BELMONTE
câmara municipal

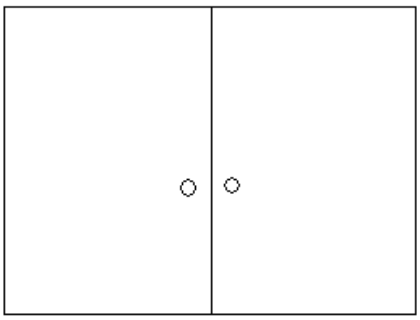
PLANO DIRETOR MUNICIPAL

1ª REVISÃO

Volume III – Tomo III

Memória Descritiva e Justificativa da delimitação da REN do município de Belmonte

Agosto 2023



DOCUMENTO PREPARADO PARAIMPRESSÃO FRENTE E VERSO

Histórico do documento:

VERSÃO	DESCRIÇÃO	DATA
0	Versão inicial	Out 2016
A	Retificado de acordo com CMB	Nov 2016
B	Retificado de acordo com CMB e CCDR/APA informal)	Nov 2017
C	Revisão	Dez 2019
D	Revisão de acordo com o parecer da APA	Ago 2020
E	Revisão de acordo com pareceres da APA e CCDR	Mai 2021
F	Revisão de acordo com pareceres da APA e CCDR	Jan 2022
G	De acordo com a ata da 1º reunião plenária	Out 2022
H	De acordo com a ata da Conferencia procedimental	Agosto 2023

EQUIPA TÉCNICA

COORDENAÇÃO GERAL

Marta Falcão, Arquiteta Urbanista (Proengel, Lda)

Carlos Simões, Eng. Civil, (CM de Belmonte)

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Helena Nascimento, Eng.ª do Ambiente

ENQUADRAMENTO GERAL

Marta Falcão, Arquiteta Urbanista

Margarida Maceira, Eng. Civil, ramo hidráulica

Ana Sofia Dias, Arquiteta Paisagista

TIPOLOGIAS REN

Helena Nascimento, Eng.ª do Ambiente

Olga Gonçalves, Eng.ª Civil

César de Jesus, Eng.ª do Ambiente

João Mamede. Eng.º do Ambiente

Composição do trabalho

Proposta de delimitação da REN (PDF/JPG)

- Relatório
- Anexos:

  Anexo 1 – Estação hidrométrica de manteigas

  Anexo 2 - valores de erodibilidade para a cartografia de solos à escala 1:100000 (h. Simões, 2013)

  Anexo 3 – Planta da ZAC com os perfis

  Anexo 4 – Cartogramas por tipologia da REN bruta

  Anexo 5 – AUC´s

  Anexo 6 – Imagem aérea com as áreas a excluir

  Anexo 7 – Fichas de exclusão

  Anexo 8 – cartogramas de comparação

- Peças desenhadas (1/10.000)

  REN 1- delimitação da REN líquida com proposta de exclusão

Formato digital

- Peças Escritas: word
- Resultados intermédios
- Desenhos arcgis package

Índice

1. INTRODUÇÃO 1

2. CARACTERIZAÇÃO DO CONCELHO 4

2.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL 4

2.2. HIDROGRAFIA 6

2.3. GEOMORFOLOGIA, GEOLOGIA E TECTÓNICA 11

2.3.1. GEOMORFOLOGIA 11

2.3.2. ALTIMETRIA 12

2.3.3. GEOLOGIA 16

2.3.3.1. ENQUADRAMENTO REGIONAL 16

2.3.3.2. LITOSTRATIGRAFIA 16

2.3.4. TECTÓNICA 19

2.4. HIDROGEOLOGIA 21

2.4.1. ENQUADRAMENTO REGIONAL 21

2.4.2. CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DO CONCELHO 24

2.4.2.1. MASSA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA DO MACIÇO ANTIGO INDIFERENCIADO O DA BACIA DO TEJO 24

2.4.2.2. ÁREA COM POTENCIAL HIDROGEOLÓGICO REGIÃO DA SERRA DA ESTRELA – SERRA DE ST. ANTÓNIO (ZONA DA COVILHÃ) 24

3. DELIMITAÇÃO DA REN BRUTA 26

3.1. ÁREAS RELEVANTES PARA A SUSTENTABILIDADE DO CICLO HIDROLÓGICO TERRESTRE 26

3.1.1. CURSOS DE ÁGUA E RESPETIVOS LEITOS E MARGENS 26

3.1.1.1. INTRODUÇÃO 26

3.1.1.2. METODOLOGIA APLICADA 26

3.1.1.3. RESULTADOS OBTIDOS 28

3.1.2. ÁREAS ESTRATÉGICAS DE INFILTRAÇÃO E DE PROTEÇÃO E RECARGA DE AQUÍFEROS 33

3.1.3. INTRODUÇÃO 33

3.1.3.1. RESULTADOS POR PARÂMETRO 36

3.1.3.1.1. RECARGA POTENCIAL (IP) 36

3.1.3.1.2. DECLIVE DA SUPERFÍCIE TOPOGRÁFICA (D) 39

3.1.3.1.3. LITOLOGIA E ESTRUTURA DA ZONA VADOSA (ZV) 42

3.1.3.2. RESULTADO FINAL 44

3.2. ÁREAS DE PREVENÇÃO DE RISCOS NATURAIS 46

3.2.1. ZONAS ADJACENTES 46
3.2.2. ZONAS AMEAÇADAS PELAS CHEIAS 47
3.2.2.1. INTRODUÇÃO 48
3.2.2.2. METODOLOGIA 48
3.2.2.3. DISCREPÂNCIAS CARTOGRÁFICAS E O PERCURSO NATURAL DOS CURSOS DAS LINHAS DE ÁGUA 49
3.2.2.4. CARACTERIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS EM ESTUDO 65
3.2.2.4.1. LOCALIZAÇÃO 65
3.2.2.4.2. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS 68
3.2.2.4.3. CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE DRENAGEM 69
3.2.2.4.4. CARACTERÍSTICAS DO RELEVO 73
3.2.2.4.5. CLIMA 77
3.2.2.4.6. GEOLOGIA 81
3.2.2.4.7. SOLOS 84
3.2.2.4.8. HISTORIAL DE CHEIAS 87
3.2.2.5. ESTUDO HIDROLÓGICO 96
3.2.2.5.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS 96
3.2.2.5.2. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO 97
3.2.2.5.3. CURVAS IDF 99
3.2.2.5.4. CAUDAIS DE PONTA DE CHEIA 103
3.2.2.5.5. COM BASE EM ESTAÇÕES HIDROMÉTRICAS 105
3.2.2.5.6. FÓRMULA DE LOUREIRO 109
3.2.2.5.7. FÓRMULA DE WHISTLER 110
3.2.2.5.8. FÓRMULA DE FORTI 111
3.2.2.5.9. FÓRMULA DE PAGLIARO 111
3.2.2.5.10. FÓRMULA DE GIANDOTTI 112
3.2.2.5.11. FÓRMULA RACIONAL 113
3.2.2.5.12. FÓRMULA SCS, DOS E.U.A. 115
3.2.2.5.13. MODELO DO HIDROGRAMA DO SCS 116
3.2.2.5.14. VALORES ADOTADOS 136
3.2.2.6. ESTUDO HIDRÁULICO 139
3.2.2.6.1. CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA 146
3.2.2.6.2. MODELAÇÃO HIDRÁULICA HEC-RAS 156
3.2.2.7. VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS 159

3.2.2.7.1. CONFRONTAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS EM PONTOS CRÍTICOS E SECÇÕES SINGULARES 161
3.2.2.7.2. VERIFICAÇÃO DAS CONFLUÊNCIAS DAS MARGENS 174
3.2.2.7.3. COMPARABILIDADE COM A REN EM VIGOR 176
3.2.2.8. COMPATIBILIZAÇÃO DE ZONAS AMEAÇADAS PELAS CHEIAS ENTRE CONCELHOS LIMÍTROFES COM O CONCELHO DE BELMONTE 178
3.2.2.9. ZONAS AMEAÇADAS PELAS CHEIAS E ZONA ADJACENTE 185
3.2.2.9.1. FUNDAMENTAÇÃO DAS DIVERGÊNCIA ENTRE ZAC PROPOSTA E AS ZONAS ADJACENTES EM VIGOR 193
3.2.2.9.2. FUNDAMENTAÇÃO DAS DIVERGÊNCIA ENTRE ZAC PROPOSTA E AS ZAC EM VIGOR 199
3.2.2.10. CONCLUSÃO 201
3.2.2.11. EXCLUSÃO DE BOLSAS NÃO INTEGRADAS EM ZAC 202
3.2.3. ÁREAS DE ELEVADO RISCO DE EROSÃO HÍDRICA DO SOLO 202
3.2.3.1. INTRODUÇÃO 202
3.2.3.2. DADOS DE BASE 203
3.2.3.3. METODOLOGIA APLICADA 203
3.2.3.4. RESULTADOS OBTIDOS 226
3.2.3.5. CONCLUSÕES 230
3.2.4. ÁREAS DE INSTABILIDADE DE VERTENTES 231
3.2.4.1. INTRODUÇÃO 231
3.2.4.2. METODOLOGIA 232
3.2.4.2.1. INVENTÁRIO 232
3.2.4.2.2. FATORES DE PREDISPOSIÇÃO 233
3.2.4.2.3. MÉTODOS ESTATÍSTICOS 239
3.2.4.3. RESULTADOS 240
3.2.4.3.1. INVENTÁRIO 240
3.2.4.3.1. MODELO PREDITIVO 241
3.2.4.4. RESULTADO FINAL - ÁREAS A INTEGRAR A REN 246
3.3. QUANTIFICAÇÃO DE ÁREAS DA REN BRUTA 249
3.4. COMPATIBILIZAÇÃO COM CONCELHOS LIMÍTROFES 250
3.5. COMPARAÇÃO COM REN EM VIGOR 251
4. ESTRATÉGIA MUNICIPAL 251
5. DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS URBANAS CONSOLIDADAS 254
6. DELIMITAÇÃO DA REN PROPOSTA 254
6.1. METODOLOGIA 254

6.2. QUANTIFICAÇÃO DE ÁREAS 255
6.3. ORIENTAÇÕES PARA A PROPOSTA DE ORDENAMENTO 256
6.4. PROPOSTA DE EXCLUSÃO 256
6.4.1. METODOLOGIA 256
6.4.2. IMAGEM AÉREA COM AS ÁREAS A EXCLUIR 257
6.4.3. QUADRO DE ÁREAS A EXCLUIR EFETIVAMENTE JÁ COMPROMETIDAS 258
6.4.4. QUADRO DE ÁREAS A EXCLUIR PARA SATISFAÇÃO DE CARÊNCIAS EXISTENTES 264
6.4.5. QUADRO SINTESE DAS EXCLUSÕES 275
6.4.6. QUADRO SÍNTESE POR TIPOLOGIA 275
6.4.7. QUADRO DIFERENCIAL 276
7. BIBLIOGRAFIA 276
ANEXOS 279
ANEXO 1 – ESTAÇÃO HIDROMÉTRICA DE MANTEIGAS 280
ANEXO 2 - VALORES DE ERODIBILIDADE PARA A CARTOGRAFIA DE SOLOS À ESCALA 1:100000 (H. SIMÕES, 2013) 290
ANEXO 3 – PLANTA DA ZAC COM OS PERFIS 293
ANEXO 4 – CARTOGRAMAS POR TIPOLOGIA DA REN BRUTA 295
ANEXO 5 – ÁREAS URBANAS CONSOLIDADAS 297
ANEXO 6 – IMAGEM AÉREA COM AS ÁREAS A EXCLUIR 299
ANEXO 7 – FICHAS DE EXCLUSÃO 301
ANEXO 8 – COMPARAÇÃO DE TIPOLOGIAS 303
PEÇAS DESENHADAS 305

1. INTRODUÇÃO

A Reserva Ecológica Nacional (REN) foi instituída pelo Decreto-Lei n.º 321/83, de 5 de julho, com o objetivo de proteger os recursos naturais, especialmente a água e o solo, de salvaguardar processos indispensáveis a uma boa gestão do território e de favorecer a conservação da natureza e a biodiversidade, componentes essenciais do suporte biofísico do nosso país. O referido diploma legal foi revogado pelo Decreto-Lei n.º 93/90, de 19 de março, que operacionalizou o Regime Jurídico da Reserva Ecológica Nacional (RJREN) que, após sucessivas alterações, ao longo da sua vigência, foi significativamente revisto no que diz respeito aos procedimentos de delimitação e gestão da REN.

Em 2008 o RJREN é estabelecido pelo Decreto-Lei n.º 166/2008, de 22 de setembro, que consubstanciou uma alteração significativa face ao quadro anteriormente vigente.

O atual RJREN resultou da sua alteração e republicação pelo Decreto-Lei n.º 124/2019, de 28 de agosto.

Este diploma é regulamentado pela Portaria n.º 419/2012, de 20 de dezembro, cujo Anexo I estabelece as condições e requisitos para a admissão dos usos e ações compatíveis com os objetivos de proteção ecológica e ambiental e de prevenção e redução de riscos naturais de áreas integradas na REN.

O Anexo II, da mesma portaria, define os usos e ações compatíveis que carecem de parecer obrigatório e vinculativo da Agência Portuguesa do Ambiente, I. P. (APA), nos termos do n.º 5 do artigo 22.º do RJREN, e o Anexo III – lista os elementos instrutórios do procedimento de comunicação prévia.

De acordo com o n.º 1, do artigo 2.º do atual regime jurídico, a REN é uma estrutura biofísica que integra o conjunto das áreas que, pelo valor e sensibilidade ecológicos ou pela exposição e suscetibilidade perante riscos naturais, são objeto de proteção especial.

Estas áreas têm como principais objetivos os descritos no n.º 3 do artigo 2.º do RJREN, e que se passam a enumerar:

- Proteger os recursos naturais água e solo, bem como salvaguardar sistemas e processos biofísicos associados ao litoral e ao ciclo hidrológico terrestre, que asseguram bens e serviços ambientais indispensáveis ao desenvolvimento das atividades humanas;
- Prevenir e reduzir os efeitos da degradação da recarga de aquíferos, dos riscos de inundação marítima, de cheias, de erosão hídrica do solo e de movimentos de massa em vertentes, contribuindo para a adaptação aos efeitos das alterações climáticas e acautelando a sustentabilidade ambiental e a segurança de pessoas e bens;
- Contribuir para a conectividade e a coerência ecológica da Rede Fundamental de Conservação da Natureza;
- Contribuir para a concretização, a nível nacional, das prioridades da Agenda Territorial da União Europeia nos domínios ecológico e da gestão transeuropeia de riscos naturais.

A REN é uma restrição de utilidade pública a que se aplica um regime territorial especial, o qual estabelece condicionamentos à ocupação, uso e transformação do solo e identifica os usos e as ações compatíveis com os objetivos desse regime para os vários tipos de áreas que a integram.

A Portaria n.º 336/2019, de 26 de setembro, aprova a revisão das Orientações Estratégicas Nacionais e Regionais previstas no Regime Jurídico da Reserva Ecológica Nacional (REN), que consubstanciam as diretrizes e critérios para a delimitação das áreas integradas na Reserva Ecológica Nacional (REN) a nível municipal.

A operacionalização das orientações estratégicas é concretizada através da delimitação, em carta municipal, das áreas integradas na REN, de acordo com os critérios estabelecidos na Secção III do Anexo da Portaria n.º 336/2019, de 26 de setembro, alterada pela Portaria n.º264/2020, de 13 de novembro.

É de referir que uma das importantes alterações plasmadas no novo regime da REN passa pela sua delimitação com base num nível estratégico e num nível operativo (artigo 5.º). A nível estratégico tal é concretizado através de orientações estratégicas de âmbito nacional e regional, e de acordo com os critérios constantes do Anexo I do mencionado Decreto-Lei; enquanto a nível operativo tal é concretizado através da delimitação, em carta de âmbito municipal, das áreas integradas na REN, de acordo com os critérios constantes do Anexo I, e tendo igualmente por base a Portaria n.º 336/2019, de 26 de setembro, alterada pela Portaria n.º264/2020, de 13 de novembro.

Decorrente do acima exposto, as metodologias utilizadas neste trabalho para a delimitação das áreas a integrar na REN, seguiram as orientações estratégicas de âmbito nacional e regional contempladas na Portaria n.º 336/2019, de 26 de setembro, alterada pela Portaria n.º264/2020, de 13 de novembro e demais legislação conexa e/ou estudos de caráter científico devidamente referenciados no texto.

No concelho de Belmonte, de acordo com a caracterização e conhecimento de território municipal, as áreas passíveis de integrarem a REN são as que se apresentam no Quadro 1.

Quadro 1 - Áreas de proteção integradas na REN no concelho de Belmonte

Áreas integradas na REN	
Áreas relevantes para a sustentabilidade do ciclo hidrológico terrestre	Cursos de água e respetivos leitos e margens
	Áreas estratégicas de infiltração e de proteção e recarga de aquíferos
Áreas de prevenção de riscos naturais	Zonas Ameaçadas pelas Cheias
	Áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo
	Áreas de instabilidade de vertentes

Das tipologias constantes na Portaria n.º 336/2019, de 26 de setembro, alterada pela Portaria n.º264/2020, de 13 de novembro. excluíram-se as seguintes:

- Áreas de proteção do litoral: Não se aplicam dado o município de Belmonte não ser um concelho do litoral.
- Albufeiras que contribuam para a conectividade e coerência ecológica da REN, bem como os respetivos leitos, margens e faixa de proteção: No concelho de Belmonte não se encontra qualquer "albufeira" classificada como de águas públicas de serviço público, nos termos da Portaria n.º 522/2009, de 15 de maio, na sua redação atual, nenhuma albufeira com uma capacidade de armazenamento superior ou igual a 100 000m^3. Os pequenos aproveitamentos hídricos, com capacidade inferior, são considerados cursos de água.

- Zonas ameaçadas pelo mar: Não sendo o município de Belmonte um concelho do litoral, não se identificam áreas suscetíveis de serem inundadas por galgamento oceânico.

Relativamente à tipologia "**Áreas estratégicas de infiltração e de proteção e recarga de aquíferos" (AEIPRA),** o município optou por delimitar as cabeceiras no prazo de 5 anos de acordo com o previsto no art.º 4 do Decreto de Lei n.º 124/2019 de 28 de agosto.

A presente memória descritiva acompanha a primeira fase do processo de delimitação da REN do concelho de Belmonte, correspondente à proposta de delimitação da REN.

Ao resultado do calculo das tipologias foi aplicada a matriz de sobrepoisção admissivel entre as várias tiplogias da REN. Assim, às tiplogias AIV, ZAC, AEREHS e CALM, foram excluidas as áreas de Curos de água que aí se sobreponham e que não se apresentavam com geometria linear.

A cartografia de referência utilizada nas plantas temáticas do Plano está de acordo com o disposto na legislação (Decreto-Lei n.º 130/2019 de 30 de agosto), e tem as seguintes referências:

Entidade proprietária	AMCB
Entidade produtora	Munícipia
Data de Edição	2016
Série cartográfica oficial	MNT 10K
Datum:	*Datum* Altimétrico de Cascais Helmert 38
Sistema de referência	PT-TM06/ETRS 89
Exatidão planimétrica	Inferior a 0.15
Exatidão altimétrica	Inferior a 0.17
Exatidão temática	Melhor ou igual a 90%
Escala de representação para a reprodução em suporte	1:25.000 ou 1/10.000

Os limites administrativos utilizados na proposta correspondem à CAOP 2019:

Entidade proprietária	DGT
Entidade produtora	DGT
Data de Edição	2019
Sistema de Georreferência	PT-TM06/ETRS89

A cartografia temática foi produzida pela empresa Proengel, Lda, entidade registada na DGT para o exercício de atividades de produção de cartografia temática de base topográfica.

