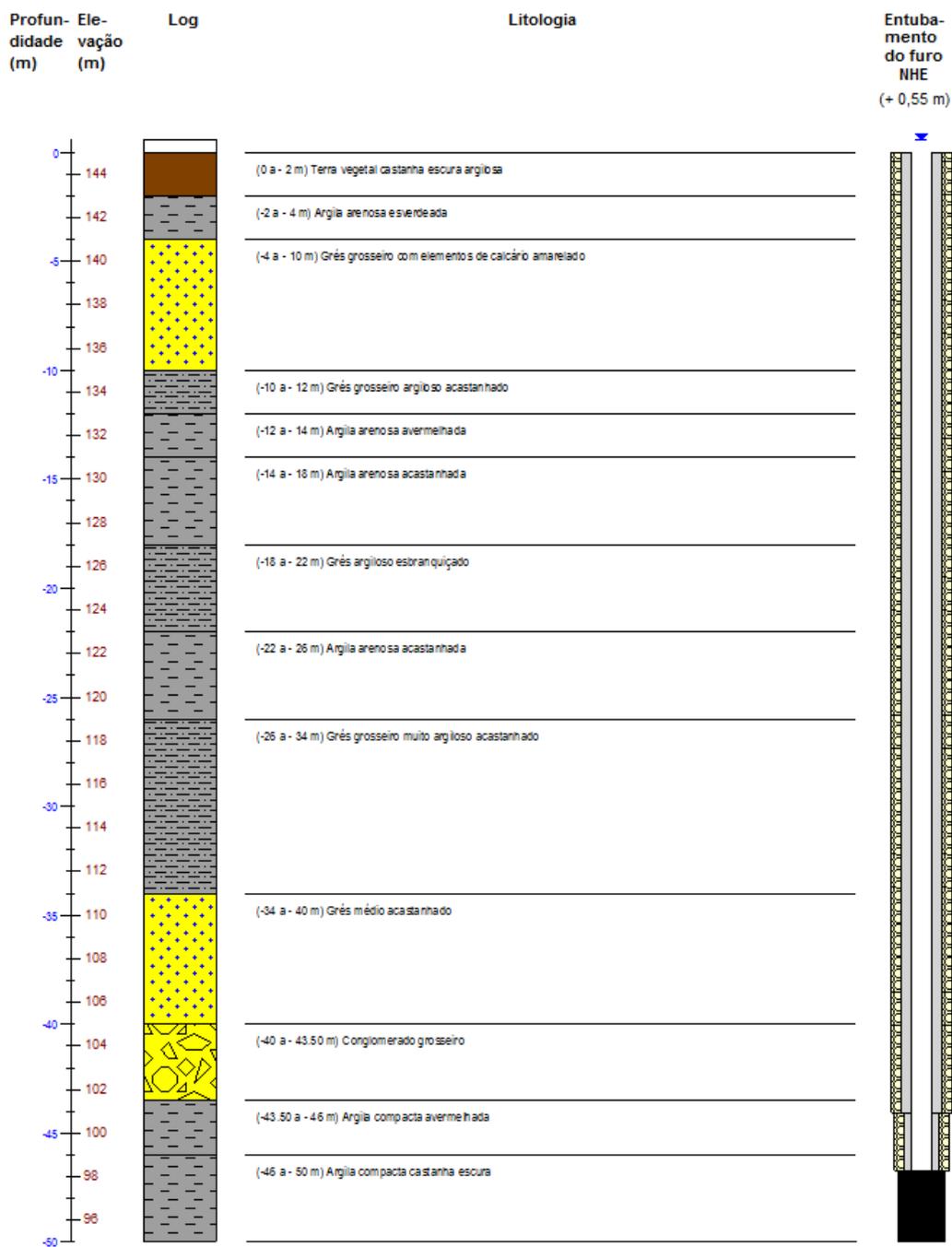
Sítio: N. S. Piedade

Empresa construtora: Sondagens e Fundações A. Cavaco, Lda.

Cota: 145 m

Data de realização: 02/04/1979 a 25/10/1979

Profundidade da captação: 50 m



Nota: compilado em 22/07/2010 para apoio ao estudo das zonas ameaçadas pelas cheias do Plano de Urbanização de Ourém

Pág. 1 de 1

Câmara Municipal de Ourém

Departamento do Território



Captação de água: AC11

Freguesia: Nossa Senhora da Piedade

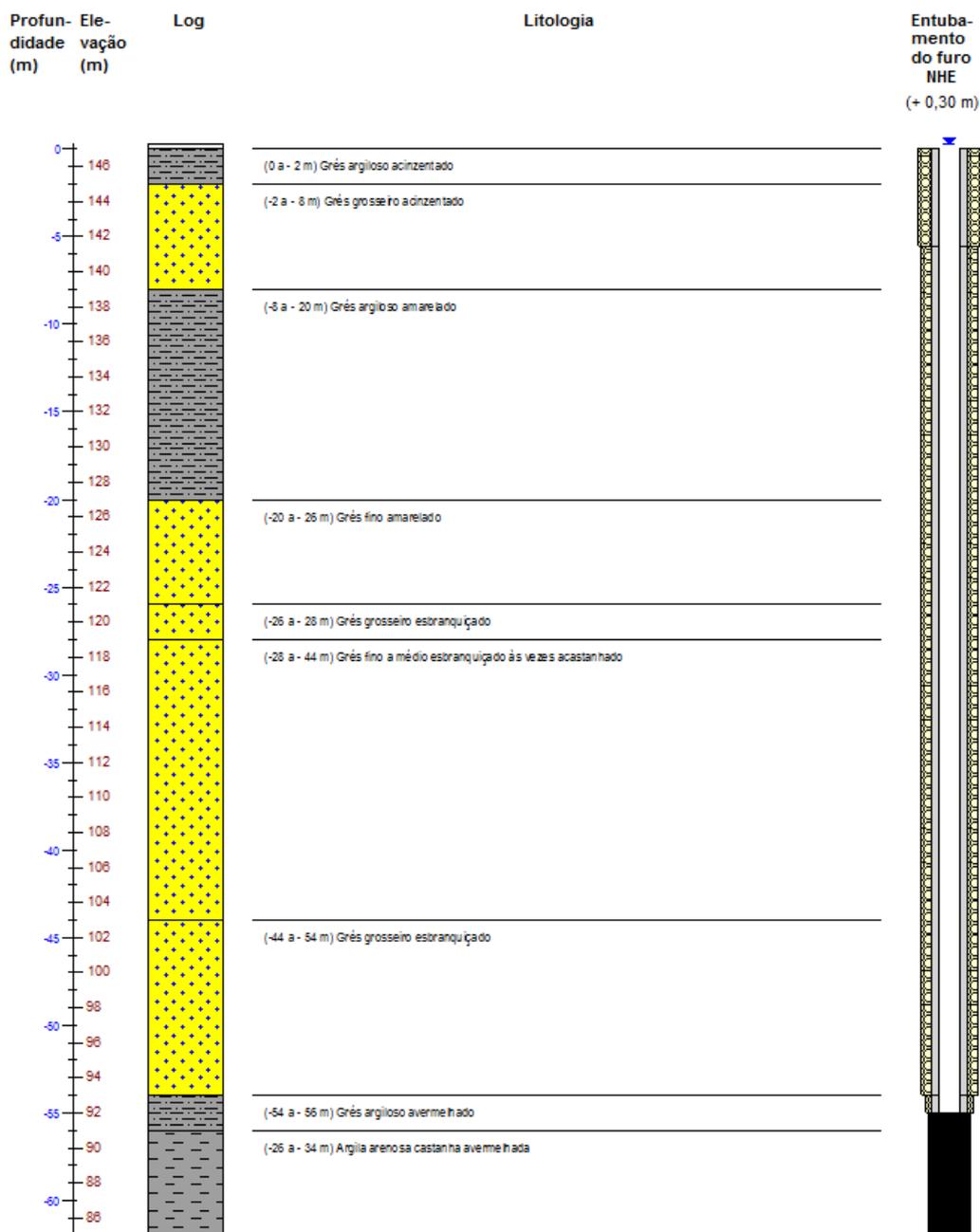
Coordenadas (Datum 73) Longitude: -39189.9 Latitude: -1389.8 Sítio: N. S. Piedade

Empresa construtora: Sondagens e Fundações A. Cavaco, Lda.

Cota: 147 m

Data de realização: 02/04/1979 a 25/10/1979

Profundidade da captação: 62 m



JK10

Câmara Municipal de Ourém

Departamento do Território



Captação de água: JK10

Freguesia: Nossa Senhora da Piedade

Coordenadas (Datum 73) Longitude: -37851.1

Latitude: -1566.7

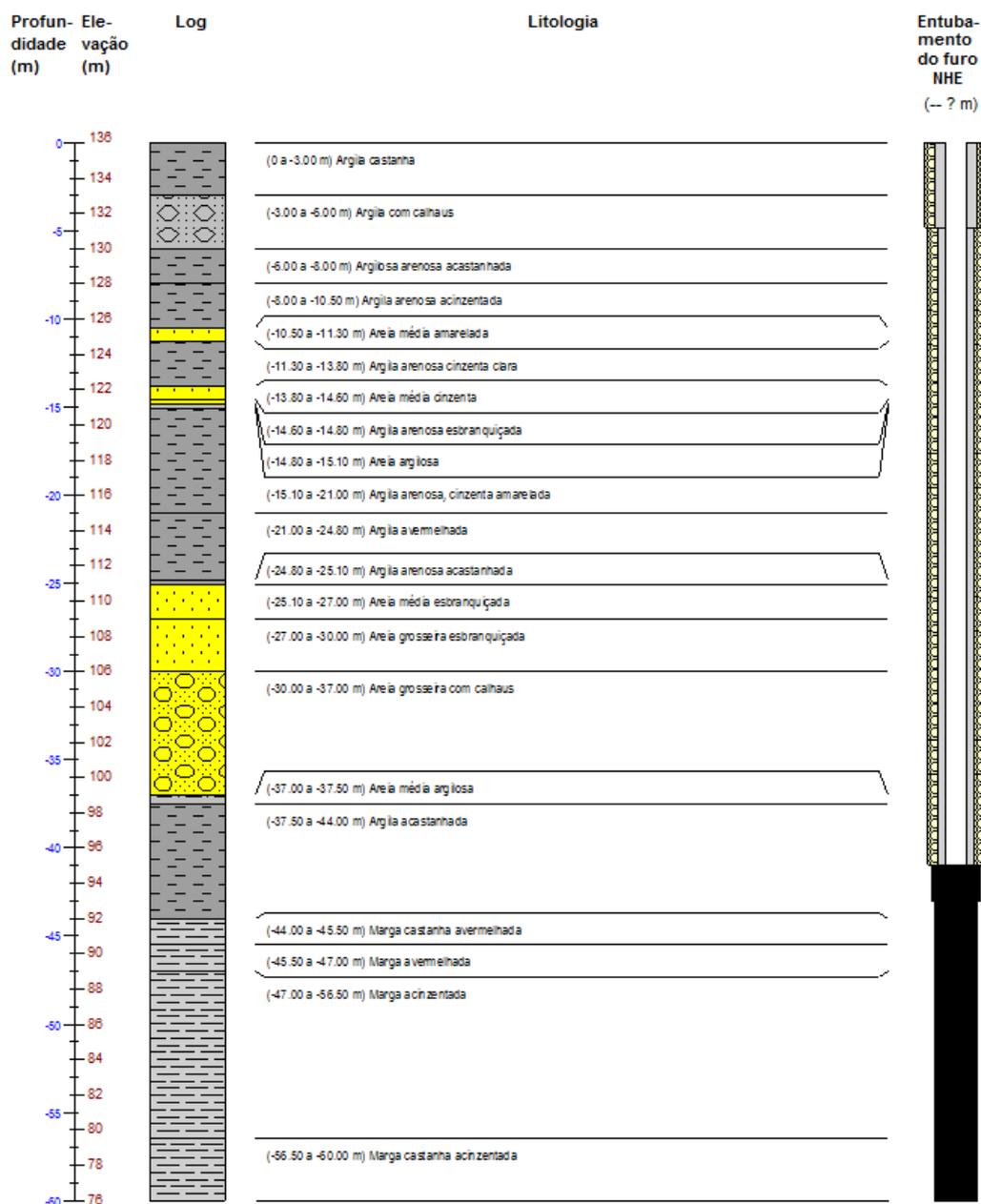
Sítio: Ourém

Empresa construtora: GKN KELLER, S.R.L.