2. CARACTERIZAÇÃO DO CONCELHO

2.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL

O concelho de Belmonte insere-se na Região Centro, localizando-se no extremo norte do distrito de Castelo Branco, na Sub-Região Beiras e Serra da Estrela, segundo classificação das NUTS III (antiga sub-região Cova da Beira) na encosta ocidental da Serra da Estrela, ocupando uma área total de 118,76 km^2.

Encontra-se limitado a oeste pelo concelho da Covilhã, a norte pelo concelho da Guarda, a sudoeste pelo concelho do Fundão e a leste pelo concelho do Sabugal, sendo composto por quatro freguesias, nomeadamente: União das freguesias de Belmonte e Colmeal da Torre; Caria; Inguias e Maçaínhas.

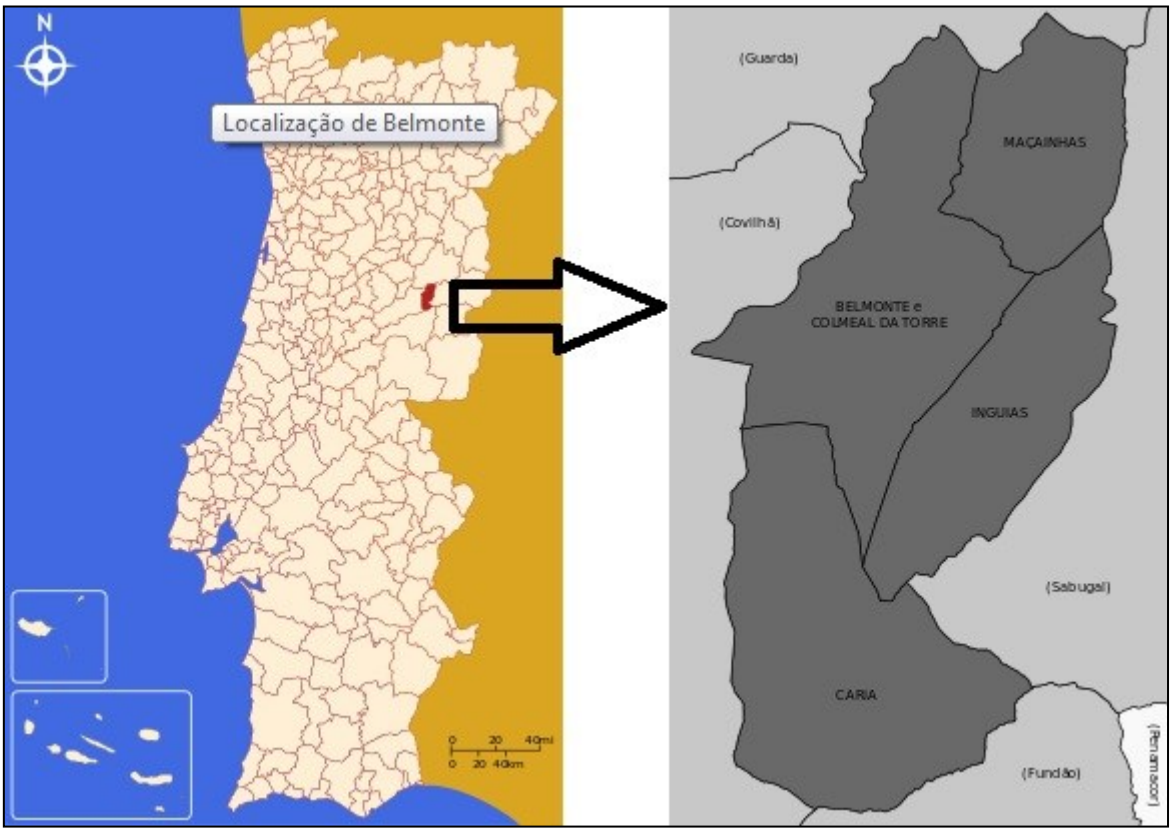


Figura 1 – Enquadramento do concelho de Belmonte em Portugal Continente e subdivisão nas respetivas freguesias

O concelho de Belmonte situa-se na meseta ibérica, na encosta oriental da Serra da Estrela, marginado pelo rio Zêzere no sentido norte-sul, sendo um dos elementos constitutivos de uma unidade de características morfológicas e climáticas denominada de Cova da Beira.

A localização geográfica no Interior Centro impõe que a área, em termos de contexto do país, possua elevadas amplitudes térmicas, consequência do afastamento do litoral e da proximidade das elevadas altitudes da Serra.

O regime pluviométrico é caracterizado por um período seco bem demarcado que ocorre entre os meses de junho e setembro, e por menores quantidades de precipitação que as dos espaços geograficamente mais próximos, designadamente a Serra da Estrela.

Em termos gerais é possível referir a existência no concelho de três unidades geológicas: as formações aluviais do rio Zêzere e da ribeira de Gaia; as rochas eruptivas (granito) e as rochas filonianas, principalmente filões de quartzos que atravessam os granitos.

Morfologicamente o concelho caracteriza-se pela existência de grandes zonas planas e relevos não muito elevados, dispostos de forma descontínua.

De um modo geral, o concelho apresenta uma diminuição de cotas de nordeste para sudoeste que se direciona para a planície aluvial do rio Zêzere, sendo o seu ponto mais alto o vértice geodésico "Monteiro", à cota de 897 m (localizado a nordeste do concelho).

Derivado de áreas tão extensas com declives fracos, o concelho apresenta como principais cursos de água o rio Zêzere, a ribeira das Inguias, a ribeira de Gaia, a ribeira de Caria, a ribeira de Valverdinho, o ribeiro das Amoreiras e o ribeiro de Santo Antão, contribuindo para a formação de leitos relativamente largos cobertos por aluviões. Face ao objetivo do trabalho a temática da hidrografia do concelho será em seguida aprofundada.

Belmonte enquadra-se numa região cujas potencialidades se relacionam sobretudo com os seus recursos naturais e com a sua história. No entanto, através das novas estratégias e programas nacionais e regionais, um novo ciclo se inicia, tornando mais abrangente esta factualidade e alargando/diversificando ainda mais os seus horizontes, inovando na forma como se encaram e nas perspetivas em que são aprofundados.

A fisiografia do concelho caracteriza-se por três zonas distintas, correspondentes a duas bacias hidrográficas e à área de transição entre ambas – a da ribeira de Inguias (a Norte) e a de ribeira de Valverdinho (a Sul). A zona Norte é mais declivosa e rochosa, com ocupação essencialmente florestal, enquanto a Sul se trata de uma zona mais plana, com pontuais elevações, essencialmente agrícola.

Nos usos do solo do concelho predominam os usos agrícolas predominando as culturas temporárias de sequeiro. Existem áreas florestais (espaços florestais não arborizados - matos e prados) e ocupações arbustivas e herbáceas por todo o concelho, embora com maior ênfase na zona Norte.

Como potenciais biofísicos podem referir-se as características morfológicas do terreno (que apresenta variabilidade, desde os planaltos na zona Sul, na freguesia de Caria, às serras como a serra da Esperança, na zona da vila de Belmonte), rede hidrográfica abrangente e abundante em todo o município, acompanhada de expressivas galerias ripícolas com riqueza de fauna inerente a estas zonas. Também a presença de espécies cinegéticas é relevante para a caracterização do município, que já tem uma área significativa delimitada como zona de caça municipal (refira-se a existência do campo de treino de caça).

2.2. HIDROGRAFIA

Integralmente inserida na bacia do rio Tejo e na sub-bacia do rio Zêzere, a rede hidrográfica do concelho de Belmonte pode ser sub-dividida em duas outras sub-bacias: rio Zêzere e ribeira de Inguias (Figura 2) as quais foram consideradas no estudo hidrológico e hidráulico elaborado pela Câmara Municipal de Belmonte.

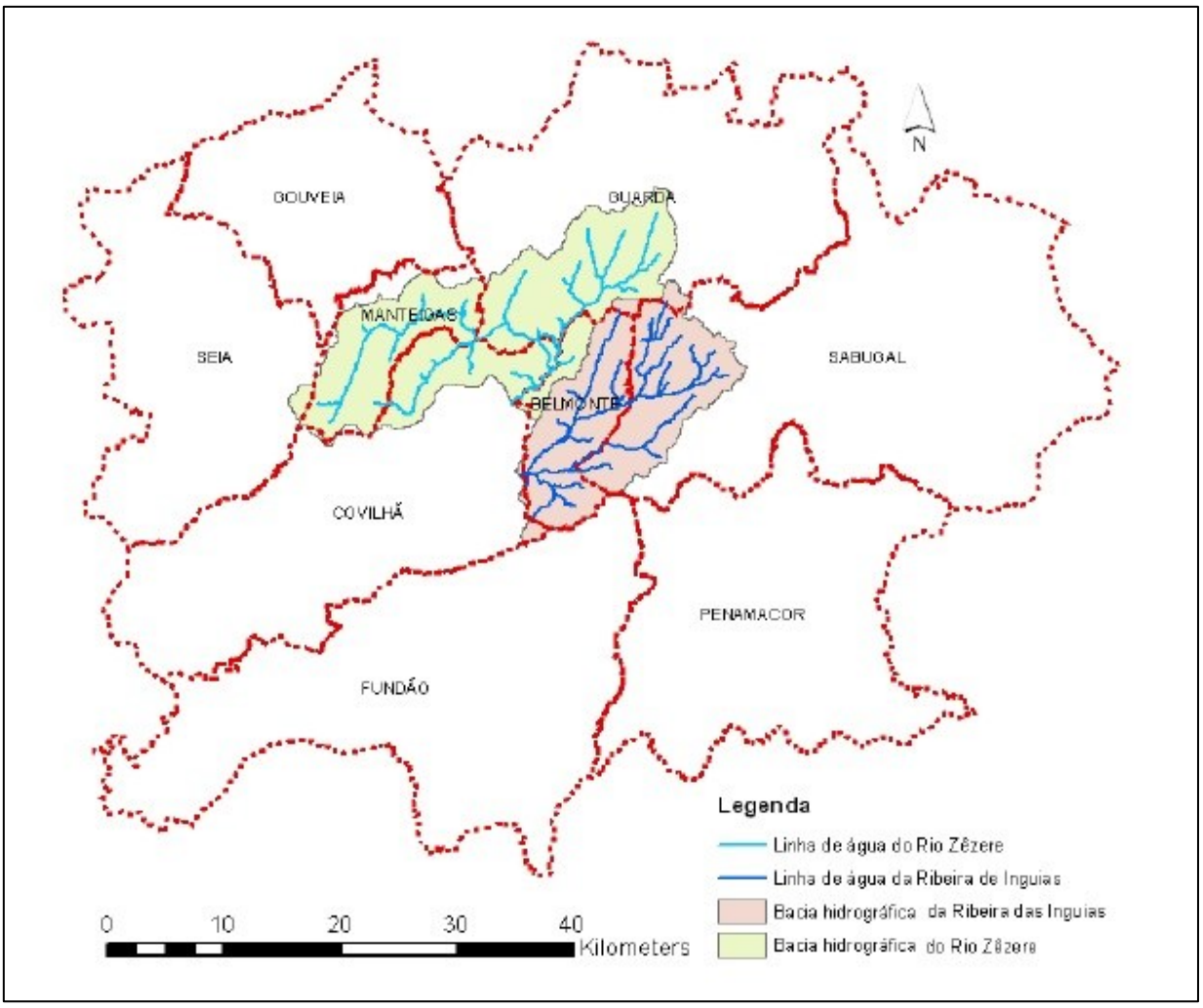


Figura 2 - Delimitação das duas bacias hidrográficas consideradas no estudo de "Delimitação das Zonas Ameaçadas pelas Cheias, no Concelho de Belmonte"

Tal como referido anteriormente, as principais linhas de água do concelho são o rio Zêzere, a ribeira das Inguias, a ribeira de Gaia, a ribeira de Caria, a ribeira de Valverdinho, o ribeiro das Amoreiras e o ribeiro de Santo Antão, refira-se que as últimas três linhas de água referidas são afluentes da ribeira de Caria.

A totalidade da rede hidrográfica do concelho é relativamente densa e irregular (com maior expressão no limite norte e este do concelho), apresentando a grande parte das linhas de água escoamentos de regime torrencial, tipicamente mediterrâneo, caracterizado por leitos secos nas estações quentes e caudais variáveis com os níveis de precipitação nas estações frias. Estas linhas de águas possuem uma significativa expressão, tanto em extensão como em área drenada.

Os principais cursos de água que atravessam o concelho de Belmonte ocupam também território do concelho da Guarda (localizado a norte) - caso da ribeira da Gaia; do concelho de Sabugal (localizado este) - caso da ribeira das Inguias, ribeira de Valverdinho e ribeiro das Amoreiras e do concelho da Covilhã (localizado oeste) - caso do rio Zêzere, e ribeira de Caria.

A sub-bacia hidrográfica do rio Zêzere situa-se no sopé da Serra da Estrela, a sul do limite do concelho de Belmonte, na designada Cova da Beira. Esta sub-bacia hidrográfica pode ser dividida em duas regiões com características diferentes: a metade oeste situa-se em plena Serra da Estrela e apresenta elevados declives e afloramentos rochosos (concelhos da Covilhã e Manteigas); a metade este, situada na Cova da Beira, apresenta encostas mais suaves (concelhos da Covilhã e Belmonte). Posteriormente, atravessa uma mancha de xistos perto daquela localidade e, seguidamente, intercepta as formações de granito hercínico junto a Belmonte, apresentando o seu leito principal meandros pouco sinuosos.

O escoamento das linhas de água principais com cabeceira na zona norte e nordeste têm uma orientação dominante de nordeste-sudoeste em direção ao rio Zêzere; enquanto as linhas de água com cabeira na zona sul (ribeiro do Monte, ribeiro das Barrentas, ribeiro da Lagoa e ribeiro de Santo Antão) têm uma orientação dominante de sudeste-noroeste em direção ao rio Zêzere.

No Quadro 2 é apresentado um resumo dos cursos de água mais relevantes no concelho e do seu desenvolvimento dentro do concelho.

Quadro 2 – Cursos de água mais relevantes existentes no concelho

Curso de água	Observações	Curso de água	Observações
Ribeira das Olas	Afluente direito da ribeira das Inguias	Ribeiro das Barrentas	Afluente da ribeira da Lagoa
Ribeiro do Valongo	Afluente esquerdo da ribeira de Caria	Ribeiro dos Trigais	Afluente direito das ribeiras das Inguias
Ribeira de Caria	Afluente esquerdo do rio Zêzere	Rio Zêzere	Afluente direito do rio Tejo
Ribeiro das Amoreiras	Afluente esquerdo da ribeira de Caria	Ribeira da Lájea da Fidalga	Afluente direito da ribeira das Maçainhas
Ribeiro do Panasca	Afluente esquerdo da ribeira da Castelhana	Ribeira do Carvalhal	Afluente esquerdo da ribeira das Inguias
Ribeiro do Monte	Afluente direito da ribeira da Castelhana	Ribeira de Valverdinho	Afluente direito da ribeira de Caria
Ribeira da Castelhana	Afluente do ribeiro de Santo Antão	Ribeira das Inguias	Afluente direito da ribeira de Caria
Ribeiro da Lagoa	Afluente da ribeira de Santo Antão	Ribeira de Maçainhas	Afluente direito das ribeiras das Inguias
Ribeiro de Santo Antão	Afluente esquerdo da ribeira de Caria	Ribeira da Serra da Esperança	Afluente esquerdo do rio Zêzere
Ribeira da Gaia	Afluente esquerdo do rio Zêzere		

Como se pode verificar pela análise do quadro acima apresentado e tal como representado na Figura 3, uma parte muito significativa do concelho é atravessado por estes cursos de água localizando-se a sua maioria na zona sul e centro-este do concelho.

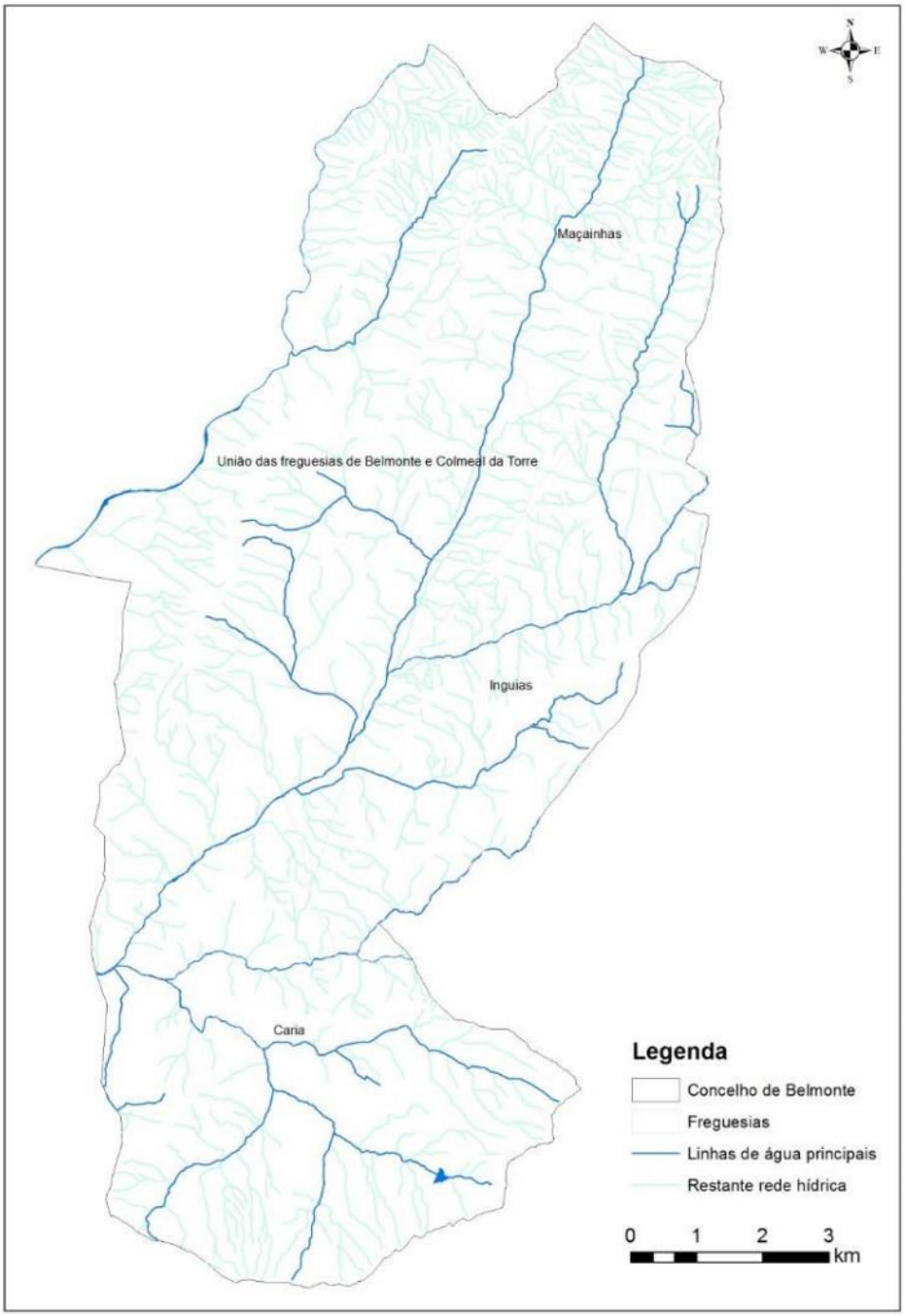


Figura 3 – Cursos de água mais relevantes no concelho

No Quadro 3 indicam-se os principais perímetros urbanos vigentes que se encontram mais próximos das principais linhas de água do concelho.

Quadro 3 – Localidades junto das principais linhas de água

Curso de água	Perímetros urbanos vigentes
Rio Zêzere	Belmonte

Curso de água	Perímetros urbanos vigentes
Ribeira das Inguias	Belmonte Gare, Caria e Catraia da Caria, Carvalhal Formoso, Inguias
Ribeira de Gaia	Belmonte, Colmeal da Torre e Gaia
Ribeira de Caria	Caria e Santo Antão
Ribeira de Valverdinho	-
Ribeiro das Amoreiras	-
Ribeiro de Santo Antão	Santo Antão

Na Figura 4 encontram-se representadas as principais linhas de água do concelho de Belmonte, com respetiva localização dos perímetros urbanos vigentes.

Todas as linhas de água aqui consideradas caracterizam-se por terem as águas classificadas como não navegáveis nem flutuáveis, pelo que, segundo o que está referido na Lei da Titularidade dos Recursos Hídricos (Lei n.º 54/2005, de 15 de novembro), é considerada a largura de 10 m para a delimitação das respetivas margens.

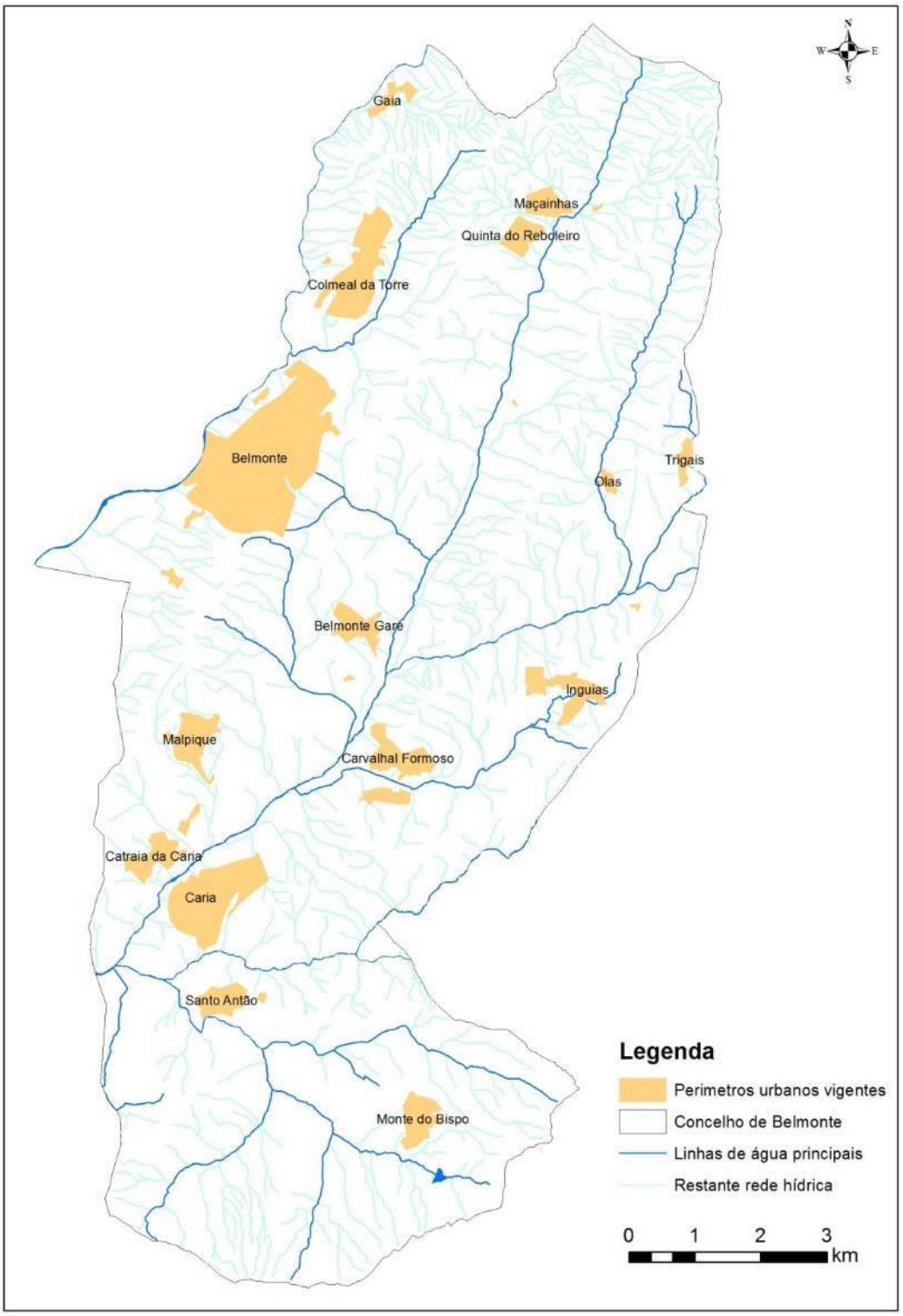


Figura 4 – Principais linhas de água e enquadramento com os perímetros urbanos vigentes

2.3. GEOMORFOLOGIA, GEOLOGIA E TECTÓNICA

2.3.1. Geomorfologia

O concelho de Belmonte insere-se na unidade morfo-estrutural denominada de Cova da Beira, correspondendo, grosso modo, a uma depressão que apresenta um formato aproximadamente triangular. No entanto, no concelho de Belmonte verifica-se já a passagem da área deprimida da Cova da Beira para outra unidade morfo-estrutural, designadamente a Superfície da Meseta. A caracterização efetuada de seguida é com base em Clamote (2011) e Feio *et al,* (2004).

Em termos estruturais a Cova da Beira consiste numa área de abatimento tectónico de contornos dissimétricos e mostrando, não raras vezes, um limite indeciso que indica um trabalho prolongado da erosão após o abatimento.

A Cova da Beira, que se desenvolve quase na sua totalidade em litologia granítica e que apresenta uma bacia hidrográfica inteiramente comandada pelo rio Zêzere e afluentes, tem como uma das suas características geomorfológicas mais interessantes a presença no seu interior de formas salientes, morfologia designada por monte-ilha, correspondendo a relevos que se elevam abruptamente da sua superfície aplanada (Figura 5).

Figura 5 – Vista geral da Cova da Beira (retirado de Clamote, V., 2011)

Esta bacia, apesar de se encontrar encostada à Serra da Estrela, está praticamente desprovida de depósitos oriundos desta serra, com exceção de alguns terraços ao longo do Zêzere. No rebordo escarpado da Serra entrecruzam-se elementos com direção NE-SW e NNE-SSW. Pelo contrário, a NE, a ligação da Cova da Beira com o Planalto do Sabugal e a Serra da Malcata faz-se por um mosaico de colinas separadas por uma rede de fraturas.

A transição entre a Cova da Beira e a Superfície da Meseta efetua-se junto de Belmonte e corresponde a um rebordo de erosão, contudo, é de supor que a ação da tectónica desempenhou um papel fundamental neste desnível de várias centenas de metros. A importância da tectónica no revelo desta área encontra-se evidenciada, por exemplo pela retilinearidade dos numerosos vales de fratura presentes nesta área, em muitos casos apresentando alinhamentos de vários quilómetros de comprimento.

Por último, em termos geomorfológicos, importa realçar um aspeto típico das zonas graníticas e que no concelho de Belmonte também se identificou, designadamente a dispersão de blocos de granitos, ligeiramente arredondados, que normalmente se denominada por "caos de blocos" (Figura 6).

Figura 6 – Vertente junto da Quinta das Pereiras, onde é possível identificar o caos de blocos graníticos de aspeto arredondado

2.3.2. Altimetria

Em termos altimétricos, o concelho de Belmonte apresenta, de um modo geral, um decréscimo de cotas de NE-SW em direção à planície aluvial do Rio Zêzere. O vértice geodésico "Monteiro", com a cota de 897 metros e localizado no extremo NE do concelho, constitui o ponto mais alto nesta área concelhia (Figura 7), sendo também nesta zona onde se identificam os declives com maiores inclinações (Figura 8).

Importa realçar que as figuras seguintes foram elaboradas com base na informação topográfica disponibilizada pela Câmara Municipal de Belmonte (Cartografia à escala 1:10.000).

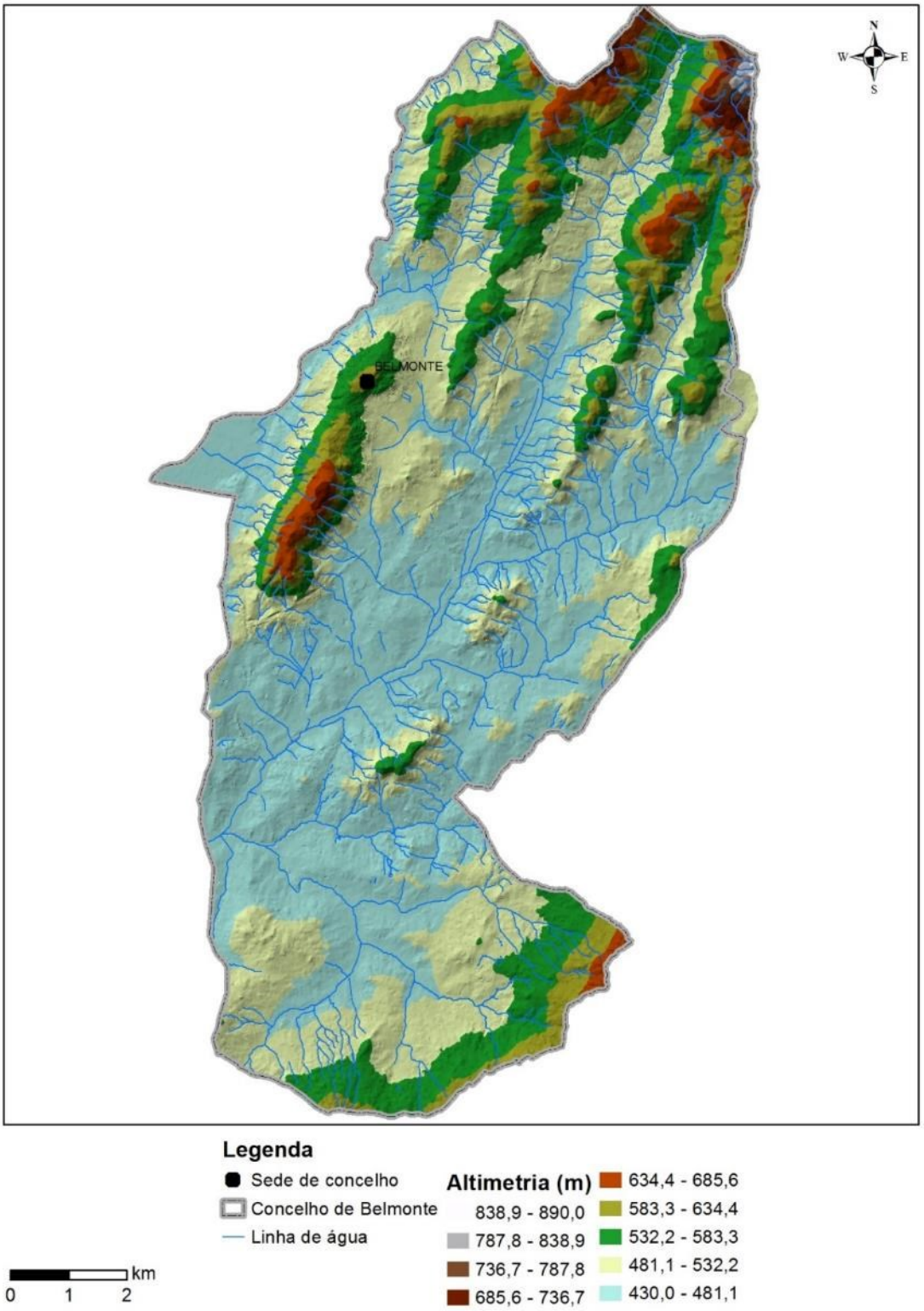


Figura 7 – Modelo digital de terreno do concelho de Belmonte (adaptado a partir dos dados cedidos pela Câmara Municipal de Belmonte)

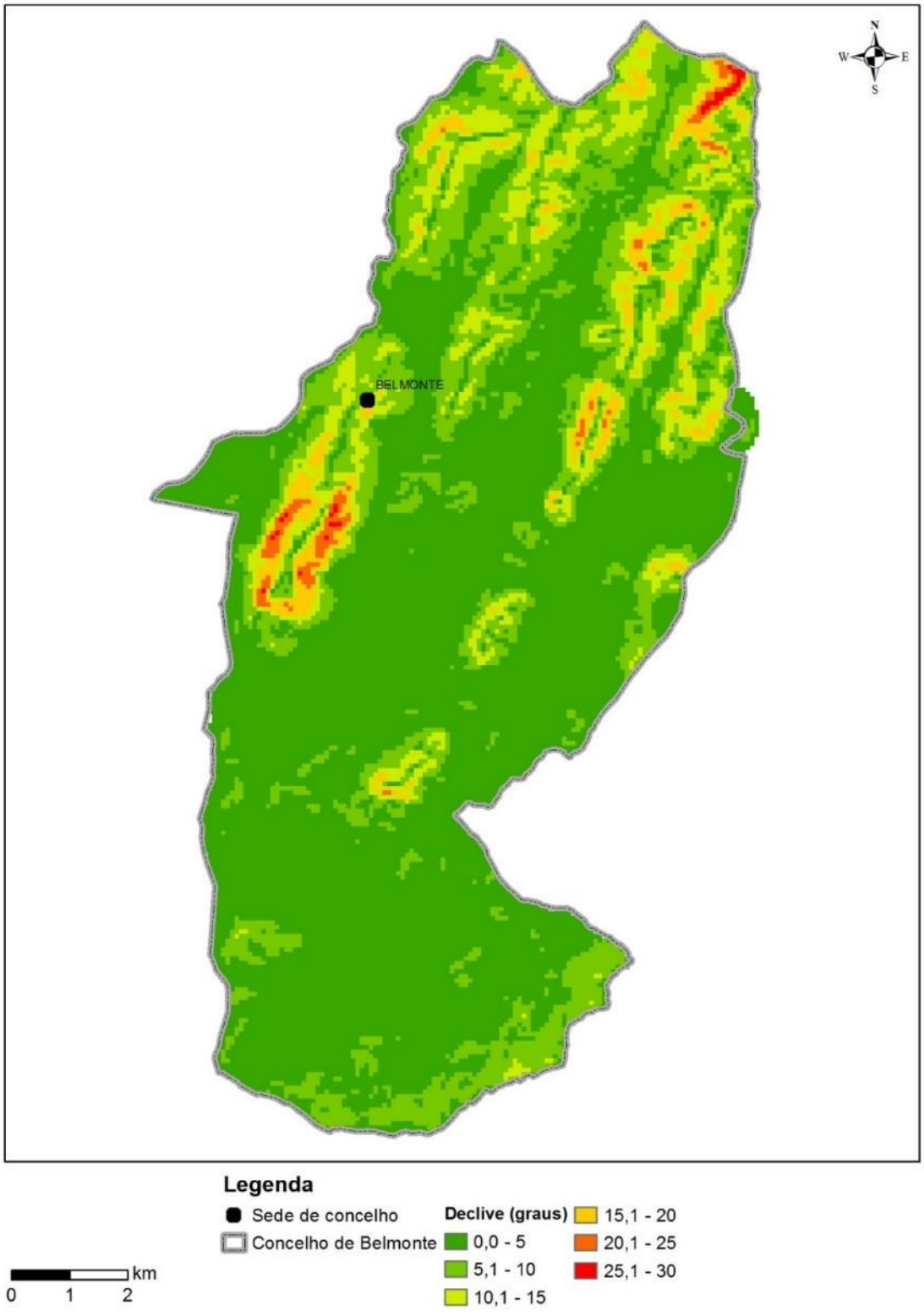


Figura 8 – Carta de declives do concelho de Belmonte (adaptado a partir dos dados cedidos pela Câmara Municipal de Belmonte)

As cotas mais baixas encontram-se ao longo das principais linhas de água do concelho de Belmonte, designadamente o Rio Zêzere e as Ribeiras de Gaia, Maçainhas, Inguias, Caria e Antão. É na Ribeira de Inguias, a S-SW de Caria, onde se identificam as cotas mais baixas, da ordem dos 430 metros.

Em termos de declives, de um modo geral, constata-se que toda a área a Sul de Belmonte apresenta declives muito reduzidos, geralmente inferiores a 5º, sendo que a Norte, apenas nos vales das principais linhas de água se conseguem identificar declives semelhantes. Na figura seguinte é possível constatar a extensa planície existente a Sul de Belmonte.

Figura 9 – Perspetiva da planície existente a Sul de Belmonte

As numerosas colinas dispersas na Cova da Beira constituem formas residuais de erosão, resultantes do alargamento, entre elas, de vales de fundo plano. A altitude mantida pela comprida colina central de Pero Viseu (733 metros) mostra que o desnível original da Cova da Beira em relação ao Planalto de Sabugal, que se estende a cerca de 900 metros, não foi muito acentuado. O resto do desnível e o forte alargamento dos vales do Zêzere e da Meimoa, que correm a cerca de 450 metros de altitude, foi devido principalmente a prolongada fase de erosão. Outro exemplo destes relevos residuais de erosão é a Serra da Esperança, sendo o único caso identificado nesta área concelhia e a Sul de Belmonte. Este relevo, orientado NE-SW possui uma altitude máxima de 721 metros (v.g. Esperança) e apresenta também os declives mais acentuados a Sul de Belmonte.

Figura 10 – Perspetiva da Serra de Esperança e de Belmonte a partir de Sudeste

2.3.3. Geologia

2.3.3.1. Enquadramento regional

O concelho de Belmonte localiza-se, do ponto de vista morfo-estrutural, no Maciço Antigo ou Maciço Hespérico. O Maciço Antigo é a unidade geológica que ocupa a maior extensão em Portugal, sendo constituído, essencialmente, por rochas eruptivas e metassedimentares. Esta unidade é constituída por três divisões geo-estruturais, designadamente a Zona Centro Ibérica (ZCI), Zona de Ossa Morena (ZOM) e Zona Sul Portuguesa (ZSP), sendo que o concelho de Belmonte se situa na ZCI.

A ZCI é constituída essencialmente por rochas granitoides, tal como as existentes no concelho de Belmonte, e por metassedimentos de uma unidade designada por Super-grupo Dúrico-Beirão ou Complexo Xisto-Grauváquico das Beiras. Pontualmente ocorrem espessas bancadas de quartzitos da Formação dos Quartzitos Armoricanos, constituindo cristas quartzíticas, e maciços de rochas básicas e ultrabásicas, interpretados como sendo complexos ofiolíticos.

2.3.3.2. Litostratigrafia

A litostratigrafia do concelho de Belmonte (Quadro 4) será caraterizada, de um modo geral, com base nas Folhas 18-C (Guarda), 20-B (Covilhã) e 21-A (Sabugal) da Carta Geológica 1:50.000 (Teixeira, C. *et al,* (1962); Teixeira, C. *et al,* (1974) e Teixeira, C. *et al,* (1965), respetivamente).

A Figura 11 apresenta a cartografia geológica existente do concelho de Belmonte. Relativamente a esta cartografia, importa referir que se trata de uma cartografia à escala 1:25 000, pelo que será normal a existência de pequenos desvios para a cartografia geológica à escala 1:50 000, dado tratar-se de uma cartografia com maior pormenor.