Cota: 136 m

Data de realização: 21/12/1984

Profundidade da captação: 60 m



Nota: Compilado em 22/07/2010 para apoio ao estudo das zonas ameaçadas pelas cheias do Plano de Urbanização de Ourém

Pág. 1 de 1

A. 2 – Fichas de pontos de monitorização do nível piezométrico.

Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo 1/2010

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeiro de Alvega / 301 54 02 10 06

Tipo de sistema aquífero: Livre (freático)

Freguesia: Atouguia

Lugar: S. Sebastião

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

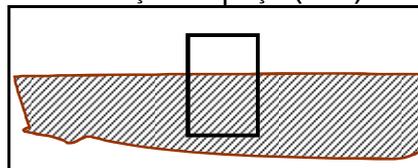
X: -40807.83

Y: -2507.83

Z: 158.6

Posição na Paisagem: fundo de vale, margem direita

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 0.85

Profundidade perfuração (m): 1.15

Prof. Nível hidrostático (m): 0.61

Nível piezométrico (m): 158.0

Data da campanha: 06-04-2010

Hora da campanha: 09h:50m

Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): Bom

Cumprimento da Lei: Não

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: 1,40 m; o proprietário esclareceu que no Verão (Agosto) só consegue retirar água do poço durante 30 mn.

Foto de integração na Paisagem



Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo 2/2010

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeiro das Silveiras / 301 54 02 10 06 02

Tipo de sistema aquífero: Livre (freático)

Freguesia: Nossa Senhora das Misericórdias

Lugar: S. Sebastião

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

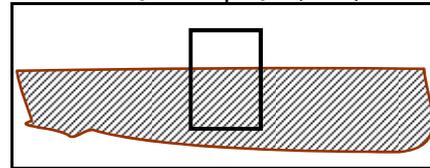
X: -40808.16

Y: -2540.38

Z: 159.3

Posição na Paisagem: fundo de vale, margem direita

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 1.33

Profundidade perfuração (m): 4.77

Prof. Nível hidrostático (m): 2.02

Nível piezométrico (m): 157.3

Data da campanha: 06-04-2010

Hora da campanha: 10h:07m

Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): Regular

Cumprimento da Lei: Sim

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: 2,20 m; Espessura do muro: 10 cm.

Foto de integração na Paisagem



Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo 3/2010

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeiro das Silveiras / 301 54 02 10 06 02

Tipo de sistema aquífero: Livre (freático)

Freguesia: Nossa Senhora das Misericórdias

Lugar: S. Sebastião

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

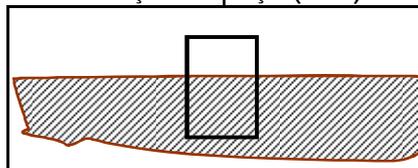
X: -40720.18

Y: -2568.65

Z: 159

Posição na Paisagem: fundo de vale, margem direita

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 1

Profundidade perfuração (m): 5.16

Prof. Nível hidrostático (m): 2.7

Nível piezométrico (m): 156.3

Data da campanha: 06-04-2010

Hora da campanha: 10h:20m

Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): Regular

Cumprimento da Lei: Sim

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: 2,20 m; Espessura do muro: 10 cm.

Foto de integração na Paisagem



Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo 4/2010

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeiro das Silveiras / 301 54 02 10 06 02

Tipo de sistema aquífero: Livre (freático)

Freguesia: Nossa Senhora das Misericórdias

Lugar: S. Sebastião

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

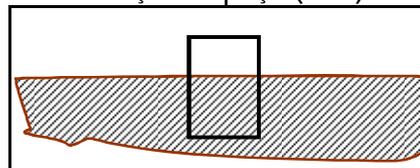
X: -40768.09

Y: -2516.13

Z: 158.3

Posição na Paisagem: fundo de vale, margem direita

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 0.64

Profundidade perfuração (m): 6.01

Prof. Nível hidrostático (m): 2.06

Nível piezométrico (m): 156.2

Data da campanha: 06-04-2010

Hora da campanha: 10h:49m

Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): Regular

Cumprimento da Lei: Não

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: 1,30 m; Espessura do muro: 4 cm.

Foto de integração na Paisagem



Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo 5/2010

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeiro de Alvega / 301 54 02 10 06

Tipo de sistema aquífero: Livre (freático)

Freguesia: Atouguia

Lugar: S. Sebastião

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

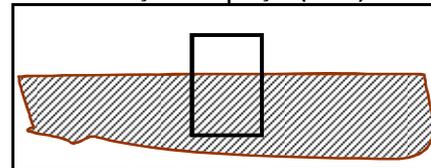
X: -40795.51

Y: -2434.56

Z: 157.1

Posição na Paisagem: fundo de vale, margem esquerda

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 0.85

Profundidade perfuração (m): 6.4

Prof. Nível hidrostático (m): 1.8

Nível piezométrico (m): 155.3

Data da campanha: 06-04-2010

Hora da campanha: 11h:12m

Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): Bom

Cumprimento da Lei: Sim

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: 1,30 m; Espessura do muro: 15 cm.

Foto de integração na Paisagem



Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo 6/2010

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeiro do Cuvo / ?

Tipo de sistema aquífero: Livre (freático)

Freguesia: Atouguia

Lugar: _____

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

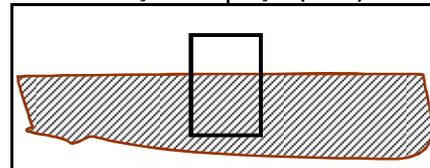
X: -40646.27

Y: -2127.24

Z: 153.6

Posição na Paisagem: fundo de vale, margem direita

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 1.12

Profundidade perfuração (m): 4.2

Prof. Nível hidrostático (m): 1.21

Nível piezométrico (m): 152.4

Data da campanha: 06-04-2010

Hora da campanha: 11h:29m

Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): Bom

Cumprimento da Lei: Sim

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: 3,62 m; Espessura do muro: 11 cm.

Foto de integração na Paisagem



Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo 7/2010

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeira de Seiça / 301 54 02 10

Tipo de sistema aquífero: Livre (freático)

Freguesia: Nossa Senhora das Misericórdias

Lugar: Beltroa

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

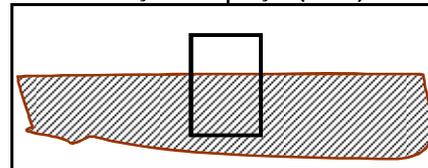
X: -40389.32

Y: -1919.09

Z: 150.0

Posição na Paisagem: fundo de vale, margem direita

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 0.85

Profundidade perfuração (m): 3.85

Prof. Nível hidrostático (m): 0.05

Nível piezométrico (m): 149.95

Data da campanha: 06-04-2010

Hora da campanha: 11h:50m

Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): Regular

Cumprimento da Lei: Sim

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: 3,30 m; Espessura do muro: 12 cm; Falta de limpeza (com plantas); Com peixes.

Foto de integração na Paisagem



Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo 8/2010

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeira de Seiça / 301 54 02 10

Tipo de sistema aquífero: Semi-confinado

Freguesia: Nossa Senhora das Misericórdias

Lugar: Beltrao

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

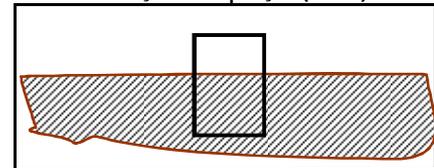
X: -40213.67

Y: -1935.86

Z: 150.0

Posição na Paisagem: fundo de vale, margem direita

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 0.55

Profundidade perfuração (m): 4.25

Prof. Nível hidrostático (m): 1.15

Nível piezométrico (m): 148.85

Data da campanha: 06-04-2010

Hora da campanha: 12h:17m

Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): Bom

Cumprimento da Lei: Não

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: 2,70 m; Espessura do muro: 10 cm; Nível trófico elevado.

Foto de integração na Paisagem



Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo 9/2010

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeiro de Alvega / 301 54 02 10 06

Tipo de sistema aquífero: Livre (freático)

Freguesia: Nossa Senhora das Misericórdias

Lugar: Beltroa

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

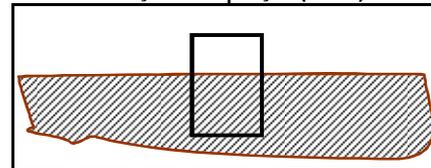
X: -40386.28

Y: -2074.17

Z: 152.1

Posição na Paisagem: fundo de vale, margem direita

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 0.8

Profundidade perfuração (m): 6.3

Prof. Nível hidrostático (m): 1.1

Nível piezométrico (m): 151.00

Data da campanha: 06-04-2010

Hora da campanha: 15h:15m

Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): Regular

Cumprimento da Lei: Sim

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: 4,90 m; Espessura do muro: 13 cm; Com peixes.

Foto de integração na Paisagem



Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo 10/2010

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeira de Seiça / 301 54 02 10

Tipo de sistema aquífero: Semi-confinado

Freguesia: Nossa Senhora das Misericórdias

Lugar: Beltroa

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

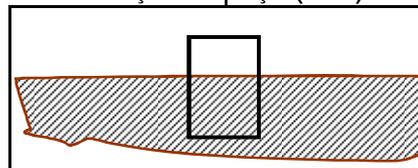
X: -39840.44

Y: -1783.22

Z: 148.2

Posição na Paisagem: fundo de vale, margem direita

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 0.94

Profundidade perfuração (m): 4.76

Prof. Nível hidrostático (m): 1.36

Nível piezométrico (m): 146.87

Data da campanha: 06/04/2010

Hora da campanha: 15h:47m

Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): Regular

Cumprimento da Lei: Sim

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: 1,70 m; Espessura do muro: 20 cm; Proprietário: Sr. Francisco Sá.

Foto de integração na Paisagem



Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo 11/2010

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeira de Seiça / 301 54 02 10

Tipo de sistema aquífero: Semi-confinado

Freguesia: Nossa Senhora das Misericórdias

Lugar: Beltroa

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

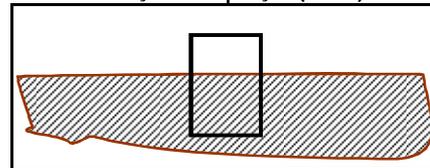
X: -39857.87

Y: -1757.57

Z: 147.9

Posição na Paisagem: fundo de vale, margem direita

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 0.81

Profundidade perfuração (m): 5.79

Prof. Nível hidrostático (m): 1.06

Nível piezométrico (m): 146.84

Data da campanha: 06/04/2010

Hora da campanha: 16h:00m

Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): Regular (a mau)

Cumprimento da Lei: Não

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: 2,70 m; Espessura do muro: 13 cm.

Foto de integração na Paisagem



Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo 12/2010

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeira de Seiça / 301 54 02 10

Tipo de sistema aquífero: Semi-confinado

Freguesia: Nossa Senhora das Misericórdias

Lugar: Beltroa

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

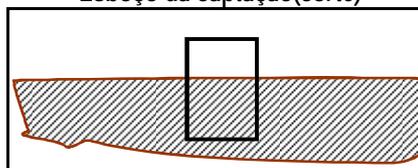
X: -39773.61

Y: -1729.75

Z: 147.3

Posição na Paisagem: fundo de vale, margem direita

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 0.75

Profundidade perfuração (m): 4.5

Prof. Nível hidrostático (m): 1.05

Nível piezométrico (m): 146.29

Data da campanha: 06-04-2010

Hora da campanha: 16h:05m

Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): Mau

Cumprimento da Lei: Não

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: 2,50 m; Espessura do muro: 11 cm; Sr. Que mora ao lado da pastelaria na Melroeira é irmão do proprietário (que não mora no concelho) - informação dada por senhora de porção de solo a Este.