Quadro 4 - Coluna Litostratigráfica do concelho de Belmonte

Depósitos sedimentares Cenozóicos	
Quaternário	Aluviões atuais
Rochas eruptivas	
-	Granito porfiróide de grão grosseiro
-	Granito porfiróide de grão grosseiro e grosseiro a médio
-	Granito porfiróide de grão médio e médio a fino
-	Granito não porfiróide de grão grosseiro a médio
Rochas filoneanas	
-	Filões de quartzo
-	Filões de rochas básicas
-	Filões aplito-pegmatíticos

Quaternário

a- Aluviões atuais

Existem ao longo das principais linhas de água do concelho de Belmonte, nomeadamente o Rio Zêzere e as Ribeiras de Gaia, Maçainhas, Inguias, Caria e Antão. O maior desenvolvimento destes depósitos observa-se no Rio Zêzere, onde constituem uma extensa planície aluvial, e nas Ribeiras de Gaia, Maçainhas e Inguias.

Estes depósitos são constituídos por cascalheiras de materiais e dimensões variados, por vezes envoltos em matriz grosseira e areno-argilosa.

Rochas eruptivas

a- Granito porfiróide de grão grosseiro

Trata-se de um granito grosseiro, leuco-mesocrático, de duas micas, com predominância da biotite. Apresenta abundantes megacristais de feldspato, por vezes bastante desenvolvidos. Pontualmente, devido ao empobrecimento de quartzo, o granito porfiróide passa a uma fácil sienítica, com feldspatos róseos ou avermelhados. Este granito ocupa grande parte do concelho de Belmonte.

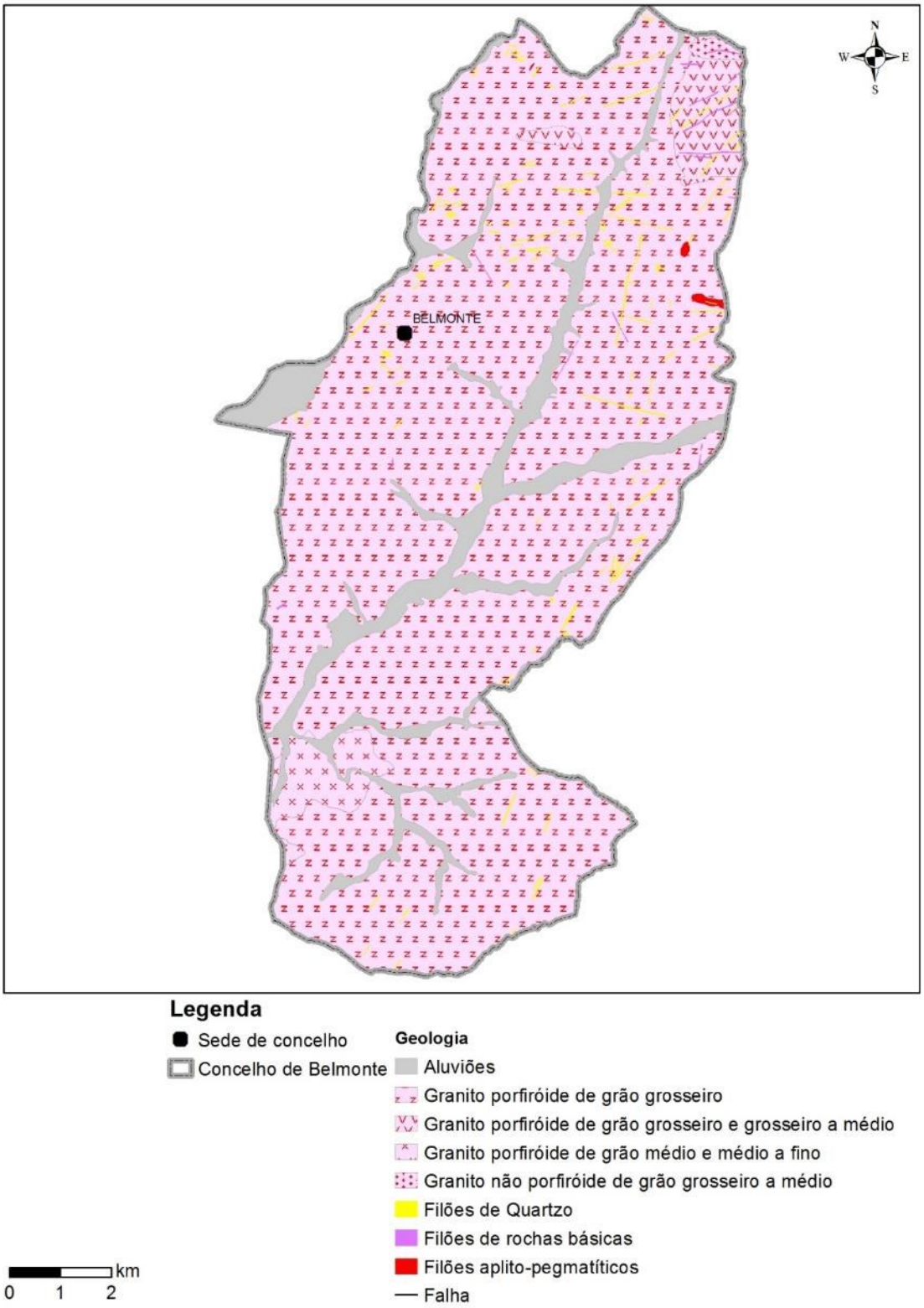


Figura 11 - Carta geológica do concelho de Belmonte à escala 1:25000

b- Granito porfiróide de grão grosseiro e grosseiro a médio

Este granito, existente no concelho de Belmonte a Norte da povoação de Quinta Cimeira, é constituído predominantemente por rochas leucomesocráticas, com grandes cristais de feldspato e grão grosseiro. É essencialmente mozonítico, mas, por vezes, mostra tendência para alcalino, apresentando ainda encraves xistentos.

c- Granito porfiróide de grão médio a médio a fino

Constitui manchas de diferenciação no seio do granito porfiróide descrito anteriormente, apresentando um grão uniforme e como principais minerais a biotite e moscovite. A mancha existente no concelho de Belmonte, a S da povoação de Caria, é constituída por um granito alcalino, de duas micas.

d- Granito não porfiróide de grão grosseiro a médio

Trata-se de um granito não porfiróide, de grão grosseiro a médio, com predominância da biotite relativamente à moscovite. Observam-se variações locais, devido a vários fatores, como por exemplo pela diminuição do grão e desaparecimento da biotite, levando a transições para o tipo aplítico.

Rochas filoneanas

a- Filões de quartzo

Os filões de quartzo existem um pouco por toda a região onde se insere o concelho de Belmonte, independente de se se tratar de granitos ou rochas xistentas, contudo, são mais frequentes nos primeiros.

Os filões de quartzo possuem orientações gerais NE-SW, contudo no concelho de Belmonte é possível identificar-se filões com direções E-W, a N de Belmonte, e NW-SE em Vale da Salgueira, junto da Ribeira das Inguias.

Os filões podem apresentar várias dezenas de metros de extensão e até 10 metros de espessura, sendo constituídos por quartzo branco, leitoso e por vezes hialino, e quartzo calcedónico e/ou jaspoide, de estrutura zonada ou brechóide.

b- Filões de rochas básicas

Estes filões, com direções gerais E-W, NW-SE, NNW-SSE, são constituídos por doleritos de grão fino a médio e encontram-se frequentemente muito alterados. Possuem espessuras que variam entre os poucos centímetros até alguns metros e podem apresentar disjunção esferoidal

c- Filões aplito-pegmatíticos

Estes filões são mito abundantes nos granitos desta região do país, e são ora pegamtíticos, ora aplito-pegmatíticos ou simplesmente aplíticos. Ao contrário do que acontece com os filões de quartzo, que são quase sempre verticais, estes filões são horizontais ou sub-horizontais.

A composição mineralógica destes filões é variada. Além de quartzo, de feldspato potássico e moscovite, contêm turmalina, berilo e cassiterite, tendo dado origem no passado a trabalhos de exploração mineira.

2.3.4. Tectónica

Do ponto de vista estrutural e tectónico, na área envolvente ao concelho de Belmonte, as marcas da orogenia hercínica revelam-se como um dos traços fundamentais para a explicação da evolução do relevo. A influência da ação da tectónica hercínica e tardi-hercínica verifica-se através da persistência das orientações dos sistemas de fraturação

herdados deste período, sendo estes conjuntos de alinhamentos responsáveis por uma boa parte das marcas que ainda hoje se exibem como as principais e mais vincadas no relevo, e constituindo um esquema de fraturação com direções preponderantes de NNE-SSW a NE-SW e ENE-WSE, conjugado com um sistema de direção NNW-SSE a NW-SE.

Nos terrenos graníticos onde se desenvolve o concelho de Belmonte, é evidente sobretudo o sistema de fraturas de direção aproximada NE-SW, preenchidas por filões quartzosos, tal como já demonstrado no capítulo anterior.

A depressão da Cova da Beira, de origem tectónica, é considerada um graben, uma vez que resulta de um assentamento na junção de duas placas tectónicas, originando a abertura de falhas aquando da sua deslocação. Trata-se de um fenómeno típico das áreas de afloramento de xisto, provocando grandes desnivelamentos no relevo e dando origem a profundos vales.

No extremo oriental da Cova da Beira, a passagem desta para a superfície da Meseta é feita através de um modelado denominado "teclas de piano", sendo este característico desta zona de Portugal Continental. Apesar desta morfologia ser consequência da erosão fluvial, a disposição dos vales das linhas de água está condicionada pela fraturação existente nesta zona.

Assim, no rebordo que executa a transição entre a Meseta e a Cova da Beira, pode-se observar uma intensa rede de fraturas que se revela numa extraordinária sucessão de blocos erguidos e blocos abatidos, sobretudo segundo as orientações preferenciais de NE-SW a NNE-SSW e que de forma inequívoca vem confirmar a importância da tectónica na evolução do relevo desta área. Nesta área é ainda possível observar uma segunda direção, designadamente NW-SE (Figura 12).

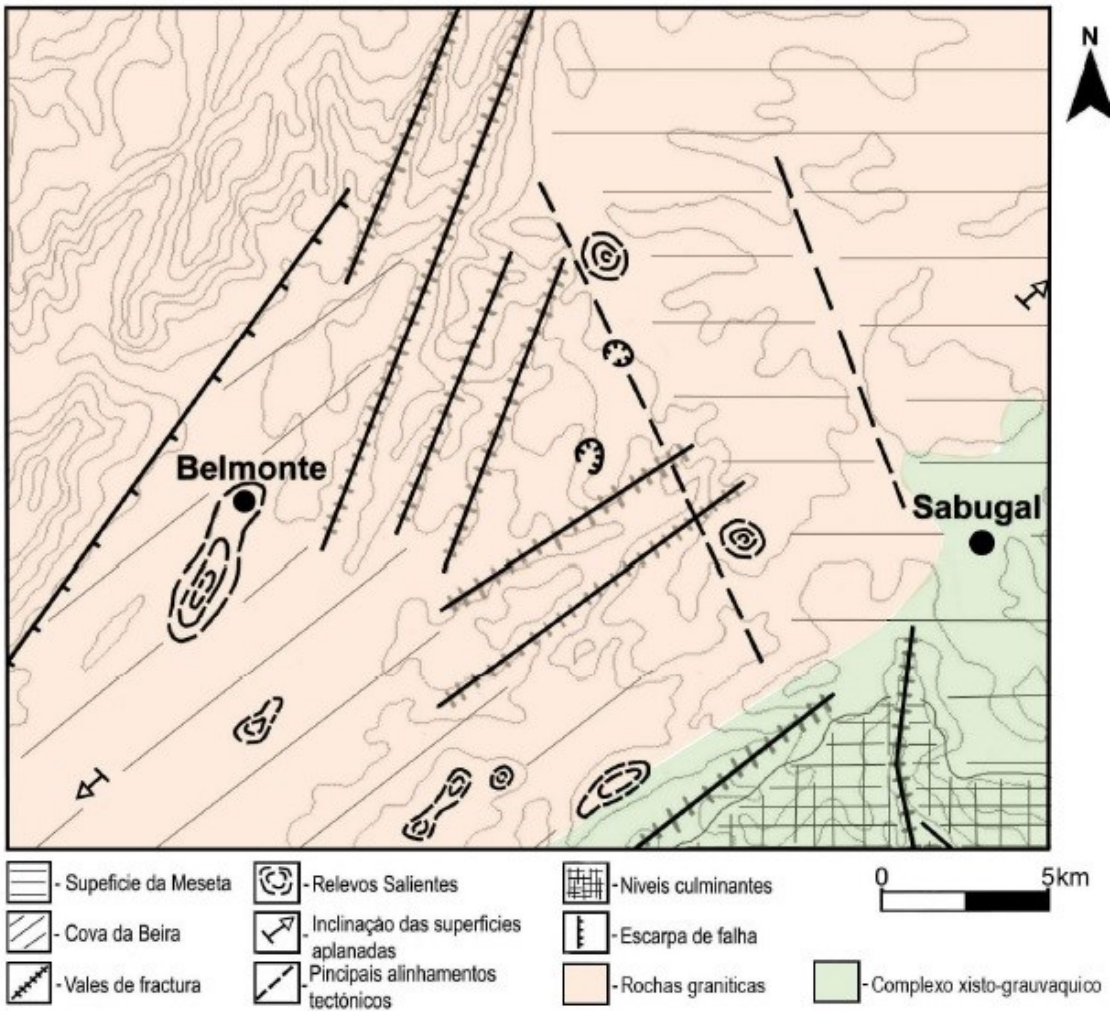


Figura 12 – Esboço simplificado da tectónica responsável pela transição entre a Cova da Beira e o Planalto de Belmonte (adaptado Clamote, V., 2011)

2.4. HIDROGEOLOGIA

2.4.1. Enquadramento Regional

O concelho de Belmonte, do ponto de vista hidrogeológico, localiza-se na Unidade Hidrogeológica do Maciço Antigo (MA). O MA é o domínio de "*rochas duras*" onde a ocorrência e circulação da água aparece associada à fraturação.

No MA, os tipos litológicos dominantes são os granitóides, os xistos, os grauvaques e alguns quartzitos. Estes últimos ocorrem em cristas estreitas e bem individualizadas geomorfologicamente. Estas rochas originam aquíferos, em geral, livres, descontínuos e de produtividade baixa.

No concelho de Belmonte, a única massa de água subterrânea existente é o Maciço Antigo Indiferenciado da Bacia do Tejo. Contudo, de acordo com INAG (2000), toda esta área concelhia fica abrangida pela área com potencial hidrogeológico designado por Região da Serra da Estrela – Serra de St. António (zona da Covilhã) (Figura 13).

Importa ainda salientar que a caracterização hidrogeológica do concelho de Belmonte que será apresentada de seguida, baseou-se, de um modo geral, na consulta da seguinte bibliografia:

- Almeida, C.; Mendonça, J.L.; Jesus M.R. e Gomes A.J. (2000) – Sistemas aquíferos de Portugal Continental. Instituto da Água, I.P., Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. Lisboa, 2000. 640 pp;
- ARH Tejo (2012) – Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Tejo. Relatório Síntese – Versão Extensa. Administração de Região Hidrográfica do Tejo, I.P. Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território. Lisboa, 2011. 380 pp;
- INAG (2000) – Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Tejo. Anexo 4 – Recursos Hídricos Subterrâneos, Tomo 4ª – Caracterização Hidrogeológica. Instituto da Água, Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território. Lisboa, 2000. 402pp.

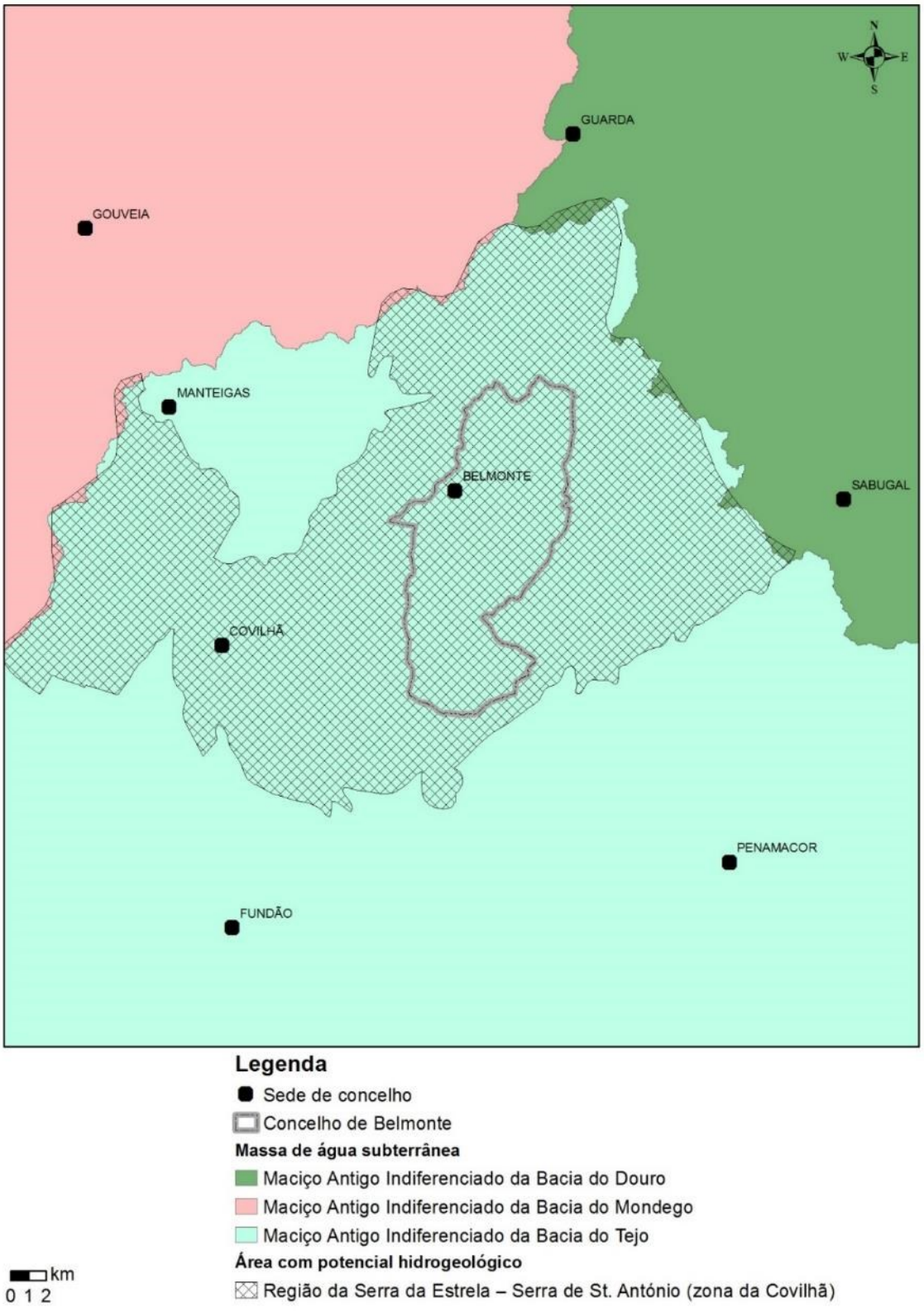


Figura 13 - Enquadramento hidrogeológico do concelho de Belmonte (adaptado de INAG, 2000 e INAG, 2005)

2.4.2. Caracterização Hidrogeológica do Concelho

2.4.2.1. Massa de água subterrânea do Maciço Antigo Indiferenciado o da Bacia do Tejo

Esta massa de água, do ponto de vista regional, é constituída essencialmente por rochas granitoides, quartzíticas e metassedimentares, mais concretamente xistos, grauvaques e corneanas. Localmente, estas formações encontram-se cobertas por depósitos detríticos, mais ou menos modernos, geralmente associados a linhas de água.

Nestas litologias, e frequente a ocorrência de um nível superior, alterado ou mesmo decomposto, em que a permeabilidade é do tipo intergranular podendo coexistir com a circulação fissural que pode alcançar espessuras até 100 metros. A um nível intermédio o maciço rochoso encontra-se cortado por descontinuidades mais ou menos abertas do tipo falha, fratura, diáclase ou filão até profundidades máximas de cerca de 200 metros. Por último, numa zona profunda, caracterizada por uma condutividade hidráulica praticamente nula, o maciço encontra-se compacto, são, praticamente sem descontinuidades ou fechado.

Como nas rochas cristalinas a circulação se faz sobretudo numa camada superficial, constituída por rochas alteradas ou mais fraturadas, devido à descompressão, os níveis freáticos acompanham bastante fielmente a topografia e o escoamento dirige-se em direção às linhas de água, onde se dá a descarga. Os níveis freáticos são normalmente muito sensíveis às variações observadas na precipitação. Os níveis correspondem ao próprio nível freático, já que, do ponto de vista hidráulico, o cristalino tem o comportamento de aquífero livre. Nas zonas de vale a profundidade da zona saturada é muito menor que nas zonas mais elevadas: da ordem dos 3 a 5 metros nas primeiras e a mais de 15 metros nas segundas.

As unidades porosas (aluviões e terraços principalmente) têm um desenvolvimento espacial pequeno, mas podem constituir aquíferos de interesse local ou regional. Destaquem-se os depósitos aluvionares que podem propiciar esquemas de captação, por infiltração induzida, de certa importância, dependentes, obviamente da qualidade e quantidade da água disponível nas linhas de água a que estão ligados.

Dada a natureza das formações geológicas desta massa de água, os valores anuais de recarga deverão situar-se na ordem dos 9% da precipitação média anual (794 mm/ano). Pelo valor mais conservador, resulta uma disponibilidade hídrica global média anual na ordem dos 1006,48 hm^3/ano (ARH Tejo, 2012).

2.4.2.2. Área com potencial hidrogeológico Região da Serra da Estrela – Serra de St. António (zona da Covilhã)

Esta área com potencial hidrogeológico é composta pelos granitóides hercínicos e corresponde a um meio fraturado de permeabilidade média frequentemente do tipo fissural, onde a capacidade aquífera está diretamente relacionada com a densidade da rede de fraturas, falhas, diáclases e ainda de filões predominantemente de quartzo, muito fraturado. A circulação das águas de infiltração nesta unidade processa-se através da rede de descontinuidades e origina numerosas exsurgências com caudais bastante variados.

Pontualmente ocorrem locais onde o maciço está bastante arenizado, os quais associados às zonas de declives suaves quase horizontais favorecem a infiltração e recarga dos aquíferos fissurados existentes nos granitos. Estas zonas

correspondem a formações com permeabilidade média do tipo intersticial e atuam também como um fator de regularização da escorrência subterrânea.

Como descrito em Mendes *et al,* (2008), esta área com potencial hidrogeológico apresenta excedentes com algum significado o que, associado à intensa fraturação do maciço, se torna muito provavelmente numa situação relativamente favorável em termos de infiltração potencial e consequente recarga de água subterrânea. Em termos genéricos pode-se referir, para a zona em estudo, que o sentido da escorrência superficial e escoamento subterrâneo se faz de Oeste para Este, ou seja, das zonas a montante do maciço central da Serra da Estrela, para a depressão da Cova da Beira, onde circula o Rio Zêzere (Figura 14).

A geomorfologia, a geologia e a tectónica permitem esboçar os limites de uma possível área de recarga situada a montante de cada setor de descarga, cujas altitudes variam entre os 982 metros (v.g. Pedra da Albarda) a Sul, passando pelos 1563 metros (perto do v.g. Curral dos Ventos) e os 1254 metros (v.g. Vila de Mouros) a Norte, já nos concelhos de Manteigas e Covilhã.

O estudo da fraturação local indica que as fraturas com orientação E-W, NNW-SSE e NNE-SSW são as principais responsáveis pelo transporte dos fluidos até à superfície.

O fluxo subterrâneo não é muito profundo, como comprova a baixa mineralização da água, considerando-se assim que se está na presença de um aquífero de águas normais e superficiais, contendo principalmente águas de infiltração e circulação local, com tempos de residência curtos.

Sobre a recarga de água subterrânea refere-se que nos terrenos graníticos em estudo, com declives da ordem de 21 a 53% e com uma vegetação típica da região serrana da Estrela, entre as cotas 732 e 1265 metros, o valor estimado para a taxa de infiltração corresponderá a cerca de 15% do valor da precipitação ocorrida, isto é, cerca de 238,5 mm/ano (Mendes *et al,* 2008).

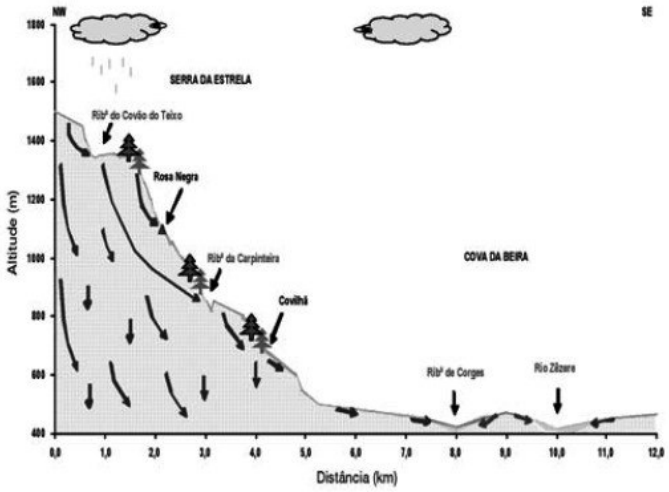


Figura 14 – Esboço hidrogeológico para a zona terminal da Área com Potencial Hidrogeológico da Serra da Estrela – Serra de St. António (adaptado de Mendes, E. (2006) in Mendes, E. *et al,* (2008))

3. DELIMITAÇÃO DA REN BRUTA

3.1. ÁREAS RELEVANTES PARA A SUSTENTABILIDADE DO CICLO HIDROLÓGICO TERRESTRE

3.1.1. Cursos de Água e Respetivos Leitos e Margens

3.1.1.1. Introdução

De acordo com o plasmado no Decreto-Lei n.º 124/2019, de 28 de agosto, consideram-se "Cursos de água e respetivos leitos e margens":

- Os leitos dos cursos de água correspondem ao terreno coberto pelas águas, quando não influenciadas por cheias extraordinárias, inundações ou tempestades, neles se incluindo os mouchões, os lodeiros e os areais nele formados por deposição aluvial;
- As margens correspondem a uma faixa de terreno contígua ou sobranceira à linha que limita o leito das águas, com largura legalmente estabelecida, nelas se incluindo as praias fluviais.

As linhas de água a classificar como REN são importantes para a sustentabilidade do ciclo hidrológico e de outros valores da conservação da natureza, bem como para a preservação dos ecossistemas a elas associados, pelo que não podem ser colocadas em causa, cumulativamente, as seguintes funções:

- Assegurar a continuidade do ciclo da água;
- Assegurar a funcionalidade hidráulica e hidrológica dos cursos de água;
- Drenagem dos terrenos confinantes;
- Controlo dos processos de erosão fluvial, através da manutenção da vegetação ripícola;
- Prevenção das situações de risco de cheias, impedindo a redução da secção de vazão e evitando a impermeabilização dos solos;
- Conservação de habitats naturais e das espécies da flora e da fauna;
- Interações hidrológico-biológicas entre águas superficiais e subterrâneas, nomeadamente a drenância e os processos físico-químicos na zona hiporreica.

3.1.1.2. Metodologia aplicada

Para se proceder à delimitação da tipologia em questão foi necessário ter em conta que a definição de cursos de água constante do regime jurídico da REN determina a seleção das linhas de água identificadas na cartografia de base que possuem as características mínimas para serem integradas na REN.

A base cartográfica utilizada assentou nas *shapefiles correspondentes às* curvas de nível (com um afastamento de 5 metros), pontos cotados e rede hidrográfica, à escala 1:10.000 conforme já referido no capítulo 1, denominando-se as *shapefiles* respetivamente:

- "curvas_nivel_10k_etrs89";

- "hidrografia_10k_etrs_89";

- "pontos_cotados_10k_etrs_89".

Desta forma após um processo seletivo, face às suas características e às bacias hidrográficas respetivas (ramificação, comprimento e área da bacia que drenam), integrou-se nesta tipologia os leitos normais dos cursos de água que drenam bacias hidrográficas com área igual ou superior a 3,5 km^2, as ínsuas, mouchões, lodeiros e areais, formados por deposição aluvial nos leitos dos cursos de água, tendo por base a hidrografia do concelho.

Importa referir que a inserção de cursos de água que drenem bacias hidrográficas com área inferior ao valor mínimo acima indicado poderá ser incluído, desde de que devidamente documentada e justificada.

Nesta tipologia, foram ainda, incluídos os leitos dos cursos de água que têm associado uma zona ameaçada pelas cheias.

Foi igualmente inserida nesta tipologia de REN a albufeira pertencente ao Aproveitamento Hidroagrícola da Cova da Beira (AHCB), associada à barragem do Monte do Bispo, a qual tem como finalidade rega e apresentam um volume total de 70.000 m^3 e um nível de pleno armazenamento (NPA) de 530,20 m. Não se encontrando esta albufeira classificada como de águas públicas de serviço público, nos termos da Portaria n.º 522/2009, de 15 de maio, e não tendo uma capacidade superior ou igual a 100.000 m^3 não foi enquadrada na tipologia "Albufeiras que contribuam para a conectividade e coerência ecológica da REN, com os respetivos leitos, margens e faixas de proteção".

Relativamente ao Aproveitamento Hidroagrícola da Cova da Beira (AHCB) é de referir que no concelho encontra-se em exploração o bloco de Belmonte/Caria e o bloco do Colmeal da Torre (Figura 15).

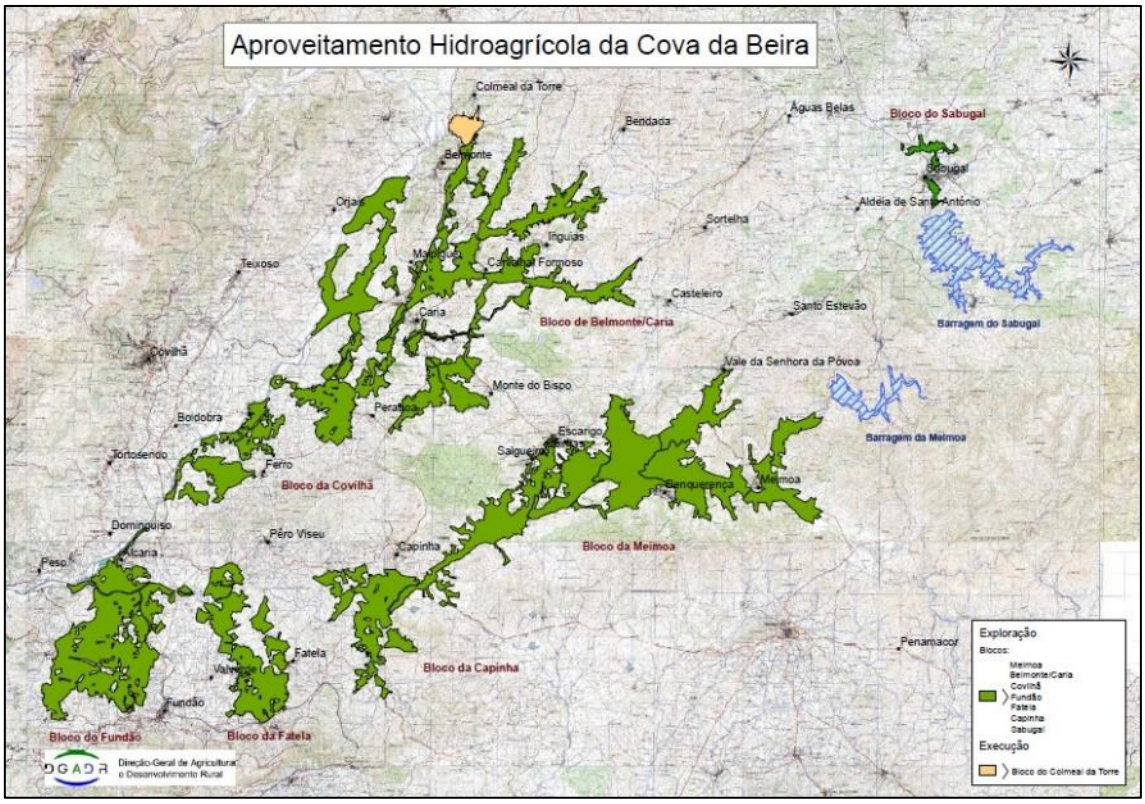


Figura 15 - Aproveitamento Hidroagrícola da Cova da Beira (retirado de http://sir.dgadr.pt)

Não se verificou no concelho a existência de cursos de água ou troços significativos de cursos de água, cujo escoamento não se processe a céu aberto em áreas urbanas consolidadas e onde manifestamente existam condições de renaturalização.

Em todas as situações teve-se sempre o cuidado de manter assegurada a conectividade hidráulica, sempre que possível.

Os cursos de água foram delimitados em toda a sua extensão, ou seja, da nascente até à foz, sendo a sua seleção e delimitação apoiadas em levantamento e reconhecimento de campo por forma a proceder à verificação e caracterização dos mesmos, nomeadamente em termos de traçado, condições de escoamento do leito, secção e largura média do leito, estado das margens e existência ou não de vegetação ripícola.

Na delimitação da albufeira foi considerado o plano de água até à cota do nível de pleno armazenamento (NPA) e a delimitação da largura da margem observou o disposto na alínea gg) do artigo 4.º da Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro.

Os cursos de água foram representados graficamente de forma distinta da restante rede hidrográfica, adotando-se a seguinte simbologia:

- Azul-escuro para os cursos de água integrados na REN;
- Azul-claro para a restante rede hidrográfica.

A delimitação da largura das margens observou igualmente o disposto na alínea gg) do artigo 4.º da Lei da Água, aprovada pela Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro, alterada pelos Decretos -Leis n.^{os} 245/2009, de 22 de setembro, 60/2012, de 14 de março, e 130/2012, de 12 de junho.

Desta forma, a faixa de terreno contígua ou sobranceira à linha que limita o leito das águas assume os valores dispostos na Lei da Água, no caso concreto 10 m por tratarem-se de águas não navegáveis nem flutuáveis.

3.1.1.3. Resultados obtidos

Tendo em conta a metodologia utilizada, considerou-se na seleção e delimitação dos cursos de água vinte e quatro (24) troços. Estes cursos de água totalizam aproximadamente uma extensão de aproximadamente 98,400 km.

Na figura 16 encontram-se representados os cursos de água considerados.

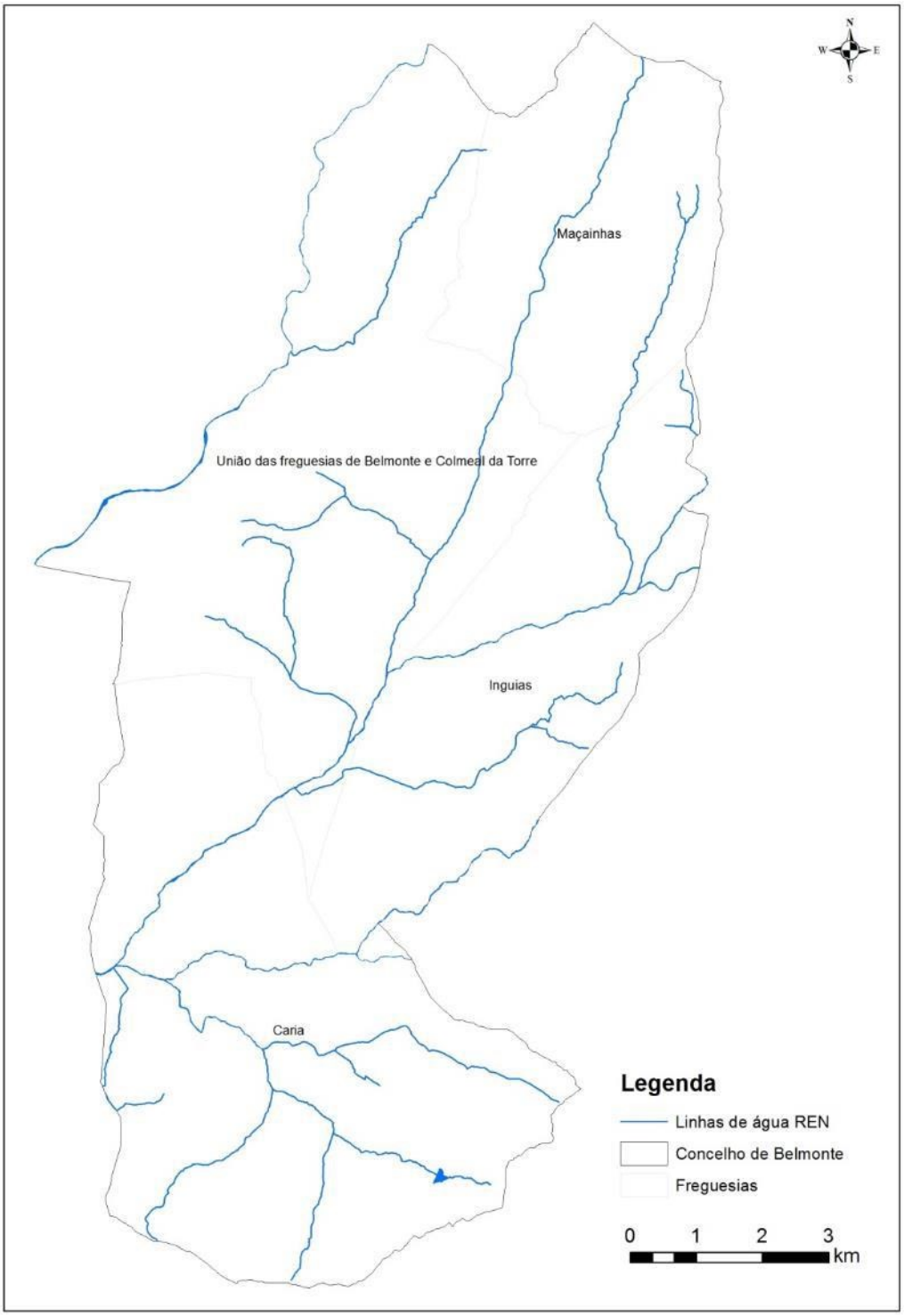


Figura 16 – Cursos de água considerados no âmbito da revisão da REN no concelho de Belmonte

No Quadro 5 encontram-se descritos os cursos de água considerados, a sua extensão e os critérios de delimitação em que se encontram enquadrados.