Foto de integração na Paisagem



Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo 13/2010

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeira de Seiça / 301 54 02 10

Tipo de sistema aquífero: Semi-confinado

Freguesia: Nossa Senhora das Misericórdias

Lugar: Beltroa

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

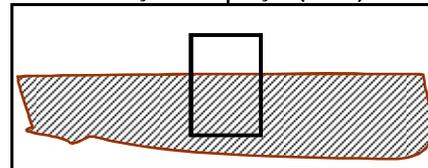
X: -39631.59

Y: -1774.75

Z: 147.5

Posição na Paisagem: fundo de vale, margem direita

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 1

Profundidade perfuração (m): 4.73

Prof. Nível hidrostático (m): 1.08

Nível piezométrico (m): 146.41

Data da campanha: 06-04-2010

Hora da campanha: 16h:40 m

Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): Regular

Cumprimento da Lei: Sim

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: 2,23 m; Espessura do muro: 8 cm; Nível trófico elevado.

Foto de integração na Paisagem



Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo 14/2010

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeira de Seiça / 301 54 02 10

Tipo de sistema aquífero: Semi-confinado

Freguesia: Nossa Senhora das Misericórdias

Lugar: Beltroa

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

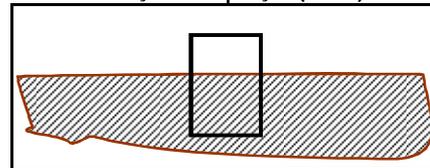
X: -39786.85

Y: -1572.22

Z: 146.3

Posição na Paisagem: fundo de vale, margem direita

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 0.76

Profundidade perfuração (m): 3.24

Prof. Nível hidrostático (m): 1.18

Nível piezométrico (m): 145.11

Data da campanha: 07-04-2010

Hora da campanha: 15h:15 m

Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): Regular

Cumprimento da Lei: Não

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: 2,76 m; Espessura do muro: 13 cm.

Foto de integração na Paisagem



Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo 15/2010

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeira de Seiça / 301 54 02 10

Tipo de sistema aquífero: Semi-confinado

Freguesia: Nossa Senhora das Misericórdias

Lugar: Melroeira

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

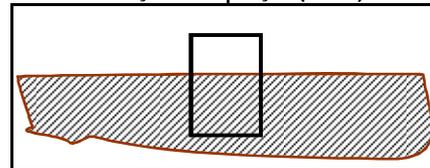
X: -39943.1

Y: -1479.48

Z: 152.3

Posição na Paisagem: fundo de vale, margem esquerda

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 0.68

Profundidade perfuração (m): 5.49

Prof. Nível hidrostático (m): 1.06

Nível piezométrico (m): 151.19

Data da campanha: 07-04-2010

Hora da campanha: 15h:58 m

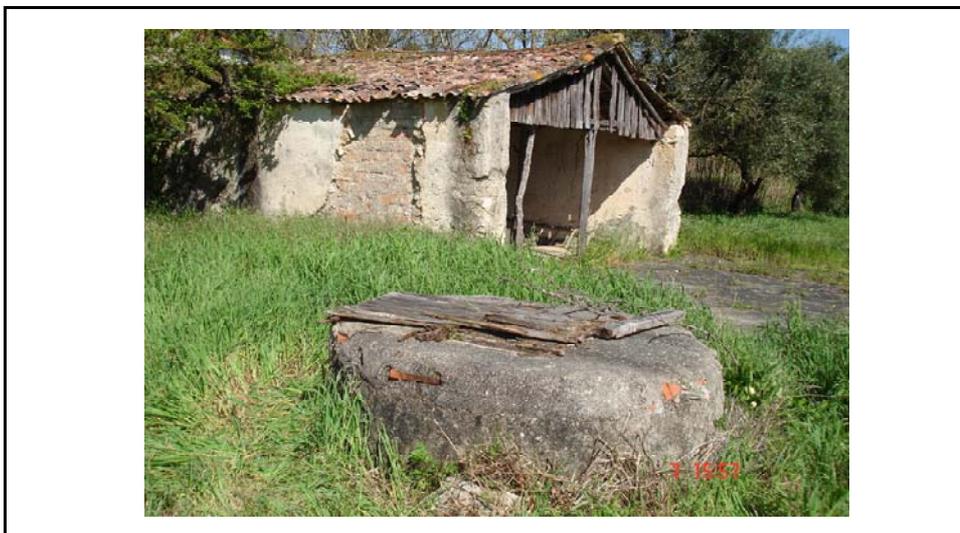
Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): Regular

Cumprimento da Lei: Sim (nota: excepto abertura na cobertura)

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: ? m; Espessura do muro: 15 cm.

Foto de integração na Paisagem



Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo 16/2010

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeira de Seiça / 301 54 02 10

Tipo de sistema aquífero: Livre (freático)

Freguesia: Nossa Senhora das Misericórdias

Lugar: Melroeira

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

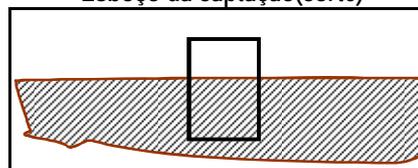
X: -40419.27

Y: -1625.72

Z: 153.9

Posição na Paisagem: fundo de vale, margem esquerda

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 0.8

Profundidade perfuração (m): 5.64

Prof. Nível hidrostático (m): 0.28

Nível piezométrico (m): 153.65

Data da campanha: 07-04-2010

Hora da campanha: 16h:37 m

Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): Regular

Cumprimento da Lei: Não (nota:propriedade vedada)

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: 1,70 m; Espessura do muro: 10 cm; Nível trófico elevado;

Apresenta vestígios do NHE junto à superfície topográfica.

Foto de integração na Paisagem



Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo 17/2010

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeira de Seiça / 301 54 02 10

Tipo de sistema aquífero: Semi-confinado

Freguesia: Nossa Senhora das Misericórdias

Lugar: Melroeira

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

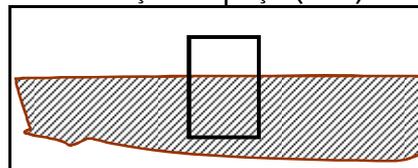
X: -40406.12

Y: -1827.39

Z: 150.0

Posição na Paisagem: fundo de vale, margem esquerda

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 1

Profundidade perfuração (m): 3.45

Prof. Nível hidrostático (m): 1.9

Nível piezométrico (m): 148.10

Data da campanha: 07-04-2010

Hora da campanha: 16h:44 m

Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): Mau

Cumprimento da Lei: Sim

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: 2,80 m; Espessura do muro: 13 cm.

Foto de integração na Paisagem



Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo 18/2010

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeiro do Cuvo / ?

Tipo de sistema aquífero: Livre (freático)

Freguesia: Nossa Senhora das Misericórdias

Lugar: Melroeira

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

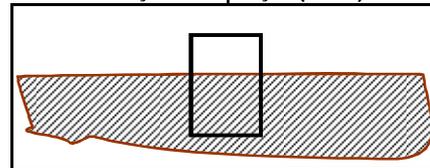
X: -40603.87

Y: -1806.82

Z: 153.9

Posição na Paisagem: fundo de vale, margem esquerda

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 0.9

Profundidade perfuração (m): 2.06

Prof. Nível hidrostático (m): 0

Nível piezométrico (m): 153.90

Data da campanha: 08-04-2010

Hora da campanha: 15h:50 m

Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): Regular

Cumprimento da Lei: Não

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: 2,23 m; Espessura do muro: 10 cm; Nível trófico elevado.

Foto de integração na Paisagem



Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo 19/2010

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeiro do Cuvo / ?

Tipo de sistema aquífero: Livre (freático)

Freguesia: Nossa Senhora das Misericórdias

Lugar: Melroeira

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

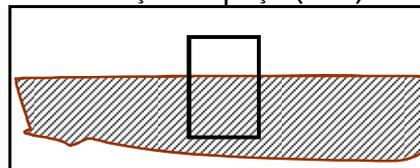
X: -40810.6

Y: -1910.99

Z: 154.8

Posição na Paisagem: fundo de vale, margem esquerda

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 1

Profundidade perfuração (m): 2.38

Prof. Nível hidrostático (m): 0.4

Nível piezométrico (m): 154.42

Data da campanha: 08-04-2010

Hora da campanha: 16h:07 m

Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): Regular

Cumprimento da Lei: Não

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: 2,84 m; Espessura do muro: 12 cm; Nível trófico elevado.

Foto de integração na Paisagem



Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo 20/2010

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeiro do Cuvo / ?

Tipo de sistema aquífero: Livre (freático)

Freguesia: Nossa Senhora das Misericórdias

Lugar: Melroeira

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

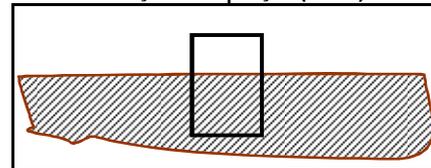
X: -40880.88

Y: -1975.97

Z: 155.0

Posição na Paisagem: fundo de vale, margem esquerda

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 0.8

Profundidade perfuração (m): 8.06

Prof. Nível hidrostático (m): 0.55

Nível piezométrico (m): 154.45

Data da campanha: 08-04-2010

Hora da campanha: 16h:16 m

Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): Regular

Cumprimento da Lei: Sim (Nota: excepto abertura na parede, sector Norte)

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: 1,60 m; Espessura do muro: 14 cm; Nível trófico elevado.

Foto de integração na Paisagem



Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo 21/2010

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeiro do Cuvo / ?

Tipo de sistema aquífero: Livre (freático)

Freguesia: Nossa Senhora das Misericórdias

Lugar: Melroeira

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

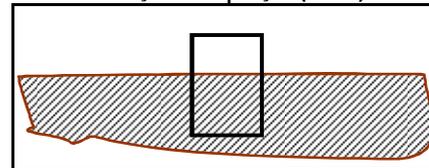
X: -40957.88

Y: -2022.46

Z: 155.0

Posição na Paisagem: fundo de vale, margem esquerda

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 0.67

Profundidade perfuração (m): 6.23

Prof. Nível hidrostático (m): 1.35

Nível piezométrico (m): 153.65

Data da campanha: 08-04-2010

Hora da campanha: 16h:25 m

Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): Regular (a mau)

Cumprimento da Lei: Sim

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: 1,75 m; Espessura do muro: 12 cm.

Foto de integração na Paisagem



Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo 22/2010

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeiro do Cuvo / ?

Tipo de sistema aquífero: Livre (freático)

Freguesia: Nossa Senhora das Misericórdias

Lugar: Melroeira

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

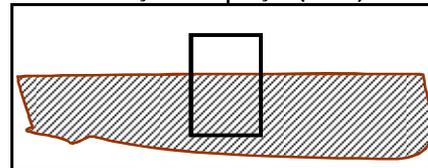
X: -41079.71

Y: -1980.34

Z: 156.2

Posição na Paisagem: fundo de vale, margem esquerda

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 1

Profundidade perfuração (m): 5.4

Prof. Nível hidrostático (m): 0.79

Nível piezométrico (m): 155.36

Data da campanha: 08-04-2010

Hora da campanha: 16h:36m

Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): Regular

Cumprimento da Lei: Não (Nota: abertura na parede)

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: 2,72 m; Espessura do muro: 12 cm; Vestígios de Nível trófico elevado.

Foto de integração na Paisagem



Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo 23/2010

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeiro do Cuvo / ?