Quadro 5 – Cursos de água considerados na delimitação

N.º	Designação do curso de água	Classificação decimal	Extensão [m]	Margens [ha]	Critério de delimitação
1	Rio Zêzere	301 54	4438	14,84	Drenagem de bacia hidrográfica com área ≥ a 3,5 km^2 e associado a ZAC
2	Ribeira da Gaia	301 54 75	7185	12,09	Drenagem de bacia hidrográfica com área ≥ a 3,5 km^2 e associado a ZAC
3	Ribeiro das Amoreiras	301 54 71 03 03	928	3,15	Drenagem de bacia hidrográfica com área ≥ a 3,5 km^2 e associado a ZAC
4	Ribeiro das Barrentas	-	2046	4,43	Associado a ZAC
5	Afluente esquerdo da ribeira da Gaia	-	5112	10,48	Drenagem de bacia hidrográfica com área ≥ a 3,5 km^2 e associado a ZAC
6	Ribeiro do Valongo	-	1620	3,53	Associado a ZAC
7	Sem denominação	-	1693	3,69	Associado a ZAC
8	Ribeiro da Lagoa	301 54 71 03 01 02	3121	6,54	Drenagem de bacia hidrográfica com área ≥ a 3,5 km^2 e associado a ZAC
9	Afluente esquerdo do ribeiro da Lagoa	-	963	2,23	Associado a ZAC
10	Ribeira dos Trigais	-	3266	6,17	Associado a ZAC
11	Afluente direito da ribeira dos Trigais		391	1,10	Associado a ZAC
12	Ribeira da Lájea da Fidalga	-	3660	7,41	Drenagem de bacia hidrográfica com área ≥ a 3,5 km^2 e associado a ZAC
13	Afluente esquerdo da ribeira da Lájea da Fidalga	-	1351	1,56	Associado a ZAC
14	Ribeira de Caria	301 54 74	4503	15,18	Drenagem de bacia hidrográfica com área ≥ a 3,5 km^2 e associado a ZAC
15	Ribeira do Carvalhal	301 54 71 05	6786	13,83	Drenagem de bacia hidrográfica com área ≥ a 3,5 km^2 e associado a ZAC
16	Ribeira de Valverdinho	301 54 71 03	4086	2,35	Drenagem de bacia hidrográfica com área ≥ a 3,5 km^2 e associado a ZAC

N.º	Designação do curso de água	Classificação decimal	Extensão [m]	Margens [ha]	Critério de delimitação
17	Ribeira das Inguias	301 54 71	11842	42,06	Drenagem de bacia hidrográfica com área ≥ a 3,5 km^2 e associado a ZAC
18	Afluente direito da ribeira das Inguias	-	4597	9,46	Drenagem de bacia hidrográfica com área ≥ a 3,5 km^2 e associado a ZAC
19	Ribeiro do Panasca	-	3288	7,24	Drenagem de bacia hidrográfica com área ≥ a 3,5 km^2 e associado a ZAC
20	Ribeiro do Monte	301 54 71 03 01 04 02	2828	8,68	Drenagem de bacia hidrográfica com área ≥ a 3,5 km^2 e associado a ZAC
21	Ribeira das Castelhana	301 54 71 03 01 04	4355	8,97	Drenagem de bacia hidrográfica com área ≥ a 3,5 km^2 e associado a ZAC
22	Ribeira de Santo Antão	301 54 71 03 01	2342	8,22	Drenagem de bacia hidrográfica com área ≥ a 3,5 km^2 e associado a ZAC
23	Ribeira de Maçainhas	301 54 71 04	10828	21,89	Drenagem de bacia hidrográfica com área ≥ a 3,5 km^2 e associado a ZAC
24	Ribeira das Olas	301 54 71 06	7165	14,54	Drenagem de bacia hidrográfica com área ≥ a 3,5 km^2 e associado a ZAC

A quase totalidade dos cursos de água acima inventariados apresentam um escoamento de regime torrencial, tipicamente mediterrânico, caracterizado por leitos secos nas estações quentes e caudais variáveis com os níveis de precipitação, nas estações frias.

Tal como já foi anteriormente referido, todos os cursos de água delimitados caracterizam-se por terem as águas classificadas como não navegáveis nem flutuáveis, sendo que, e segundo o que está referenciado na Lei da Titularidade dos Recursos Hídricos, foi considerada a largura de 10 m para a delimitação das respetivas margens.

Na Figura 17 encontra-se representada a delimitação do leito e margens para os cursos de água REN.

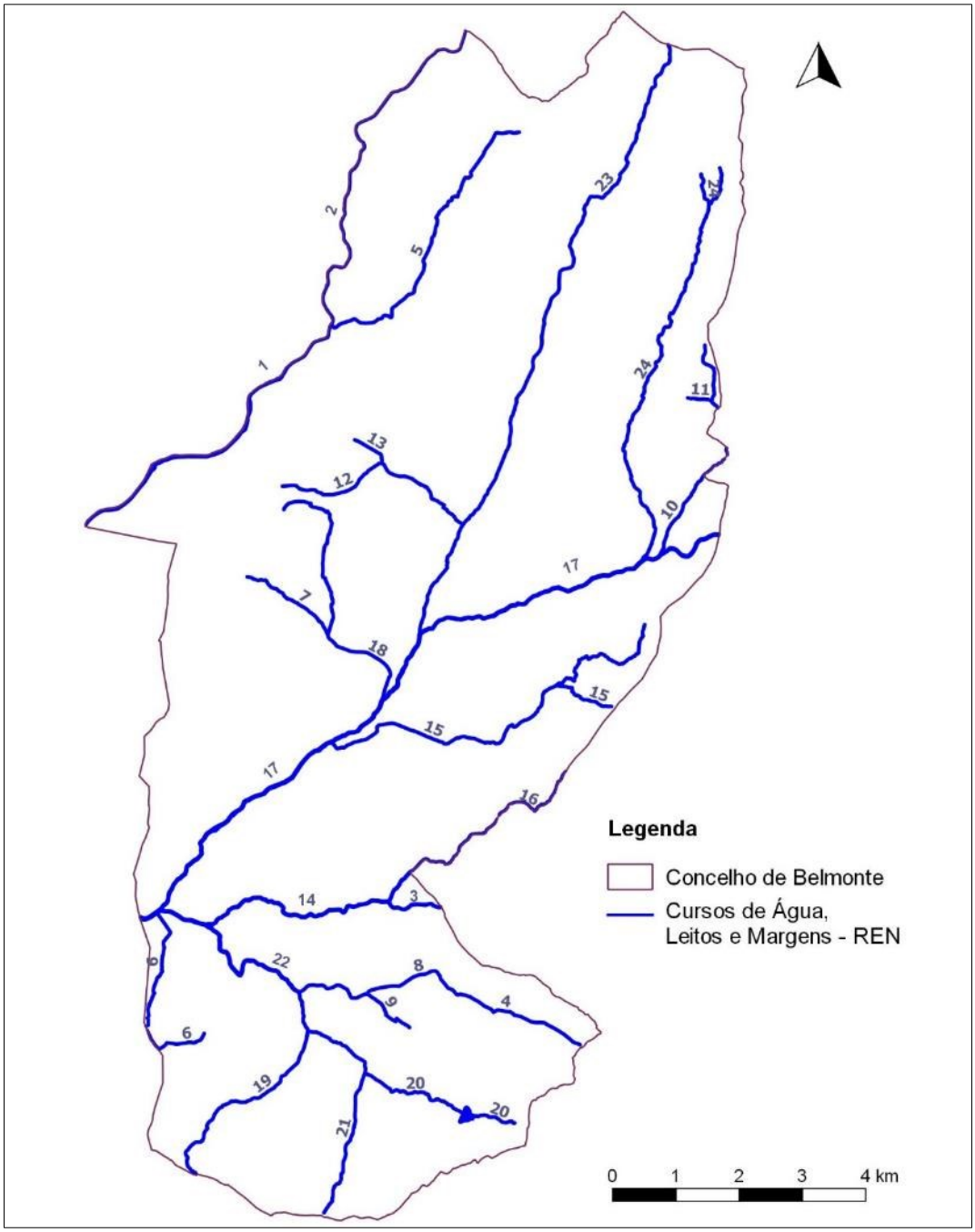


Figura 17 – Delimitação do leito e margens para os cursos de água considerados na REN

A área total calculada para a tipologia cursos de água e respetivos leitos e margens totaliza 229,68 ha, correspondendo a aproximadamente 1,93% da área do concelho.

3.1.2. Áreas Estratégicas de Infiltração e de Proteção e Recarga de Aquíferos

3.1.3. Introdução

Tal como referido no capítulo relativo à caracterização hidrogeológica do concelho de Belmonte, esta área concelhia interseta apenas uma massa de água subterrânea, designadamente o Maciço Antigo Indiferenciado da Bacia do Tejo, sendo esta uma massa indiferenciada e, por isso, não constitui um sistema aquífero de importância regional.

Nas massas de água subterrâneas indiferenciadas, tal como a existente no concelho de Belmonte, a análise das águas subterrâneas assenta principalmente nas formações geológicas existentes e nas respetivas potencialidades aquíferas e comportamento hidrogeológico. Assim, como as litologias predominantes são a granítica e os depósitos aluvionares existentes nos vales das principais linhas de águas, constituindo assim meios hidrogeológicos do tipo fissurado e poroso, respetivamente.

Assim, a delimitação das Áreas Estratégicas de Infiltração e de Proteção e Recarga de Aquíferos (AEIPRA), deveria ser efetuada, de acordo com a Portaria n.º 336/2019, de 26 de setembro, alterada pela Portaria n.º264/2020, de 13 de novembro. através das metodologias de avaliação da vulnerabilidade à poluição, designadamente IS (para meios porosos) e Vulfrac (para meios fissurados).

Contudo, considera-se que não existem dados suficientes para empregar ambas as metodologias no concelho de Belmonte, nomeadamente:

- Meio fissurado – Não existe cartografia geológica de pormenor que identifique todas as fraturas existentes nos maciços graníticos que intersetam a área concelhia de Belmonte, assim como estudos que classifiquem a espessura e o tipo de composição do material que preenche as fraturas;
- Meio poroso – os dados relacionados com a profundidade do nível da água, uma vez que no Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) não existe qualquer ponto de monitorização.

Assim, utilizou-se a metodologia Índice de Recarga Efetiva (IREF), sendo esta uma metodologia indicada pela Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. / Administração de Região Hidrográfica do Tejo e Oeste (APA / ARH TO) no Plano de Gestão de Região Hidrográfica do Tejo (PGRH Tejo), como uma de duas metodologias que podem ser utilizadas, em alternativa às existentes na Resolução do Conselho de Ministros n.º 81/2012, de 3 de outubro. Refere-se que o IREF já se encontra incluída nas novas orientações estragégicas, publicadas através da Portaria n.º 336/2019, de 26 de setembro, alterada pela Portaria n.º264/2020, de 13 de novembro.

Importa ainda salientar que, no âmbito de uma tese de mestrado, Lopes, A. (2014) efetuou uma análise comparativa entre esta metodologia e as orientações incluídas na Resolução do Conselho de Ministros n.º 81/2012, de 3 de outubro, tendo concluído que no caso IRef *versus* IS para meios porosos e/ou mistos, tal como os existentes na área concelhia em estudo, "*(…) admite-se que os resultados obtidos com a aplicação do IRef possam corresponder a uma identificação mais adequada das áreas de recarga, comparativamente à situação obtida com o IS. (…)*".

O IRef foi apresentado inicialmente pela Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo (CCDR-LVT) no Plano Regional de Ordenamento do Território do Oeste e Vale do Tejo (PROT-OVT) e no Plano

Regional de Ordenamento do Território da Área Metropolitana de Lisboa (PROT-AML), respetivamente (CCDR-LVT, 2009 e CCDR-LVT, 2010).

Posteriormente, no âmbito do PGRH Tejo (ARH Tejo, 2012), este método foi indicado como um de dois métodos preferenciais para a delimitação das AEIPRA a nível municipal.

Este índice corresponde à média ponderada de três parâmetros: a recarga potencial, o declive da superfície topográfica e a litologia e estrutura da zona vadosa. De seguida apresenta-se a descrição do IRef com base em CCDR-LVT (2010) e Lopes, A. (2014).

A **recarga potencial (Ip)** é calculada ao nível do solo, considerando-se as classes e valores utilizados na determinação do índice DRASTIC (Aller *et al.,* 1987), aplicado para avaliar a vulnerabilidade à poluição (Quadro 6).

Quadro 6 – Parâmetro "Recarga potencial"

Recarga potencial (mm/ano)	Valor
<51	1
51 - 102	3
102 - 178	6
178 - 254	8
>254	9

O **declive da superfície topográfica (D)** influencia a infiltração de água no solo, correspondendo a uma maior inclinação do terreno uma menor capacidade de infiltração da água. Tal como no parâmetro Ip, são consideradas as classes definidas no índice DRASTIC (Quadro 7).

Quadro 7 – Parâmetro "Declive da superfície topográfica"

Declive (%)	Valor
<2	10
2 - 6	9
6 - 12	5
12 - 18	3
>18	1

Nesta metodologia, a **litologia e estrutura da zona vadosa (ZV)** é o fator que mais condiciona a recarga subterrânea efetiva, distinguindo-se esta da quantidade de água potencial disponível para recarga a partir do solo (recarga potencial), devido à existência de materiais menos permeáveis na zona vadosa que limitam o escoamento. Para determinar este parâmetro são atribuídos valores de 1 a 10, de acordo com a natureza e a permeabilidade vertical da zona vadosa das formações hidrogeológicas.

No Quadro 8 apresenta-se os índices atribuídos em CCDR-LVT (2009) às formações geológicas existentes na área do Oeste e Vale do Tejo.

No capítulo 3.1.3.1.3 Litologia e estrutura da Zona Vadosa serão efetuadas a correspondência entre as formações geológicas existentes no concelho de Belmonte e algumas das formações presentes no Quadro 8, de forma a atribuir um índice ZV às primeiras.

Ainda relativamente ao parâmetro ZV, assume-se que o valor da recarga efetiva é igual ao da recarga potencial quando a zona vadosa é constituída por areia ou calcário muito carsificado, adotando-se o valor 10. Pelo contrário, quando os materiais apresentam permeabilidade muito reduzida, como por exemplo lodos ou argilas, o índice toma o valor 1.

Quadro 8 – Parâmetro "Litologia e estrutura da zona vadosa" (CCDR-LVT, 2009)[1]

Classe	Valor
Dunas, areias de duna e de praia	10
Terraços e aluviões arenosas	8 - 10
Lodos e argilas	1
Depósitos do Maciço Calcário Estremenho	2 - 5
Depósitos do Pliocénico	3 - 6
Areias e argilas de Pombal e Redinha (Miocénico)	3 - 5
Miocénico da Bacia do Tejo	5 - 7
Complexo detrítico e calcário do Paleogénico	3
Complexo Vulcânico de Lisboa	2
Calcários do Cretácico médio (calcários com rudistas)	4 - 6
Calcários margosos e margas do Cretácico inferior (Belasiano)	3 - 4
Grés do Cretácico inferior	3 - 6
Grés superiores com restos de vegetais e dinossauros do Jurássico superior	3 - 4
Calcários carsificados do Jurássico superior: Camadas de Montejunto, Calcários de Amaral e Calcários de Ota e Alenquer	6 - 8
Outras formações do Jurássico superior	3 - 4
Calcários e calcários dolomíticos e Formação de Candeeiros do Jurássico médio	8 - 10
Dolomitos, calcários e calcários dolomíticos do Jurássico inferior	6 - 7
Formação de Dagorda	1
Grés de Silves do Triásico	2
Quartzitos	3
Rochas fraturadas e fissuradas (ígneas e metamórficas)	2

Após a determinação dos três parâmetros descritos (Ip, D e ZV), calcula-se o IRef através da seguinte média ponderada:

$$IR_{ef} = (Ip + D + 3ZV) / 5$$

Os resultados obtidos, que variam entre 1 e 9,8, são agrupados em 10 classes (de 1 a 10), sendo cada classe atribuída com o arredondamento do índice para o número inteiro mais próximo. A classe 1 corresponde à situação de recarga efetiva mínima e a classe 10 indica a situação hidrogeológica com maior capacidade de recarga efetiva.

Segundo CCDR-LVT (2009), a definição das áreas estratégicas de infiltração e de proteção e recarga de aquíferos deverá ainda ter em conta os seguintes critérios:

[1] A tabela é a que consta da metodologia IRef e serve de referência para todos os concelhos. É, contudo, efetuada uma análise formação a formação geológica, sendo-lhe atribuída um valor em função das suas características litológicas. Esta análise encontra-se esplanada no capítulo 3.1.2.2.3. - Litologia e estrutura da zona vadosa (ZV)

- São selecionadas as áreas que correspondem às classes 8 e 9 do IRef, independentemente do declive, e às classes 6 e 7 quando o declive é <6%;
- Consideram-se apenas as áreas correspondentes aos sistemas aquíferos definidos por Almeida et al. (2000), sendo excluídas as áreas com índices de recarga efetiva elevados que não se incluam nesses sistemas aquíferos;
- São eliminadas todas as áreas que abrangem uma extensão inferior a um hectare, dada a escala regional da delimitação.

3.1.3.1. Resultados por Parâmetro

3.1.3.1.1. Recarga Potencial (Ip)

No que respeita ao parâmetro Ip, foi utilizada a informação disponibilizada pela APA / ARH TO relativa à recarga das massas de água subterrânea calculada no âmbito do PGRH Tejo, aprovado pela Resolução de Conselho de Ministros nº 16-F/2013, de 22 de março (ARH Tejo, 2012) (Figura 18).

Na Figura 19 apresenta-se o resultado final deste parâmetro, após ter sido atribuído a cada polígono o valor correspondente ao respetivo intervalo de recarga, tendo em conta o indicado no Quadro 6.