Tipo de sistema aquífero: Livre (freático)

Freguesia: Nossa Senhora das Misericórdias

Lugar: Melroeira

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

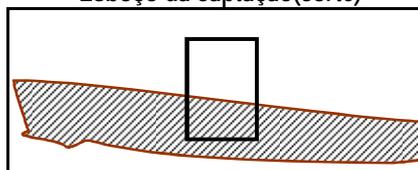
X: -41049.04

Y: -1922.51

Z: 156.4

Posição na Paisagem: fundo de vale, margem esquerda

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 0.7 1.25

Profundidade perfuração (m): 3.7

Prof. Nível hidrostático (m): 0.73

Nível piezométrico (m): 155.65

Data da campanha: 08-04-2010

Hora da campanha: 16h:44m

Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): Regular

Cumprimento da Lei: Não

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: 1,80 m; Espessura do muro: 10 cm; Nível trófico elevado.

Foto de integração na Paisagem



Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo 24/2010

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeiro do Cuvo / ?

Tipo de sistema aquífero: Livre (freático)

Freguesia: Atouguia

Lugar: ?

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

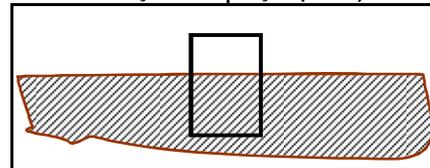
X: -41068.7

Y: -2014

Z: 155.4

Posição na Paisagem: fundo de vale, margem direita

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 0.96

Profundidade perfuração (m): 4.74

Prof. Nível hidrostático (m): 1.07

Nível piezométrico (m): 154.34

Data da campanha: 08-04-2010

Hora da campanha: 16h:52m

Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): Regular

Cumprimento da Lei: Sim

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: 1,40 m; Espessura do muro: 10 cm.

Foto de integração na Paisagem



Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo 25/2010

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeiro do Cuvo / ?

Tipo de sistema aquífero: Livre (freático)

Freguesia: Atouguia

Lugar: ?

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

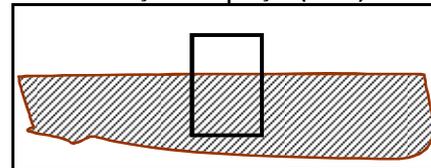
X: -41062.65

Y: -2069.68

Z: 156.5

Posição na Paisagem: fundo de vale, margem direita

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 0.9

Profundidade perfuração (m): 5.75

Prof. Nível hidrostático (m): 1

Nível piezométrico (m): 155.46

Data da campanha: 08-04-2010

Hora da campanha: 17h:00m

Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): Regular

Cumprimento da Lei: Sim

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: 1,64 m; Espessura do muro: 13 cm.

Foto de integração na Paisagem



Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo 26/2010

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeiro do Cuvo / ?

Tipo de sistema aquífero: Livre (freático)

Freguesia: Atouguia

Lugar: ?

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

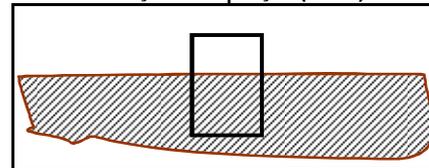
X: -40859.26

Y: -2108.83

Z: 154.9

Posição na Paisagem: fundo de vale, margem direita

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 1

Profundidade perfuração (m): 3.3

Prof. Nível hidrostático (m): 0.53

Nível piezométrico (m): 154.36

Data da campanha: 08-04-2010

Hora da campanha: 17h:11m

Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): Bom

Cumprimento da Lei: Sim

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: 2,37 m; Espessura do muro: 20 cm.

Foto de integração na Paisagem



Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo 27/2010

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeiro do Cuvo / ?

Tipo de sistema aquífero: Livre (freático)

Freguesia: Atouguia

Lugar: ?

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

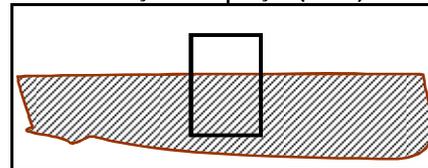
X: -40789.26

Y: -2140.63

Z: 154.4

Posição na Paisagem: fundo de vale, margem direita

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 0.9

Profundidade perfuração (m): 4.3

Prof. Nível hidrostático (m): 0.46

Nível piezométrico (m): 153.97

Data da campanha: 08-04-2010

Hora da campanha: 17h:20m

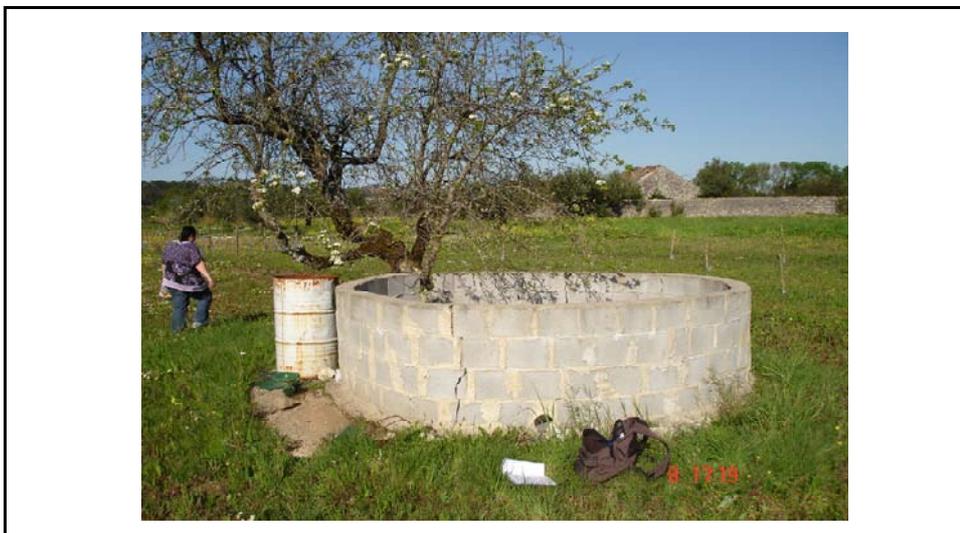
Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): Regular (a mau)

Cumprimento da Lei: Sim

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: 3,46 m; Espessura do muro: 15 cm.

Foto de integração na Paisagem



Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo 28/2010

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeiro do Cuvo / ?

Tipo de sistema aquífero: Livre (freático)

Freguesia: Atouguia

Lugar: ?

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

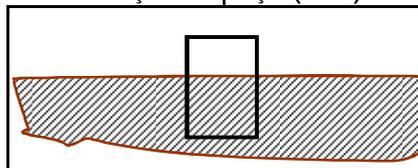
X: -40734.93

Y: -2021.69

Z: 153.8

Posição na Paisagem: fundo de vale, margem direita

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 1

Profundidade perfuração (m): 3.87

Prof. Nível hidrostático (m): 0.65

Nível piezométrico (m): 153.16

Data da campanha: 08-04-2010

Hora da campanha: 17h:30m

Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): Regular

Cumprimento da Lei: Sim

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: 2,34 m; Espessura do muro: 15 cm.

Foto de integração na Paisagem



Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo 29/2010

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeiro do Cuvo / ?

Tipo de sistema aquífero: Livre (freático)

Freguesia: Atouguia

Lugar: ?

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

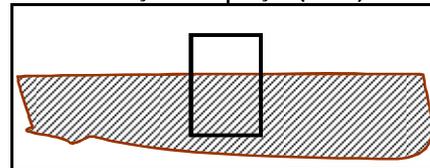
X: -40803.82

Y: -2014.2

Z: 154.9

Posição na Paisagem: fundo de vale, margem direita

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 0.8

Profundidade perfuração (m): 4.3

Prof. Nível hidrostático (m): 0.77

Nível piezométrico (m): 154.11

Data da campanha: 08-04-2010

Hora da campanha: 17h:38m

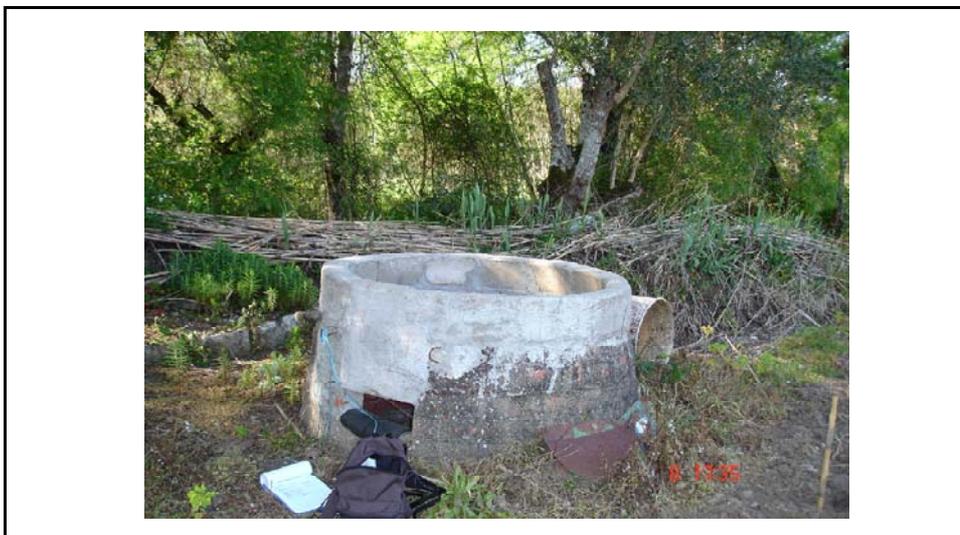
Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): Regular

Cumprimento da Lei: Não

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: 1,70 m; Espessura do muro: 11 cm.

Foto de integração na Paisagem



Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo 30/2010

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeiro do Cuvo / ?

Tipo de sistema aquífero: Livre (freático)

Freguesia: Atouguia

Lugar: ?

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

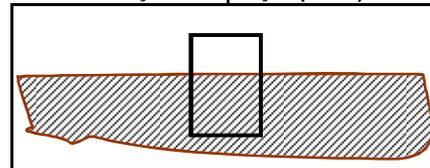
X: -40735.11

Y: -1955.95

Z: 153.8

Posição na Paisagem: fundo de vale, margem direita

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 0.85

Profundidade perfuração (m): 4.8

Prof. Nível hidrostático (m): 1.15

Nível piezométrico (m): 152.62

Data da campanha: 08-04-2010

Hora da campanha: 17h:45m

Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): Regular

Cumprimento da Lei: Não

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: 1,80 m; Espessura do muro: 12 cm.

Foto de integração na Paisagem



Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo 31/2010

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeiro do Cuvo / ?

Tipo de sistema aquífero: Livre (freático)

Freguesia: Atouguia

Lugar: ?

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

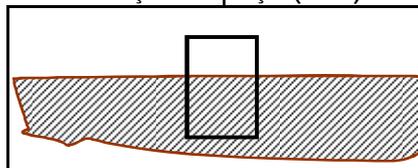
X: -40567.6

Y: -1957.88

Z: 151.3

Posição na Paisagem: fundo de vale, margem direita

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 0.7

Profundidade perfuração (m): ?

Prof. Nível hidrostático (m): 0.68

Nível piezométrico (m): 150.66

Data da campanha: 13-04-2010

Hora da campanha: 17h:56m

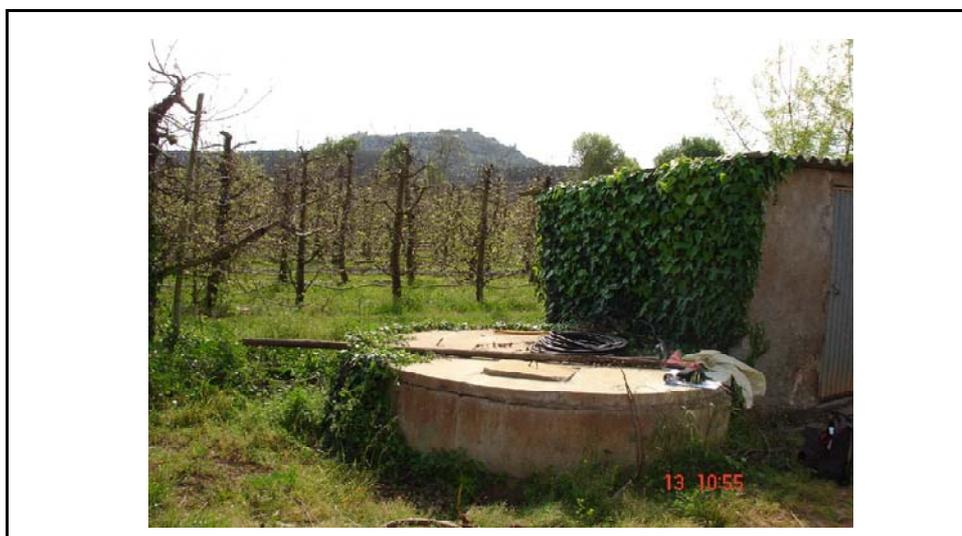
Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): Bom

Cumprimento da Lei: Sim

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: 1,80 m; Espessura do muro: 12 cm.

Foto de integração na Paisagem



Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo 32/2010

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeira de Seiça / 301 54 02 10

Tipo de sistema aquífero: Semi-confinado

Freguesia: Nossa Senhora das Misericórdias

Lugar: Beltroa

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

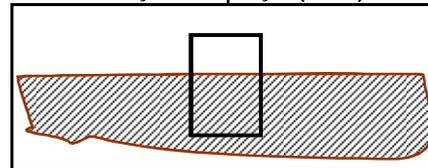
X: -39386.16

Y: -1724.76

Z: 145.8

Posição na Paisagem: fundo de vale, margem direita

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 0.7

Profundidade perfuração (m): 4.7

Prof. Nível hidrostático (m): 1.12

Nível piezométrico (m): 144.65

Data da campanha: 13-04-2010

Hora da campanha: 11h:55m

Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): Regular

Cumprimento da Lei: Sim

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: 2,70 m; Espessura do muro: ? cm.

Foto de integração na Paisagem



Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo 33/2010

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeira de Seiça / 301 54 02 10

Tipo de sistema aquífero: Semi-confinado

Freguesia: Nossa Senhora das Misericórdias

Lugar: Ourém

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

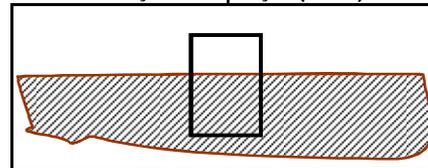
X: -38297.02

Y: -1720.87

Z: 138.5

Posição na Paisagem: fundo de vale, margem direita

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 0.83

Profundidade perfuração (m): 3.39

Prof. Nível hidrostático (m): 1.07

Nível piezométrico (m): 137.41

Data da campanha: 13-04-2010

Hora da campanha: 14h:44m

Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): Regular

Cumprimento da Lei: Sim

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: 2,95 m; Espessura do muro: 11 cm.

Foto de integração na Paisagem



Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo 34/2010

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeira de Seiça / 301 54 02 10

Tipo de sistema aquífero: Semi-confinado

Freguesia: Nossa Senhora das Misericórdias

Lugar: Ourém

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

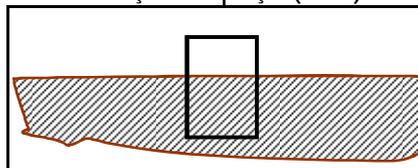
X: -37967.82

Y: -1678.55

Z: 136.0

Posição na Paisagem: fundo de vale, margem direita

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 0.7

Profundidade perfuração (m): 4.8

Prof. Nível hidrostático (m): 1.2

Nível piezométrico (m): 134.81

Data da campanha: 13-04-2010

Hora da campanha: 15h:00m

Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): Bom

Cumprimento da Lei: Não

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: 2,70 m; Espessura do muro: 11 cm.

Foto de integração na Paisagem



Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeira de Seiça / 301 54 02 10

Tipo de sistema aquífero: Livre (freático)

Freguesia: Nossa Senhora das Misericórdias

Lugar: Ourém

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

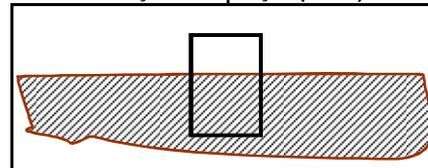
X: -37753.74

Y: -1807.24

Z: 139.2

Posição na Paisagem: fundo de vale, margem direita

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 1

Profundidade perfuração (m): 2.7

Prof. Nível hidrostático (m): 0.35

Nível piezométrico (m): 138.84

Data da campanha: 13-04-2010

Hora da campanha: 15h:35m

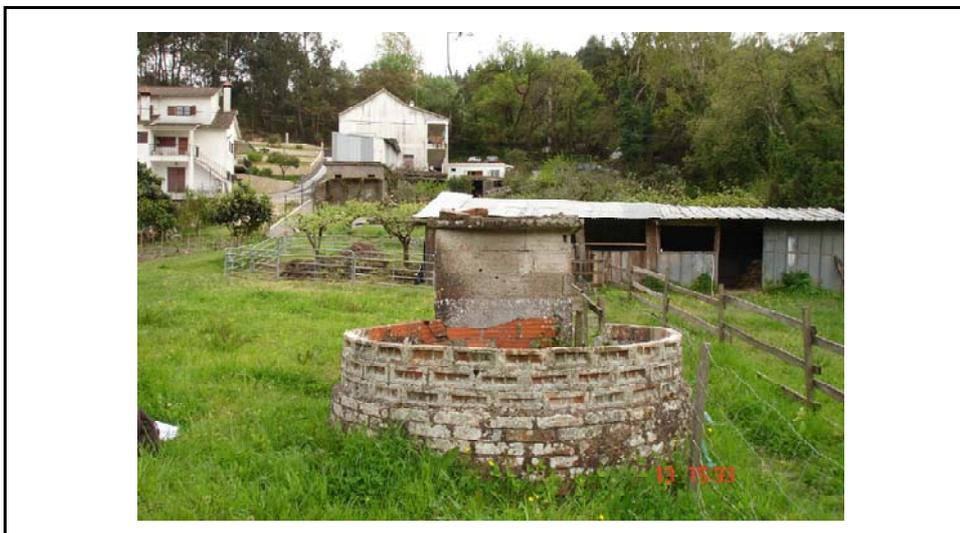
Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): ?

Cumprimento da Lei: ?

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: 2,40 m; Espessura do muro: 8 cm.

Foto de integração na Paisagem



Projecto de Delimitação da Zona Ameaçada por Cheia no Plano de Urbanização de Ourém
- Inventário de Pontos de Água -

N.º de registo 36/2010

Enquadramento Geográfico

Sub-bacia hidrográfica / Classificação Decimal (INAG): Ribeira de Seiça / 301 54 02 10

Tipo de sistema aquífero: Livre (freático)

Freguesia: Nossa Senhora das Misericórdias

Lugar: Ourém

Localização Geográfica

Mapa Topográfico 25K (CMP): n.º: 309

Coordenadas (sistema de referência HGD73)

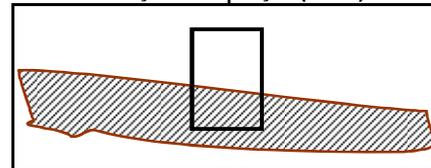
X: -37741.05

Y: -1855.99

Z: 142.2

Posição na Paisagem: Vertente, margem direita

Esboço da captação(corte)



Características Gerais da Captação

Tipo de captação: poço

Utilização da água: agrícola

Altura do muro/boca (m): 1.08

Profundidade perfuração (m): 3.07

Prof. Nível hidrostático (m): 0.02

Nível piezométrico (m): 142.16

Data da campanha: 13-04-2010

Hora da campanha: 15h:40m

Estado de conservação (Bom; Regular; Mau): Regular

Cumprimento da Lei: Sim

Observações

Diâmetro (exterior) da boca: 2,43 m; Espessura do muro: 8 cm; Nível trófico elevado.

Foto de integração na Paisagem



A. 3. – Correspondência entre os números de escoamento para diferentes condições antecedentes de humedecimento do solo (antecedent moisture conditions) (Ext. de LENCASTRE e FRANCO, 2010, p. 297).

AMC			AMC		
I	II	III	I	II	III
100	100	100	40	60	78
97	99	100	39	59	77
94	98	99	38	58	76
91	97	99	37	57	75
89	96	99	36	56	75
87	95	98	35	55	74
85	94	98	34	54	73
83	93	98	33	53	72
81	92	97	32	52	71
80	91	97	31	51	70
78	90	96	31	50	70
76	89	96	30	49	69
75	88	95	29	48	68
73	87	95	28	47	67
72	86	94	27	46	66
70	85	94	26	45	65
68	84	93	25	44	64
67	83	93	25	43	63
66	82	92	24	42	62
64	81	92	23	41	61
63	80	91	22	40	60
62	79	91	21	39	59
60	78	90	21	38	58
59	77	89	20	37	57
58	76	89	19	36	56
57	75	88	18	35	55
55	74	88	18	34	54
54	73	87	17	33	53
53	72	86	16	32	52
52	71	86	16	31	51
51	70	85	15	30	50
50	69	84	12	25	43
48	68	84	9	20	37
47	67	83	6	15	30
46	66	82	4	10	22
45	65	82	2	5	13
44	64	81	0	0	0
43	63	80			
42	62	79			
41	61	78			

A. 4. – Valores característicos do troço fluvial modelado para todas as secções da rib.º de Seiça, no troço fluvial modelado, para a cheia centenária.

Bacia vertente	Estação fluvial	Q Total (m³/s)	Cota do leito (mín.) (m)	Cota da lâmina de água (m)	Linha de energia (m/m)	Velocidade (canal) (m/s)	Área de escoamento (m²)	Largura da lâmina de água (m)	N.º de Froude (canal) (ad.)	Volume (total) (1000 m³)	Volume (canal) (1000 m³)	Volume (margem esquerda) (1000 m³)	Volume (margem direita) (1000 m³)
	(montante-jusante)												
Bacia vertente 1	4554,053	174,18	151	153,01	0,01011	1,26	106,49	195,64	0,3	722,35	88,67	193,21	440,47
Bacia vertente 2 (Ponte dos Namorados)	4542,011	174,18	151	152,91	0,008091	1,1	118	213,34	0,27	720,86	88,54	192,85	439,47
	4530,344	174,18	151	152,81	0,008345	1,07	116,69	214,7	0,27	719,57	88,43	192,6	438,55
	4515,034	174,18	151	152,68	0,008735	1,02	114,29	221,88	0,27	717,94	88,29	192,23	437,42
	4501,19	174,18	151	152,59	0,006338	0,83	130,12	237,09	0,22	716,11	88,18	191,61	436,33
	4492,145	174,18	151	152,56	0,005657	0,78	133,34	230,27	0,22	715,18	88,11	191,35	435,72
	4485,513	174,18	151	152,52	0,005632	0,74	132,25	226,63	0,21	714,44	88,06	191,14	435,25
	4480,27	174,18	151	152,47	0,006482	0,74	125,22	222,41	0,22	713,58	88,03	190,89	434,66
	4475,121	174,18	151	152,39	0,008326	0,82	113,64	216,02	0,25	712,73	88	190,64	434,08
	4466,723	174,18	151	152,31	0,00905	0,9	110,55	209,45	0,27	711,84	87,95	190,35	433,55
	4456,288	174,18	151	152,17	0,012353	0,96	97,73	199,66	0,3	710,91	87,86	190,11	432,94
	4443,599	174,18	151	152,11	0,009399	0,7	104,16	195,66	0,25	710,07	87,8	189,69	432,59
	4432,318	174,18	150	152,09	0,005677	0,95	126,5	199,32	0,22	709,31	87,71	189,32	432,27
	4424,808	174,18	150	152,07	0,005054	0,94	135,14	201,6	0,21	708,52	87,61	188,9	432,01
	4415,08	174,18	150	152,04	0,004876	0,88	137,94	203,97	0,2	707,45	87,49	188,53	431,43
	4406,845	174,18	150	152	0,004921	0,79	138,28	203,98	0,19	706,42	87,42	188,05	430,95
	4395,223	174,18	150	151,94	0,005534	0,94	129,88	191,56	0,22	705,33	87,31	187,57	430,45
	4380,762	174,18	150	151,86	0,007187	1,04	118,11	190,87	0,25	704,05	87,12	186,98	429,95
	4364,961	174,18	150	151,81	0,006235	0,93	124,21	200,1	0,22	703,07	86,92	186,59	429,56
	4347,72	174,18	150	151,74	0,006203	0,89	125,93	206,73	0,22	701,47	86,74	186,17	428,56
	4324,272	174,18	150	151,6	0,008752	0,94	114,12	201,81	0,25	699,58	86,55	186	427,03
	4303,793	174,18	150	151,54	0,008064	0,94	115,44	198,54	0,25	698,7	86,39	185,72	426,58
	4294,054	174,18	150	151,46	0,007534	0,82	112,54	190,28	0,23	697,61	86,32	185,32	425,97
	4281,217	174,18	150	151,36	0,007607	0,82	109,24	178,96	0,23	696,29	86,24	184,85	425,2
	4272,399	174,18	150	151,24	0,00948	0,87	100,82	182,9	0,26	695,17	86,18	184,52	424,47
	4265,182	174,18	150	151,1	0,013984	0,97	91,43	204,87	0,31	694,3	86,13	184,27	423,91
	4253,45	174,18	150	150,99	0,016425	1,03	91,94	227,35	0,35	693,61	86,05	184,08	423,49
	4222,479	174,18	149	150,71	0,027462	1,78	91,11	254,28	0,45	692,43	85,81	183,97	422,65
	4188,418	174,18	149	150,63	0,011772	1,21	119,28	258,73	0,31	691,66	85,5	183,89	422,27
4177,288	174,18	149	150,47	0,017099	1,27	103,67	242,79	0,35	690,75	85,4	183,82	421,53	
4165,903	174,18	149	150,33	0,012179	1,01	124,13	277,14	0,3	689,39	85,33	183,76	420,31	
4149,916	174,18	149	150,11	0,010409	0,8	139,91	294,62	0,26	686,63	85,25	183,65	417,73	
4126,645	174,18	149	149,9	0,008341	0,62	154,18	305,49	0,23	683,1	85,15	183,48	414,47	