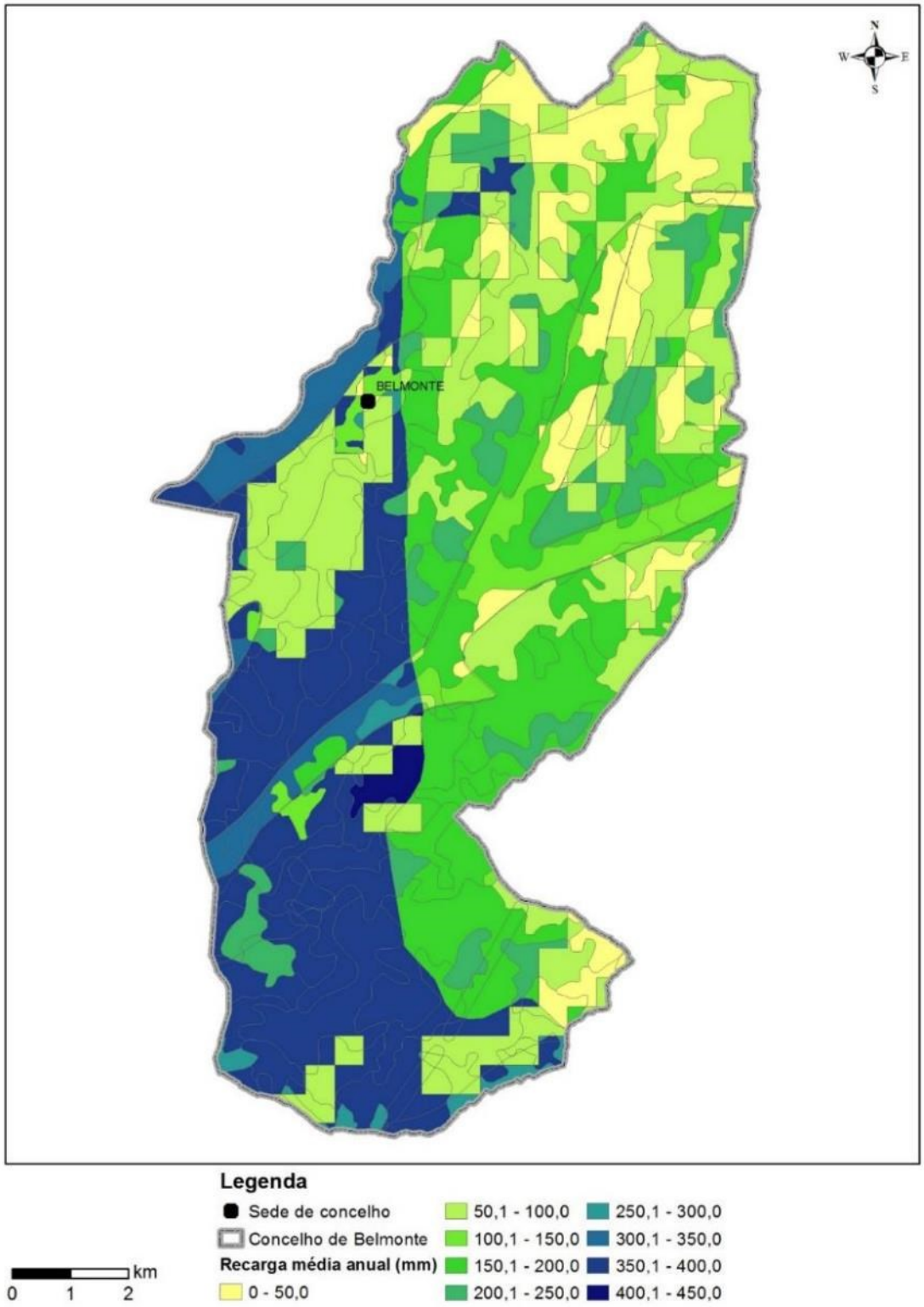


Figura 18 – Recarga da massa de água subterrânea que existentes no concelho de Belmonte (adaptado a partir dos dados cedidos pela APA / ARH TO)

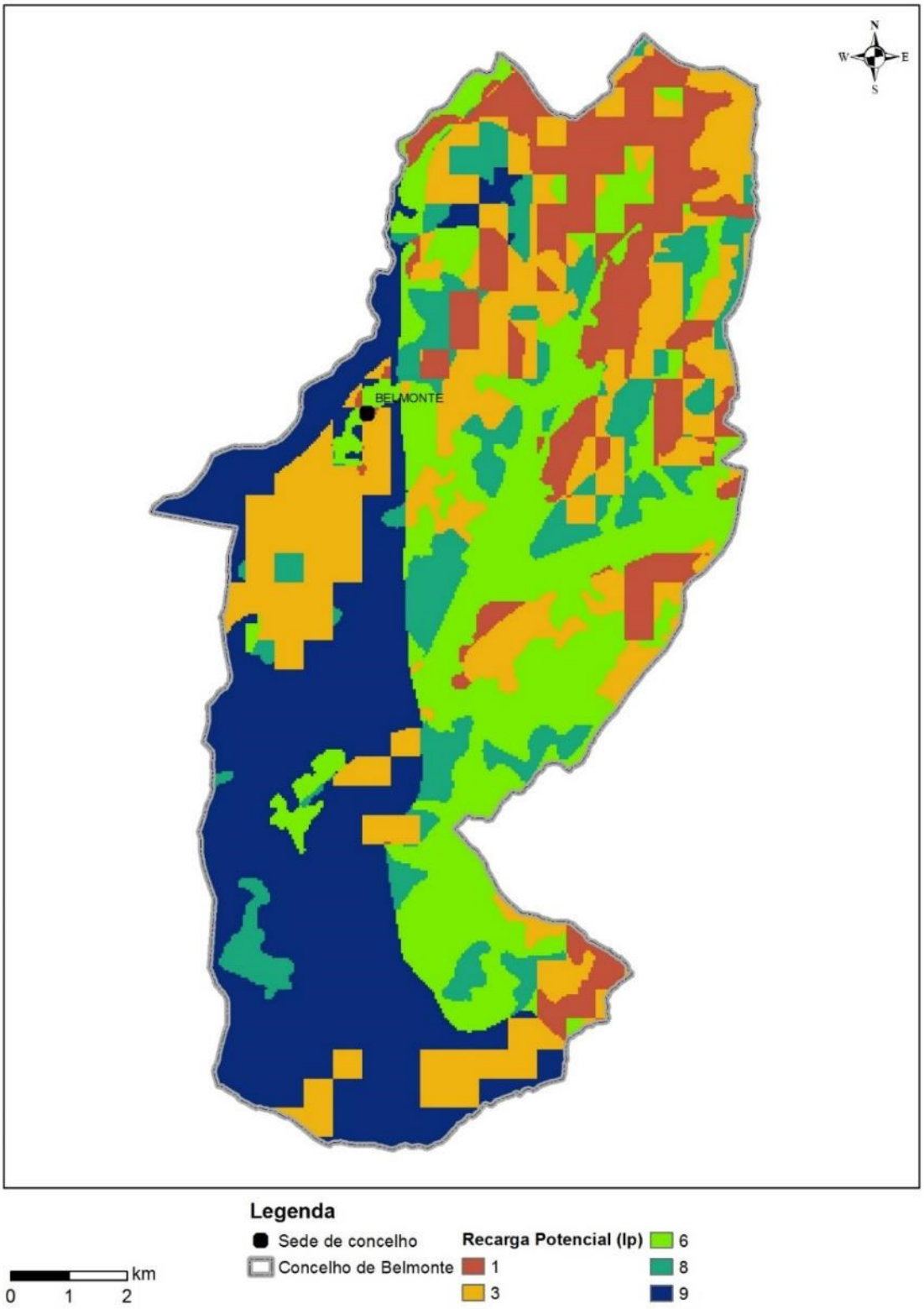


Figura 19 – Resultado final do parâmetro Ip

3.1.3.1.2. Declive da superfície topográfica (D)

Para a determinação do declive da superfície topográfica (parâmetro D), a Câmara Municipal de Belmonte disponibilizou um Modelo Digital de Terreno construído com base em informação topográfica, designadamente pontos cotados e curvas de nível, com um espaçamento de 10 metros.

Com esta informação foi gerado o mapa de declives que se apresenta na Figura 20 .

Relativamente a esta figura, constata-se a existência de algumas diferenças para o mapa de declives já apresentados anteriormente (Figura 8). Contudo, as diferenças existentes explicam-se pelo facto da primeira expressar o declive em percentagem, enquanto a segunda em graus.

No final e à semelhança do efetuado para o parâmetro Ip, foi atribuída a cada intervalo de declives a respetiva pontuação, tendo em conta o indicado no Quadro 8 (Figura 21).

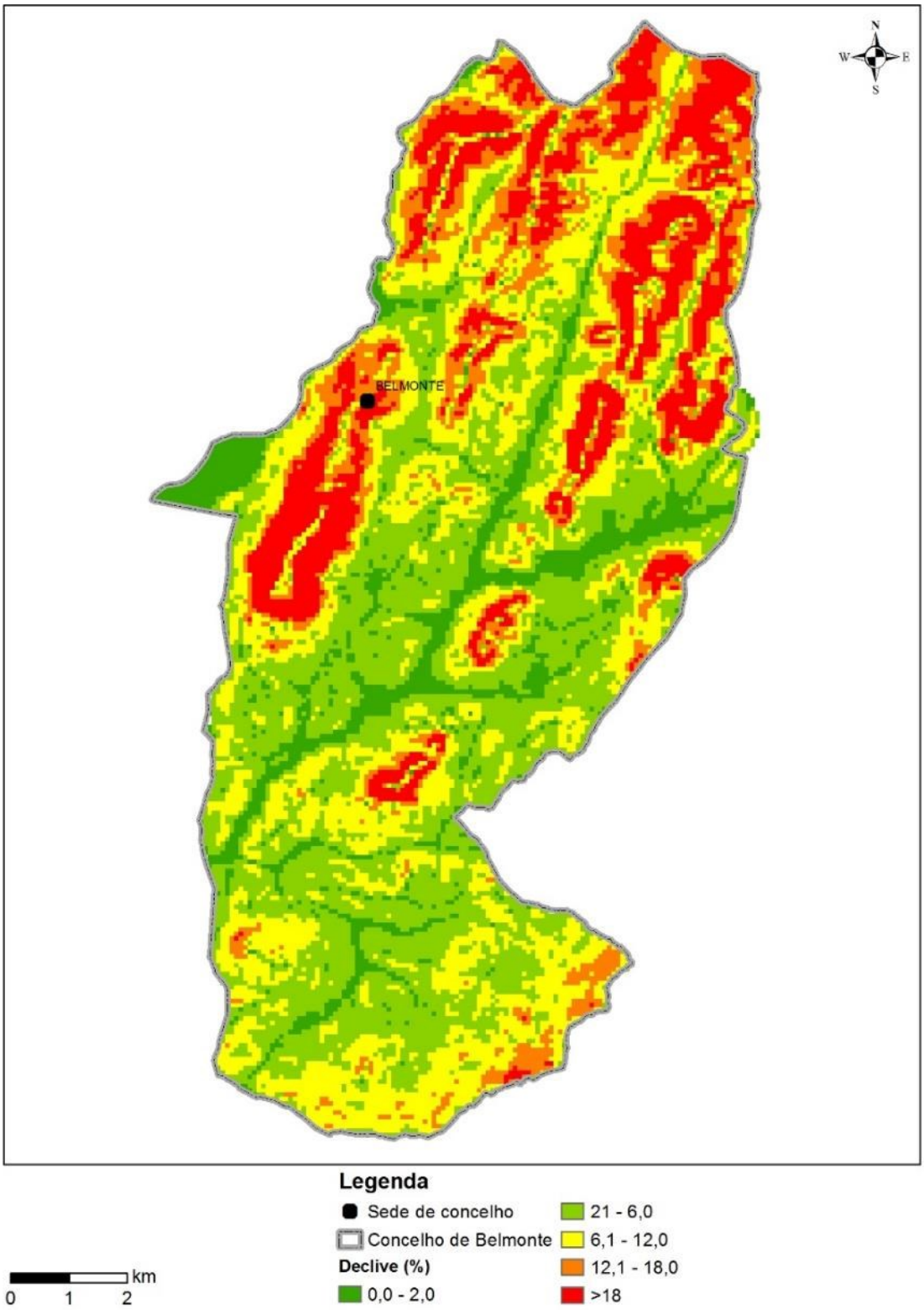


Figura 20 – Mapa de declives do concelho de Belmonte (adaptado a partir dos dados cedidos pela Câmara Municipal de Belmonte)

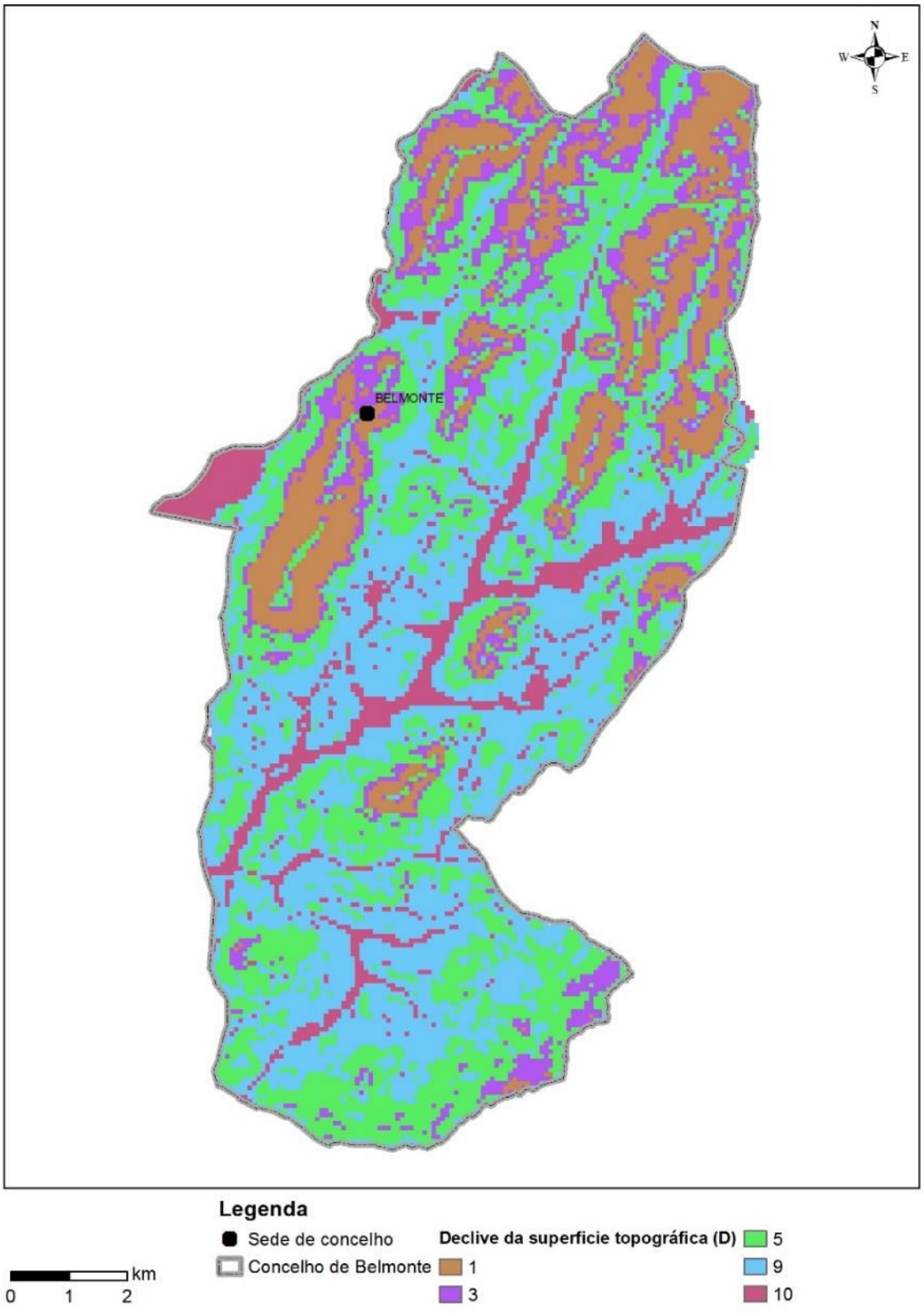


Figura 21 – Resultado final do parâmetro D

3.1.3.1.3. Litologia e estrutura da zona vadosa (ZV)

Para a determinação do parâmetro ZV teve-se em conta a descrição das formações geológicas existentes no concelho de Belmonte efetuada no Capítulo 2.3.

No quadro seguinte apresenta-se a correspondência entre as formações geológicas presentes no concelho de Belmonte e a classe do parâmetro ZV definida pela metodologia, assim como as ponderações atribuídas.

De forma a compreender melhor a ponderação indicada no Quadro 9 e excluindo aquelas classes cujo valor corresponde a um valor exato, refere-se que no caso das aluviões, o índice escolhido foi com base no facto das aluviões existentes no concelho de Belmonte serem constituídas maioritariamente por cascalheiras e areias, com matriz essencialmente grosseira, consequência da erosão dos maciços graníticos e metassedimentares existentes a montante.

Quadro 9 – Ponderação do parâmetro ZV

Formação geológica	Classe	Valor	Valor atribuído
Aluviões atuais	Terraços e aluviões arenosas	8 - 10	10
Granito porfiróide de grão grosseiro	Rochas fraturadas e fissuradas (ígneas e metamórficas)	2	2
Granito porfiróide de grão grosseiro e grosseiro a médio	Rochas fraturadas e fissuradas (ígneas e metamórficas)	2	2
Granito porfiróide de grão médio e médio a fino	Rochas fraturadas e fissuradas (ígneas e metamórficas)	2	2
Granito não porfiróide de grão grosseiro a médio	Rochas fraturadas e fissuradas (ígneas e metamórficas)	2	2
Filões de quartzo	Rochas fraturadas e fissuradas (ígneas e metamórficas)	2	2
Filões de rochas básicas	Rochas fraturadas e fissuradas (ígneas e metamórficas)	2	2
Filões aplito-pegmatíticos	Rochas fraturadas e fissuradas (ígneas e metamórficas)	2	2

Na Figura 22 apresenta-se o resultado final da ponderação do parâmetro ZV.

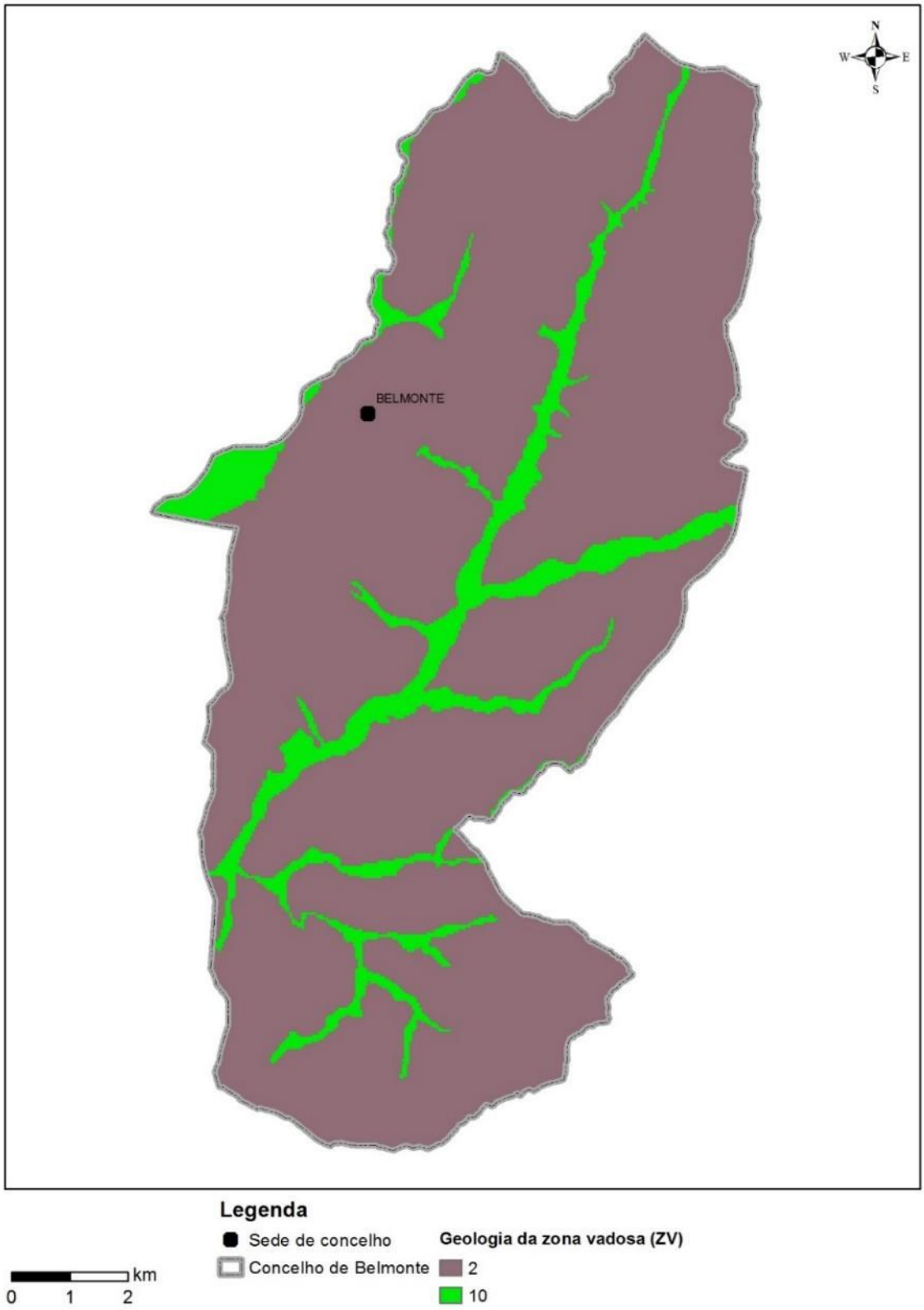


Figura 22 – Resultado final do parâmetro ZV

3.1.3.2. Resultado Final

Na delimitação das AEIPRA no concelho de Belmonte foi utilizada a metodologia IRef (CCDR-LVT, 2010 e CCDR-LVT, 2009), em detrimento das metodologias indicadas nas orientações estratégicas, pelos motivos apresentados no Capítulo 2.3.