Bacia vertente	Estação fluvial	Q Total	Cota do leito (min.)	Cota da lâmina de água	Linha de energia	Velocidade (canal)	Área de escoamento	Largura da lâmina de água	N.º de Froude (canal)	Volume (total)	Volume (canal)	Volume (margem esquerda)	Volume (margem direita)
	(montante- jusante)	(m³/s)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m²)	(m)	(ad.)	(1000 m³)			
	4098,875	174,18	148	149,58	0,008074	0,9	158,68	289,69	0,24	677,17	85,02	183,34	408,81
	4070,909	174,18	148	149,45	0,00728	0,76	165,55	312,85	0,22	674,18	84,87	183,28	406,03
	4043,465	174,18	148	149,29	0,007487	0,79	166,22	327,19	0,24	670,56	84,71	183,25	402,6
	4030,267	174,18	148	149,2	0,007315	0,72	165,8	326,65	0,22	668,68	84,63	183,24	400,81
	4014,248	174,18	148	149	0,010141	0,77	147,16	304,78	0,26	665,23	84,54	183,23	397,46
	3983,781	174,18	147	148,81	0,009664	1,15	146,51	289,03	0,29	662,38	84,25	183,23	394,9
	3961,145	174,18	147	148,68	0,00977	1,14	147,57	300,57	0,29	660,38	83,95	183,19	393,24
	3933,194	174,18	147	148,54	0,007879	0,97	158,45	327,38	0,26	657,91	83,6	183,04	391,28
	3909,199	174,18	147	148,27	0,017787	1,26	109,19	295,42	0,38	655,51	83,34	182,97	389,21
	3863,433	174,18	146	148,19	0,006976	1,17	155,74	328,78	0,26	653,8	82,72	182,79	388,3
	3848,999	174,18	146	148,09	0,006001	1,04	157,83	316,44	0,23	651,41	82,48	182,63	386,3
	3831,284	174,18	146	148,01	0,007179	1,06	143,13	297,99	0,25	649,97	82,25	182,5	385,22
	3799,65	174,18	146	147,86	0,010642	1,24	124,22	273,52	0,3	648,05	81,93	182,21	383,9
	3757,693	174,18	145	147,64	0,008744	1,39	126,76	242,88	0,29	645,01	81,33	181,88	381,81
	3733,727	174,18	145	147,46	0,008734	1,37	126,17	240,42	0,29	642,42	80,94	181,71	379,77
	3708,151	174,18	145	147,3	0,007649	1,24	129,47	234,87	0,28	639,84	80,56	181,53	377,74
	3681,229	174,18	145	147,17	0,005245	0,98	135,97	234,94	0,23	636,99	80,16	181,39	375,44
	3656,746	174,18	145	147,06	0,004858	0,91	142,4	237,7	0,22	633,83	79,79	181,3	372,74
	3636,862	174,18	145	146,89	0,010561	1,25	115,05	229,65	0,32	631,32	79,49	181,26	370,57
	3616,664	174,18	144	146,68	0,010745	1,52	112,54	221,28	0,33	629,17	79,15	181,22	368,79
	3599,873	174,18	144	146,58	0,00733	1,32	120,47	218,57	0,28	627,7	78,81	181,13	367,76
	3570,929	174,18	144	146,51	0,004436	0,99	145,09	218,61	0,21	625,47	78,28	180,91	366,27
	3541,809	174,18	144	146,45	0,004829	1,06	147,5	230,9	0,22	623,13	77,76	180,31	365,06
	3517,302	174,18	144	146,35	0,00574	1,11	139,95	214,62	0,24	620,64	77,27	179,84	363,53
	3482,434	174,18	144	146,24	0,005562	1,05	138,81	204,02	0,23	618,06	76,67	179	362,39
	3464,122	174,18	144	146,11	0,005855	1,02	138,66	197,72	0,23	614,97	76,41	178,48	360,09
	3433,038	174,18	143	145,96	0,003652	0,98	158,07	194,54	0,19	609,84	75,95	177,73	356,15
	3419,088	174,18	143	145,93	0,002309	0,79	183,72	196,86	0,15	606,84	75,72	177,35	353,76
	3402,76	174,18	143	145,9	0,001934	0,72	195,13	202,04	0,14	603,81	75,46	176,73	351,61
	3384,247	174,18	143	145,87	0,001673	0,68	203,31	207,33	0,13	600,17	75,13	175,91	349,13
	3367,605	174,18	143	145,84	0,001401	0,62	214,18	212,35	0,12	596,69	74,83	175,08	346,79
	3351,58	174,18	143	145,82	0,001286	0,58	220	217,13	0,11	592,99	74,56	174,22	344,22
	3338,892	174,18	143	145,8	0,00121	0,56	224,36	223,69	0,11	589,4	74,35	173,57	341,49
	3322,262	174,18	143	145,78	0,001175	0,55	227,33	229,53	0,11	585,5	74,08	172,65	338,77
	3306,097	174,18	143	145,76	0,001178	0,56	229,35	235,09	0,11	581,73	73,81	171,76	336,17

Bacia vertente	Estação fluvial	Q Total	Cota do leito (mín.)	Cota da lâmina de água	Linha de energia	Velocidade (canal)	Área de escoamento	Largura da lâmina de água	N.º de Froude (canal)	Volumen (total)	Volumen (canal)	Volumen (margem esquerda)	Volumen (margem direita)
	(montante-justante)	(m³/s)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m²)	(m)	(ad.)	(1000 m³)			
Bacia vertente 3 (Ponte dos Cónegos)	3288,972	174,18	143	145,74	0,001313	0,59	225,51	240,74	0,12	577,51	73,47	170,87	333,18
	3271,828	174,18	143	145,71	0,00155	0,64	214,5	238,03	0,13	574,14	73,06	169,99	331,09
	3257,673	174,18	143	145,67	0,002344	0,78	189,14	235,83	0,16	570,97	72,68	169,44	328,84
	3242,118 (ST 1)	181,82	142,42	145,37	0,024939	2,47	85,91	144,14	0,51	568,73	72,23	169,14	327,36
	3231,114	181,82	143	145,13	0,009823	1,32	96,69	131,26	0,31	567,09	71,93	169,11	326,05
	3217,144 (ST 2)	181,82	143	145,1	0,005799	0,96	124,67	168,95	0,23	565,76	71,59	169,06	325,11
	3200,195	181,82	142,5	145,04	0,005348	0,93	131,89	167,86	0,22	564,07	71,26	168,96	323,85
	3186,063	181,82	142,5	145	0,004273	0,85	144,32	177,99	0,2	562,54	71,02	168,84	322,68
	3168,03	181,82	142,5	144,95	0,004744	0,87	140,8	177,07	0,21	561,1	70,69	168,65	321,75
	3150,553	181,82	142,5	144,9	0,00447	0,88	140,32	169,25	0,21	559,41	70,36	168,43	320,62
	3133,96	181,82	142,5	144,85	0,003348	0,77	149,47	157,85	0,18	557,33	70,06	168,11	319,16
	3121,73	181,82	142,5	144,8	0,003403	0,77	145,24	149,59	0,18	555,6	69,84	167,8	317,96
	3089,611	181,82	142,5	144,63	0,00633	1,03	113,85	127,3	0,24	552,35	69,29	167,26	315,8
	3071,144	181,82	142,2	144,55	0,003782	0,79	133,93	133,05	0,19	549,56	68,99	166,85	313,73
	3045,776 (ST 3)	181,82	142,5	144,46	0,003667	0,75	137,21	141,49	0,18	546,07	68,6	166,06	311,41
	3029,375	181,82	142	144,4	0,003492	0,78	142,67	147,87	0,18	543,7	68,34	165,55	309,81
	3015,723	181,82	142	144,35	0,003177	0,77	146,78	147,86	0,17	541,37	68,11	165,1	308,16
	3001,885	181,82	142	144,31	0,002792	0,71	154,54	155,1	0,16	539,01	67,87	164,67	306,47
	2983,931	181,82	142	144,21	0,004134	0,84	132,61	145,87	0,2	536,27	67,55	164,14	304,58
	2960,401	181,82	142	144,07	0,00671	1,06	122,05	147,43	0,26	533,24	67,11	163,54	302,59
2936,999	181,82	142	143,85	0,011522	1,31	116,76	164,52	0,33	530,29	66,69	163,13	300,47	
2917,454	181,82	142	143,63	0,00875	0,98	119,22	182,44	0,27	527,74	66,41	162,91	298,42	
2901,381	181,82	141,84	143,51	0,005132	0,76	162,02	251,28	0,21	524,58	66,21	162,65	295,73	
2875,166	181,82	141,5	143,34	0,008618	1	148,19	229,04	0,27	520,8	65,86	162,36	292,58	
2857,512 (ST 4)	181,82	141,33	143,14	0,008885	0,98	145,23	220,25	0,27	517,49	65,63	162,15	289,71	
2840,117	181,82	141,49	143,05	0,010776	1,11	141,61	208,11	0,31	515,99	65,41	161,96	288,62	
2822,474	181,82	141,5	142,92	0,010871	1,07	141,16	201,92	0,31	514,35	65,18	161,95	287,21	
2808,919	181,82	141,5	142,83	0,01086	0,97	144,04	231,99	0,29	513,08	65,03	161,88	286,17	
2800,58	181,82	141,5	142,72	0,013061	0,92	134,86	238,02	0,3	511,88	64,97	161,69	285,23	
2794,45	181,82	141	142,62	0,013524	0,89	130,15	239,51	0,29	510,95	64,92	161,63	284,39	
2776,09	181,82	141	142,4	0,020727	1,27	112,74	216,06	0,39	509,6	64,78	161,58	283,24	
2758,863	181,82	139,62	142,17	0,02022	1,79	122,26	240,32	0,42	508,17	64,58	161,36	282,23	
2737,692	181,82	140	141,9	0,0178	1,57	123,13	233,25	0,39	506,46	64,31	160,84	281,3	
2717,557	181,82	140	141,55	0,022273	1,4	106,59	212,12	0,41	504,67	64,14	160,15	280,38	
2696,297	181,82	139,5	141,25	0,010168	1,05	129,61	217,34	0,28	502,05	63,96	159,54	278,54	

Bacia vertente	Estação fluvial	Q Total	Cota do leito (mín.)	Cota da lâmina de água	Linha de energia	Velocidade (canal)	Área de escoamento	Largura da lâmina de água	N.º de Froude (canal)	VOLUME (total)	VOLUME (canal)	VOLUME (margem esquerda)	VOLUME (margem direita)
	(montante- jusante)	(m³/s)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m²)	(m)	(ad.)	(1000 m³)			
	2667,887	181,82	138	141,1	0,00481	0,97	162,02	224,93	0,2	498,3	63,54	158,8	275,96
	2654,546	181,82	138	141,02	0,00534	1,01	154,89	227,27	0,21	495,85	63,29	158,17	274,39
	2644,108	181,82	137,5	140,95	0,006564	1,09	145,79	233,01	0,22	494,4	63,12	157,65	273,64
	2631,984	181,82	137,5	140,9	0,007018	1,11	146,52	236,02	0,22	493,03	62,92	157,17	272,94
	2615,647	181,82	137,5	140,79	0,007873	1,14	146,37	244,1	0,24	490,83	62,69	156,26	271,88
	2592,697	181,82	137,29	140,71	0,005462	1,11	173,48	261,88	0,22	488,26	62,36	155,1	270,8
	2569,633	181,82	137,5	140,65	0,003885	0,83	186,31	271,38	0,17	485,45	62,02	154,14	269,29
	2551,535	181,82	137,5	140,6	0,002919	0,86	199,2	266,8	0,17	482,41	61,67	152,92	267,82
	2532,807	181,82	137,5	140,53	0,003944	0,88	172,39	244,53	0,18	479,3	61,33	151,71	266,26
	2520,255	181,82	137,35	140,48	0,003581	0,96	174,16	233,23	0,19	476,99	61,12	150,68	265,19
	2503,59	181,82	137,5	140,43	0,003183	0,88	178,28	225,24	0,18	474,22	60,73	149,59	263,91
	2483,958	181,82	137,5	140,37	0,002918	0,85	180,81	219,51	0,17	470,73	60,26	148,05	262,42
	2466,028	181,82	136,94	140,3	0,00386	0,97	169,97	238,14	0,18	467,63	59,85	146,95	260,83
	2447,921 (ST 5)	181,82	137	140,24	0,002853	0,82	181,78	247,99	0,16	464,29	59,5	145,99	258,79
	2423,499	181,82	136,52	140,18	0,002767	0,83	199,25	255,3	0,16	460,22	59,03	144,72	256,47
	2389,624	181,82	136,81	140,08	0,00308	0,92	206,72	262,3	0,17	454	58,31	143,44	252,24
	2370,308	181,82	136,93	140,02	0,002447	0,8	227,82	327,29	0,15	449,03	57,9	141,61	249,51
	2358,238	181,82	137	139,97	0,00208	0,71	229,85	304,52	0,14	445,07	57,67	140,57	246,83
	2343,958	181,82	136,5	139,95	0,001922	0,73	229,63	292,43	0,14	443,09	57,41	140,08	245,6
	2320,475	181,82	136,5	139,91	0,002065	0,71	209,95	271,83	0,13	440,17	57	139,69	243,48
	2293,984	181,82	136,5	139,89	0,001483	0,64	219,61	261,47	0,12	436,68	56,52	138,76	241,41
	2281,391	181,82	136,5	139,87	0,001172	0,59	233,23	260,71	0,11	433,61	56,24	137,83	239,53
	2269,986	181,82	136,5	139,86	0,001275	0,56	227,71	259,24	0,1	431,09	56,04	136,75	238,3
	2257,49 (ST 6)	181,82	136,5	139,84	0,001123	0,53	245,2	257,7	0,1	428,11	55,86	135,44	236,82
	2237,306	181,82	136,5	139,83	0,001008	0,54	259,12	240,67	0,1	422,55	55,57	132,91	234,07
	2224,98	181,82	136,5	139,82	0,000749	0,47	289,53	232,62	0,09	419,07	55,36	131,35	232,36
	2191,278	181,82	135,5	139,82	0,000373	0,35	358,27	260,98	0,06	412,12	54,46	129,12	228,54
	2166,906	181,82	136	139,81	0,000325	0,32	371,49	289,02	0,06	403,72	53,82	125,59	224,3
	2159,768	181,82	136	139,81	0,000267	0,29	392,36	285,47	0,05	400,1	53,69	123,13	223,29
	2141,698	181,82	136	139,8	0,000241	0,29	399	274,09	0,05	392,91	53,38	119,07	220,46
	2103,034	181,82	136	139,8	0,000237	0,27	415,79	269,21	0,05	383,88	52,75	117,12	214,01
	2065,91	181,82	135,31	139,79	0,000154	0,71	395,48	243,52	0,12	374,48	51,13	113,68	209,67
	2053,979	181,82	135,5	139,79	0,000171	0,72	378,56	235,27	0,12	370,13	50,43	112,05	207,65
	2039,774	181,82	135,5	139,78	0,000187	0,71	360,86	228,57	0,12	367,05	49,85	110,96	206,24
	2025,701	181,82	135,5	139,78	0,000112	0,62	374,48	227,46	0,1	362,07	49,19	109,68	203,2

Bacia vertente	Estação fluvial	Q Total	Cota do leito (mín.)	Cota da lâmina de água	Linha de energia	Velocidade (canal)	Área de escoamento	Largura da lâmina de água	N.º de Froude (canal)	Volumen (total)	Volumen (canal)	Volumen (margem esquerda)	Volumen (margem direita)
	(montante-jusante)	(m³/s)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m²)	(m)	(ad.)	(1000 m³)			
Bacia vertente	2006,562	181,82	135,5	139,77	0,000198	0,76	302,96	220,9	0,12	357,33	48,25	108,26	200,82
	1986,256	181,82	135,5	139,76	0,000315	0,97	254,06	192,44	0,16	351,97	47,34	107,27	197,36
	1977,903 (ST 7)	220,79	134,99	139,65	0,001249	1,99	169,93	156,59	0,33	350,27	46,92	106,95	196,4
Bacia vertente 4 (Ponte Nova)	1960,244	220,79	135,41	139,27	0,005226	3,27	95,64	122,66	0,59	348,14	45,99	106,68	195,46
	1946,182 (ST 8)	220,79	134,5	137,39	0,029579	6,51	40,53	56,62	1,36	347,24	45,4	106,68	195,16
	1925,106	220,79	134,5	137,3	0,019552	5,4	45,69	59,07	1,19	346,37	44,65	106,68	195,04
	1909,774	220,79	134,04	137,51	0,010445	4,31	66,69	92,46	0,89	345,57	44	106,65	194,92
	1886,944	220,79	134,26	137,79	0,004649	2,97	130,39	152,17	0,58	343,33	43,1	106,3	193,93
	1876,825	220,79	134,47	137,61	0,006326	3,39	106,88	145,65	0,68	341,89	42,77	106,13	192,99
	1862,616 (ST 9)	220,79	134,39	137,64	0,003709	2,54	140,02	186,75	0,52	339,89	42,28	106,07	191,54
	1848,578	220,79	134,5	137,63	0,002982	2,28	160,25	207,25	0,47	337,72	41,79	106	189,94
	1833,607	220,79	134,27	137,32	0,007214	3,4	122,64	140,11	0,72	335,24	41,26	105,94	188,05
	1820,043	220,79	133,9	137,26	0,006565	3,26	129,85	141,45	0,7	333,71	40,79	105,93	186,99
	1800,682	220,79	133,47	137,02	0,009858	3,7	117,52	140,35	0,83	330,88	40,2	105,93	184,74
	1776,651	220,79	134,18	136,75	0,009465	3,43	128,03	151,85	0,79	327,39	39,63	105,93	181,84
	1760,86	220,79	134,5	136,69	0,007983	2,83	143,18	159,83	0,7	325,35	39,32	105,92	180,11
	1746,549	220,79	133,89	136,64	0,00483	2,38	164,69	163,46	0,56	323,4	39,03	105,92	178,45
	1729,45	220,79	133,32	136,61	0,001857	1,86	209,99	167,59	0,38	320,07	38,42	105,92	175,74
	1710,33	220,79	133,15	136,57	0,001711	1,73	177,99	166,65	0,34	315,76	37,55	105,92	172,29
	1692,869	220,79	134,5	136,52	0,003384	1,81	157,6	174,09	0,44	313,41	36,95	105,91	170,54
	1678,446	220,79	134,5	136,49	0,002615	1,62	174	175,69	0,39	310,94	36,59	105,91	168,43
	1666,178	220,79	133,61	136,47	0,002254	1,65	184,08	176,22	0,36	308,99	36,24	105,91	166,83
	1648,573	220,79	134,5	136,42	0,002372	1,58	176,83	175,89	0,39	305,58	35,74	105,91	163,92
	1628,803 (ST 10)	220,79	133,77	136,4	0,001654	1,47	195,5	177,76	0,33	303,06	35,03	105,91	162,11
	1612,188	220,79	132,97	136,33	0,002689	1,94	169,09	173,77	0,43	300,3	34,33	105,91	160,06
	1597,089	220,79	134	136,27	0,003727	2,14	153,34	169,11	0,5	298,05	33,86	105,91	158,28
	1572,551	220,79	133,98	136,19	0,003897	2,18	149,28	164,75	0,5	295,15	33,17	105,91	156,07
	1552,744	220,79	133,5	136,11	0,003327	2,17	157,64	156,86	0,46	291,89	32,55	105,91	153,43
	1535,746	220,79	132,05	136,08	0,002727	1,95	171,48	157,75	0,41	289,05	31,99	105,91	151,15
	1512,575	220,79	132,39	136,02	0,00196	2	184,75	161,5	0,39	284,85	31,14	105,9	147,81
	1492,355	220,79	132,46	135,99	0,001686	1,93	201,62	201,44	0,36	280,81	30,3	105,83	144,69
	1480,378 (ST 11)	220,79	132,5	135,97	0,001767	1,93	210,04	221,2	0,36	277,53	29,79	105,7	142,04
	1459,442	220,79	132,5	135,92	0,002315	1,98	210,47	232,49	0,39	271,71	29,1	105,29	137,33
1447,915	220,79	132,45	135,89	0,002797	2,1	205,82	230,47	0,41	269,29	28,82	104,98	135,49	
1424,057	220,79	132	135,82	0,002278	2,07	206,17	218,64	0,39	264,05	28,21	104,4	131,44	

Bacia vertente	Estação fluvial	Q Total	Cota do leito (mín.)	Cota da lâmina de água	Linha de energia	Velocidade (canal)	Área de escoamento	Largura da lâmina de água	N.º de Froude (canal)	Volum e (total)	Volum e (canal)	Volum e (margem esquerda)	Volum e (margem direita)
	(montante- jusante)	(m³/s)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m²)	(m)	(ad.)	(1000 m³)			
	1400,922	220,79	132	135,78	0,002346	2,03	204,13	206,84	0,38	259,95	27,62	103,79	128,54
	1388,747	220,79	132	135,75	0,001748	1,91	218,26	205,14	0,35	256,99	27,33	103,38	126,28
	1372,313	220,79	132	135,74	0,001193	1,69	242,28	205,27	0,31	253,16	26,87	102,63	123,67
	1351,019	220,79	132	135,73	0,000864	1,41	263,65	203,67	0,25	248,7	26,18	101,19	121,33
	1325,524	220,79	131,5	135,72	0,000613	1,27	288,36	204,75	0,21	241,84	25,33	99,12	117,4
	1314,818	220,79	131,5	135,72	0,00053	1,13	304,43	208,68	0,19	237,72	24,98	98,04	114,7
	1306,947	220,79	131,47	135,71	0,000531	1,03	308,98	213,44	0,17	233,8	24,73	96,91	112,16
	1294,651 (ST 12)	220,79	131,44	135,71	0,000326	0,89	336,62	227,88	0,15	229,22	24,23	96,21	108,78
	1283,42	220,79	131,5	135,71	0,000313	0,94	338,71	236,41	0,16	226,32	23,74	95,66	106,92
	1274,053	220,79	131,5	135,7	0,000275	0,91	353,27	238,32	0,15	223,41	23,36	94,47	105,58
	1260,599	220,79	131,5	135,7	0,000291	0,87	349,63	239,21	0,15	220	22,85	93,13	104,02
	1248,458	220,79	131,5	135,7	0,000328	0,95	330,84	235,38	0,16	215,84	22,47	91,19	102,18
	1239,398 (ST 13)	220,79	131,4	135,68	0,000551	1,19	277,12	231,12	0,21	213,15	22,18	89,99	100,98
	1226,92	220,79	131,5	135,6	0,001303	1,89	186,39	215,62	0,33	210,48	21,75	88,5	100,23
	1220,167	223,71	131,5	135,19	0,005568	3,53	89,84	110,68	0,67	209,67	21,49	88,11	100,07
Bacia vertente 5 (Ponte do Carregal)	1183,491 (ST 14)	223,71	131,73	133,65	0,046139	5,77	51,72	83,33	1,76	207,16	20,14	87,6	99,42
	1157,96	223,71	131,92	134,38	0,004431	2,18	142,48	118,46	0,54	204,89	19,07	87,6	98,22
	1129,467	223,71	131,62	134,27	0,003948	2,34	149,24	112,83	0,54	200,63	17,89	87,6	95,14
	1110,909	223,71	131,5	134,16	0,005778	2,75	133,21	107,04	0,64	199	17,32	87,6	94,08
	1092,766	223,71	130,97	134,05	0,005106	2,86	132,74	100,35	0,58	197,15	16,78	87,6	92,77
	1081,146	223,71	131	133,8	0,00826	3,6	110	97,94	0,76	195,48	16,42	87,6	91,46
	1060,76	223,71	131	133,84	0,004507	2,54	140,65	117,72	0,53	193,28	15,88	87,6	89,8
	1042,398	223,71	130,92	133,82	0,003191	2,21	154,49	118,55	0,45	191,83	15,4	87,6	88,83
	1026,463	223,71	131	133,78	0,003398	2,26	153,43	117,93	0,47	190,32	14,96	87,6	87,75
	1012,397 (ST 15)	223,71	131	133,74	0,003574	2,34	149,22	115,38	0,48	189,11	14,6	87,6	86,91
	988,9266	223,71	131	133,65	0,004455	2,49	132,54	101,69	0,53	187,39	13,98	87,6	85,81
	967,6088	223,71	130,99	133,23	0,013636	4,05	95,27	96,97	0,9	185,51	13,45	87,57	84,48
	952,9966	223,71	130,5	132,78	0,019119	4,9	86,93	108,34	1,11	184,39	13,13	87,43	83,84
	940,4224	223,71	130,5	132,61	0,024919	4,79	91,54	135,83	1,2	183,18	12,9	87,09	83,18
	929,2886	223,71	130,5	132,11	0,035435	5,03	76,15	127,16	1,36	182,17	12,76	86,57	82,84
	916,1518 (ST 16)	223,71	130,5	132,24	0,007556	2,59	141,53	170,85	0,68	180,79	12,57	85,64	82,58
	901,3956	223,71	130,26	132,22	0,004427	1,82	187,2	208,76	0,46	178,68	12,32	84,42	81,95
	877,6611	223,71	130,5	132,15	0,004005	1,72	209,49	248	0,46	174,87	11,96	81,92	80,99
	861,4967	223,71	130,35	132,09	0,004502	0,66	222,26	267,53	0,18	171,09	11,75	79,34	80
	846,4862	223,71	130,29	132,02	0,00405	0,62	224,98	253,83	0,17	167,37	11,57	76,78	79,02

Bacia vertente	Estação fluvial	Q Total	Cota do leito (mín.)	Cota da lâmina de água	Linha de energia	Velocidade (canal)	Área de escoamento	Largura da lâmina de água	N.º de Froude (canal)	Volum e (total)	Volum e (canal)	Volume (margem esquerda)	Volume (margem direita)
	(montante- jusante)	(m³/s)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m²)	(m)	(ad.)	(1000 m³)			
	824,6135	223,71	130,46	131,91	0,004466	0,63	213,91	250,92	0,18	162,2	11,28	73,17	77,74
	806,6229	223,71	130,27	131,84	0,003662	0,57	214,88	251,49	0,17	158,37	11,08	70,27	77,02
	785,7338	223,71	130,04	131,77	0,003799	0,63	229,64	246,61	0,17	153,91	10,86	66,58	76,47
	771,9269	223,71	130	131,71	0,003864	0,63	222,03	247,28	0,17	150,79	10,7	64,17	75,93
	759,7015	223,71	130	131,65	0,005151	0,64	208,17	247,6	0,18	148,15	10,6	62,18	75,37
	747,2709	223,71	130	131,58	0,005546	0,56	199,92	246,08	0,17	145,65	10,53	60,24	74,87
	737,1643	223,71	129,96	131,52	0,005473	0,7	204,16	252,9	0,19	143,62	10,48	58,66	74,48
	719,6139	223,71	130	131,44	0,00485	0,67	211,61	257,33	0,2	140,19	10,33	56,21	73,65
	707,8295	223,71	130	131,4	0,003019	0,52	219,09	267,45	0,15	137,69	10,23	54,27	73,19
	692,2106	223,71	130	131,35	0,003469	0,57	223,21	280,95	0,17	134,25	10,1	51,73	72,42
	676,2276	223,71	129,71	131,28	0,005146	0,69	215,83	293,2	0,2	130,85	9,95	49,44	71,46
	652,1705	223,71	129,9	131,19	0,003627	0,52	204,88	305,61	0,16	126,62	9,71	47,46	69,44
	624,2621	223,71	130	131,12	0,002113	0,4	229,79	349,04	0,13	121,1	9,5	46,11	65,49
	602,4087	223,71	129,87	131,1	0,001618	0,31	240,22	336,06	0,1	117,47	9,37	44,2	63,9
	577,4412	223,71	129	131,08	0,001246	0,37	277,61	331,16	0,09	112,62	9,18	40,92	62,52
	563,2052	223,71	129	131,05	0,001717	0,5	251,57	328,86	0,12	108,86	9,02	39,17	60,66
	555,749	223,71	128,93	131,03	0,002117	0,58	238,75	327,99	0,14	106,91	8,93	38,37	59,62
	540,609	223,71	129	130,99	0,002458	0,65	225,6	333,18	0,16	103,59	8,74	36,18	58,67
	502,5789	223,71	128,66	130,96	0,002487	0,76	233,45	316,94	0,17	99,14	8,28	33,38	57,48
	483,1884	223,71	128,5	130,89	0,002856	0,78	225,33	304,96	0,17	94,29	8,01	31,88	54,4
	456,6778	223,71	128,5	130,75	0,006261	1,08	180,08	287,74	0,24	90,02	7,64	30,77	51,61
	451,0754	223,71	128,5	130,69	0,007125	1,15	170,97	280,85	0,26	88,83	7,57	30,37	50,89
	437,8682	223,71	128	130,64	0,004381	1,02	201,93	276,3	0,21	86,38	7,37	29,17	49,83
	425,7467	223,71	128	130,6	0,004886	1,1	210,81	268,07	0,23	84,01	7,16	28,02	48,82
	411,5914	223,71	128	130,52	0,005236	1,02	206,21	258,59	0,22	80,93	6,92	26,61	47,39
	400,8546	223,71	128	130,46	0,005555	1,05	200,15	250,61	0,22	78,6	6,76	25,55	46,3
	385,9985	223,71	128	130,38	0,005507	0,87	200,26	244,46	0,19	75,77	6,56	24,24	44,96
	370,1809	223,71	127,5	130,29	0,005434	0,78	200,13	237,49	0,17	72,71	6,4	22,78	43,54
	359,7039	223,71	127,5	130,24	0,005023	0,96	204,71	231,96	0,21	70,61	6,29	21,87	42,44
	344,9894	223,71	127,5	130,18	0,004556	0,85	211,07	227,65	0,18	67,62	6,09	20,78	40,74
	333,0687	223,71	127,5	130,09	0,005653	0,84	192,54	214,89	0,19	64,7	5,93	20,05	38,72
	318,7512	223,71	127,5	129,91	0,00989	1,01	150,54	186,02	0,23	61,83	5,76	19,45	36,62
	300,0509	223,71	127,38	129,8	0,005733	1,03	176,63	196,8	0,23	58,79	5,51	18,69	34,59
	283,0608	223,71	127,5	129,73	0,003978	0,79	202,69	210,37	0,19	55,37	5,24	18,01	32,12
	256,6503	223,71	127	129,67	0,003514	0,78	209,97	208,88	0,18	51,96	4,92	16,46	30,58

Bacia vertente	Estação fluvial	Q Total	Cota do leito (mín.)	Cota da lâmina de água	Linha de energia	Velocidade (canal)	Área de escoamento	Largura da lâmina de água	N.º de Froude (canal)	Volume (total)	Volume (canal)	Volume (margem esquerda)	Volume (margem direita)
	(montante- jusante)	(m³/s)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m²)	(m)	(ad.)	(1000 m³)			
	234,8733	223,71	126,99	129,6	0,004412	0,93	206,59	199,71	0,2	48,55	4,63	15,17	28,75
	212,9144	223,71	127	129,55	0,003568	0,83	211,91	201,93	0,18	45,4	4,24	14,04	27,11
	193,4661	223,71	127	129,5	0,003096	0,65	223,17	213,18	0,14	41,87	3,87	13	25
	174,5934	223,71	127	129,46	0,003141	0,72	236,81	225,07	0,16	38,56	3,52	11,71	23,33
	163,5779	223,71	127	129,42	0,003079	0,71	235,49	224,84	0,16	36,04	3,35	10,75	21,95
	139,1577	223,71	127	129,36	0,002766	0,74	229,78	216,25	0,16	30,95	2,9	8,85	19,2
	124,1908	223,71	126,73	129,31	0,002798	0,72	222,51	201,42	0,15	27,76	2,6	7,64	17,53
	105,445	223,71	126,45	129,26	0,002608	0,75	218	195,64	0,15	23,7	2,21	6,04	15,46
	87,96677	223,71	126,5	129,19	0,003066	0,8	206,99	194,32	0,17	19,47	1,83	4,65	12,98
	80,03933	223,71	125,91	129,16	0,003514	0,88	201	194,72	0,18	17,44	1,65	4,08	11,71
	58,3607	223,71	125,99	129,08	0,004497	1,06	212,53	206,99	0,21	12,89	1,08	2,81	9
	41,78857	223,71	126	129	0,005033	1,08	209,89	216,76	0,22	9,36	0,62	1,6	7,14
	33,81153	223,71	126	128,88	0,005883	1,15	196,87	230,5	0,24	5,11	0,42	1,11	3,58
	18,53583	235,7	126	128,75	0,004102	1,07	206,47	249,13	0,22				
Valores característicos			137,516	140,044	0,006	1,291	45790,74	216,526	0,293	102098,15	12377,86	31497,87	58222,42

A. 5. – Mapa de perigo de cheia (Tr 100 anos) (mapa de dimensão A0).