Assim, o resultado obtido com a aplicação desta metodologia é apresentado na Figura 23.

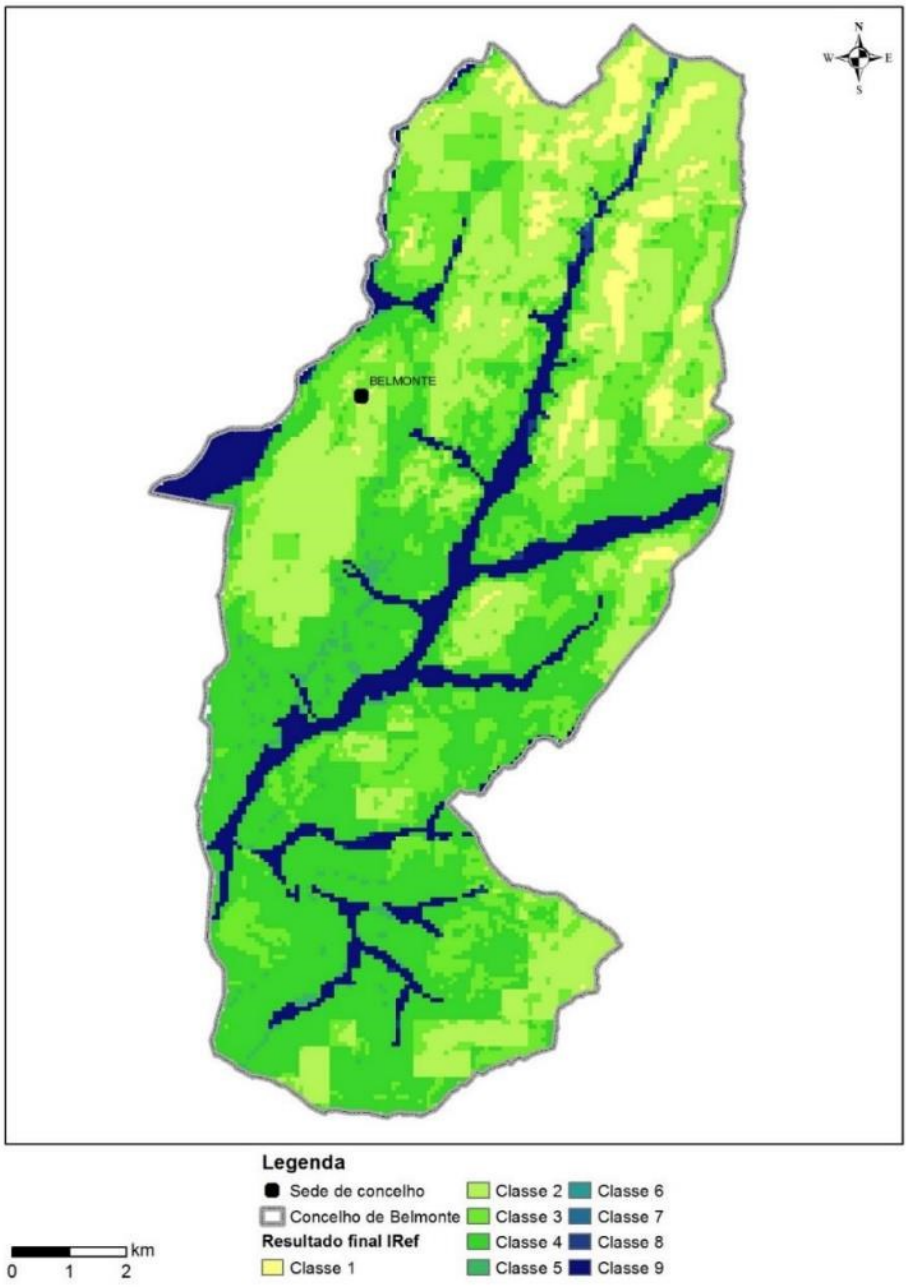


Figura 23 – Resultado final da aplicação da metodologia IRef

A este resultado é necessário ainda aplicar os critérios referidos em CCDR-LVT (2009):

- São selecionadas as áreas que correspondem às classes 8 e 9 do IRef, independentemente do declive, e às classes 6 e 7 quando o declive é <6%;
- Consideram-se apenas as áreas correspondentes aos sistemas aquíferos definidos por Almeida *et al.* (2000), sendo excluídas as áreas com índices de recarga efetiva elevados que não se incluam nesses sistemas aquíferos;
- São eliminadas todas as áreas que abrangem uma extensão inferior a um hectare, dada a escala regional da delimitação.

Importa ainda, analisar-se as funções desta tipologia de REN, designadamente (Decreto-Lei n.º 124/2019, de 28 de agosto):

- Garantir a manutenção dos recursos hídricos renováveis disponíveis e o aproveitamento sustentável dos recursos hídricos subterrâneos;
- Contribuir para a proteção da qualidade da água;
- Assegurar a sustentabilidade dos ecossistemas aquáticos e da biodiversidade dependentes da água subterrânea, com particular incidência na época de estio;
- Prevenir e reduzir os efeitos dos riscos de cheias e inundações, de seca extrema e de contaminação e sobre-exploração dos aquíferos;
- Prevenir e reduzir o risco de intrusão salina, no caso dos aquíferos costeiros;
- Assegurar a sustentabilidade dos ecossistemas de águas subterrâneas, principalmente nos aquíferos cársicos, como por exemplo invertebrados que ocorrem em cavidades e grutas.

De forma a assegurar a aplicação correta, quer dos critérios referidos em CCDR-LVT (2009) quer as funções das AEIPRA, definidas através do Decreto-Lei n.º 124/2019, de 28 de agosto, considera-se que no concelho de Belmonte as AEIPRA deverão corresponder unicamente às zonas aluvionares, tal como confere também o resultado obtido pela metodologia IRef.

As zonas aluvionares correspondem às áreas onde o declive é muito reduzido (geralmente <5%) e onde a classe predominante do IRef é 8 e 9 e onde também estão incluídas as outras classes passíveis de integrar a proposta de AEIPRA, designadamente as classes 6 e 7. Salienta-se ainda, que nestas áreas é onde se deve processar a descarga dos níveis subterrâneos mais superficiais, assegurando-se assim a sustentabilidade dos ecossistemas de águas subterrâneas, principalmente durante a época de estio.

Considera-se que não existem mais áreas para integrar a proposta de AEIPRA no concelho de Belmonte, uma vez que nesta área concelhia não existem zonas cársicas, áreas com risco de intrusão salina e ainda porque as principais áreas de recarga da Área com potencial hidrogeológico Região da Serra da Estrela – Serra de St. António (zona da Covilhã) localiza-se fora do concelho de Belmonte.

Assim, apresenta-se na figura seguinte a proposta final para a delimitação da tipologia REN denominada de AEPRA no concelho de Belmonte, já incluindo as alterações efetuadas pela APA / ARH TO, possuindo uma área de aproximadamente 1 247ha.

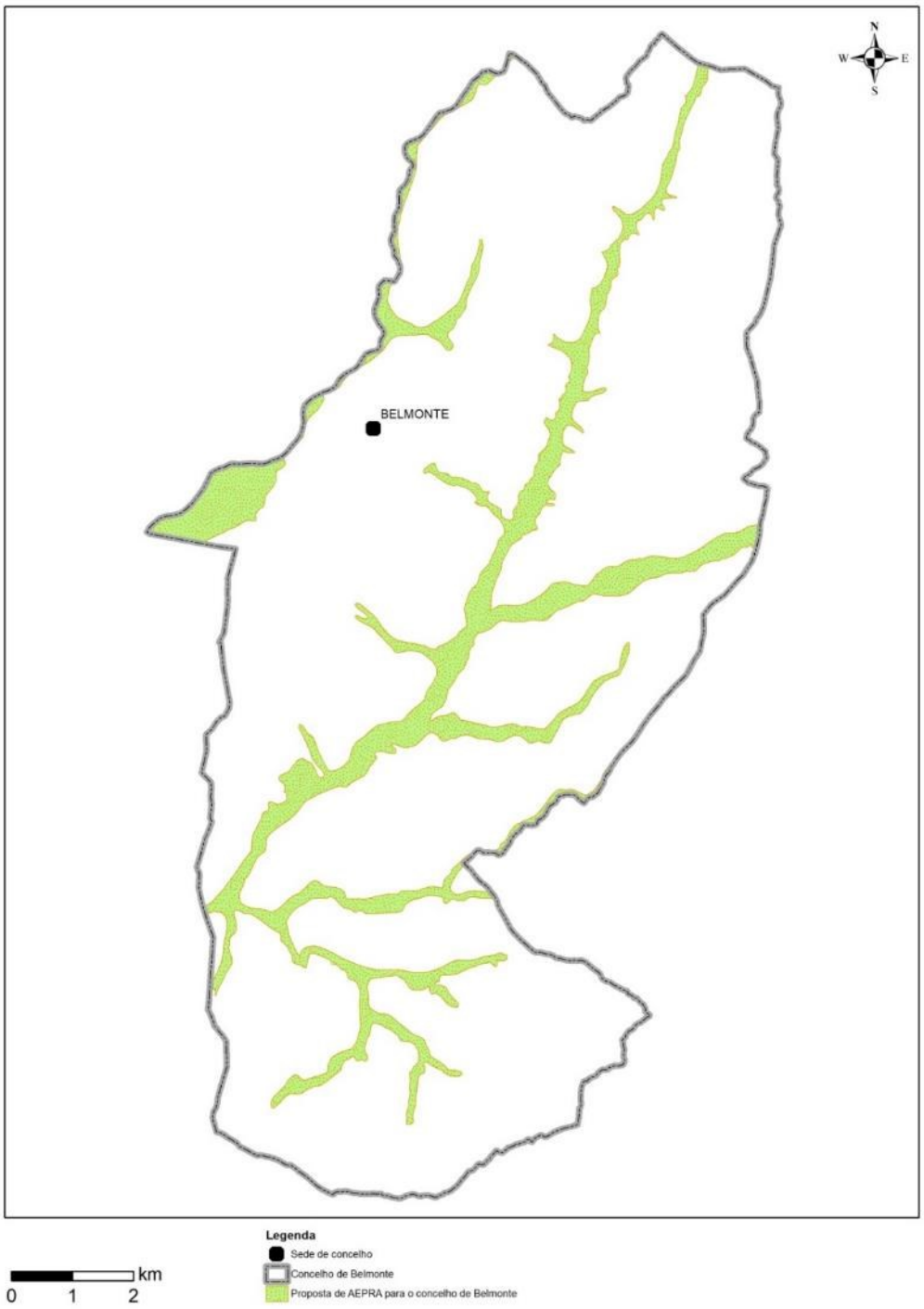


Figura 24 – Proposta de delimitação das AEIPRA para o concelho de Belmonte

3.2. ÁREAS DE PREVENÇÃO DE RISCOS NATURAIS

3.2.1. Zonas Adjacentes

De acordo com o diploma que regula a titularidade dos recursos hídricos, a Lei n.º 54/2005, de 15 de novembro, as zonas adjacentes são áreas contíguas à margem dos cursos de água que como tal seja classificada por um ato

regulamentar, por se encontrar ameaçada pelo mar ou pelas cheias (cf. Anexo I, secção III, alínea a) do Decreto-Lei n.º 124/2019 de 28 de agosto).

A delimitação das zonas adjacentes é feita desde o limite da margem até uma linha convencional, definida no diploma de classificação, que corresponde à linha alcançada pela maior cheia, com período de retorno de 100 anos, ou à maior cheia conhecida, no caso de não ser possível identificar a anterior.

A delimitação destas áreas tem por objetivo a prevenção e redução do risco para pessoas e bens, a garantia das condições naturais de infiltração e retenção hídricas, a regulação do ciclo hidrológico pela ocorrência dos movimentos de transbordo e de retorno das águas, bem como a estabilidade topográfica e geomorfológica dos terrenos em causa.

O concelho de Belmonte interceta parcialmente uma zona adjacente associada ao rio Zêzere, classificada por ato regulamentar. Para salvaguarda das várzeas do rio Zêzere, compreendido entre Manteigas e a sua confluência com a ribeira de Porsim, a jusante de Silvares, foi publicada a Portaria n.º 1053/93, de 19 de outubro. Com base em novos estudos e levantamentos, este diploma legal veio revogar a Portaria n.º 849/87, de 3 de novembro, procedendo à retificação de alguns troços, tendo por base a máxima cheia conhecida.

A delimitação apresentada é a delimitação corrigida em 2018 pela APA e disponibilizada através do oficio n.º SO2055-202003-artho.dpi rececionado pelo Municipio a 22 de abril de 2020.

De acordo com a APA esta tiplogia, deixa de existir enquanto REN com a aprovação da ZAC e é apresentada na Planta de condicionantes do PDM.

"Relativamente à tipologia Zonas Adjacentes, considera-se que, nos termos da Portaria n.º 336/2019, de 26 de setembro, alterada pela Portaria n.º264/2020, de 13 de novembro. uma vez aprovada a delimitação da tipologia ZAC, as ZA não deverão ser representadas. Verifica-se que o limite da Zona Adjacente utilizado não coincide com o limite constante da Portaria n.º1053/93 de 19 de Outubro. Junto se envia uma shapefile da Zona Adjacente corrigida, que deverá constar da Planta de Condicionantes do PDM, enquanto restrição de utilidade pública." (extrato do referido parecer).

3.2.2. Zonas Ameaçadas pelas Cheias

O Regime Jurídico da Reserva Ecológica Nacional, na sua redação atual dada pelo Decreto-Lei n.º 124/2019, de 28 de agosto, remete que a delimitação das Zonas Ameaçadas pelas Cheias é efetuada através de modelação hidrológica e hidráulica. A determinação das zonas ameaçadas pelas cheias associadas ao período de retorno de 100 anos com deve fazer com recurso a observação de marcas ou registos de eventos históricos e de dados cartográficos e de critérios geomorfológicos, pedológicos e topográficos. O aumento das situações de risco de inundações em Portugal deve-se essencialmente à crescente ocupação de terrenos situados em zonas de potencial inundação, como os leitos de cheia. Assim, subsiste a necessidade de identificação de potenciais zonas de risco de inundações, bem como a definição de medidas que proíbam essas ocupações ou, se já ocupadas, medidas de prevenção. Este processo, da identificação e cartografia das zonas inundáveis em Portugal, decorre ao abrigo da Diretiva 2007/60/CE.

3.2.2.1. Introdução

Neste sentido, foi desenvolvido o estudo e o modelo de caracterização das duas bacias hidrográficas pelo quais é abrangido o concelho de Belmonte: bacia hidrográfica do Zêzere e das Inguias, baseado em fórmulas, modelo hidrológico do *software HEC Hydrologic Modeling System* (HEC-HMS) e no modelo hidráulico do *software HEC River Analysis System* (HEC-RAS), estes dois últimos articulados com Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Face à legislação em vigor, o estudo desenvolveu-se numa primeira fase no cálculo do tempo de concentração pelas formulas de Giandotti, Kirpich, de Chow, do NERC, Temez, Pickering, Picking e Ven Te Chow. Numa segunda fase, com recurso a diversas fórmulas empíricas e por método computacional (HEC-HMS), cujos parâmetros hidrológicos são extraídos do Modelo Digital do Terreno (MDT) conjuntamente com os dados hidrológicos, procedeu-se ao cálculo do caudal de ponta de cheia.

Numa terceira fase, a informação detalhada referente à geometria da rede de drenagem é extraída a partir de uma Rede Irregular de Triângulos (TIN) e, em conjunto com o caudal de ponta de cheia resultante do processamento do programa HEC-HMS, é importada para o programa HEC-RAS. Depois de executado este último modelo, os resultados a que conduziu a determinação da zona ameaçada por cheias foi processada e analisada em ambiente SIG.

A delimitação das áreas integradas na REN teve por base as orientações estratégicas de âmbito nacional e regional aprovadas pela Portaria n.º 336/2019, de 26 de setembro, alterada pela Portaria n.º264/2020, de 13 de novembro. Apresenta-se seguidamente a metodologia e resultados obtidos, com recurso a procedimentos metodológicos de modelação hidrológica e hidráulica, a delimitação das zonas ameaçadas pelas cheias na bacia hidrográfica do rio Zêzere e ribeira das Inguias, no concelho de Belmonte, ambos afluentes do rio Tejo, para um período de retorno de 100 anos.

3.2.2.2. Metodologia

Na determinação das zonas ameaçadas por cheias recorreu-se a aplicação de *softwares livres*, para o modelo hidrológico aplicou-se *Hydrologic Modeling System* (HEC-HMS, versão 4.4.1), para o modelo hidráulico utilizou-se River Analysis System (HEC-RAS, versão 5.0.7), ambos desenvolvidos pelo *Hydrologic Engeneering Center* (HEC), que é uma divisão do *Institute for Water Resourses (IWR), U.S. Army Corps of Engineers* (USACE). Estes dois softwares são conciliáveis com Sistema de Informação Geográfica, no caso de estudo utilizou-se o ArcMap, da ESRI.

A partir dos SIG é possível combinar informações topográficas, o tipo e usos do solo, as condições meteorológicas relativas a bacias hidrográficas ou sub-bacias. Com a possibilidade de simular diferentes cenários e as consequências da alteração dessa informação.

Em termos genéricos, o estudo foi realizado através das seguintes etapas:

- Cálculo do tempo de concentração, por diferentes fórmulas empíricas;
- Determinação do caudal de ponta de cheia para o cenário de retorno de 20 anos e 100 anos, por diferentes fórmulas empíricas e com recurso a modelo computacional HEC-HMS. Neste último procedeu a seguinte procedimento:

- Geração automática das bacias hidrográficas e da rede de drenagem com recurso ao Modelo Digital de Elevação (DEM) através da aplicação da extensão Arc Hydro Tools do *software* ArcMap;
- Obtenção, para as bacias geradas, dos valores dos parâmetros morfológicos e hidrológicos e dos dados hidrológicos a introduzir no programa HEC-HMS;

- Preparação da informação detalhada referente à geometria da rede de drenagem a introdução da mesma no programa HEC-RAS, mediante a utilização do programa ArcMap, extensão HEC-GeoRAS;
- Modelação da configuração da superfície livre com o programa HEC-RAS;
- Processamento dos resultados do programa HEC-RAS com vista à representação gráfica de leitos de cheia, com posterior processamento e análise no ArcMap.
- Foi também subtraída nesta tipologia os polígonos afetos aos cursos de água. Deste resultado foram excluídos polígonos residuais com áreas menores que 100m^2.

3.2.2.3. Discrepâncias cartográficas e o percurso natural dos cursos das linhas de água

A cartografia base no estudo hidrológico aplicou-se a cartografia militar à escala 1:25000, enquanto no estudo hidráulico aplicou-se a cartografia homologada pela DGT à escala 1:10000. A utilização da escala 1:25000 no estudo hidrológico deve-se ao facto de ser a única cartografia disponível que abrange desde a nascente até a foz, no concelho de Belmonte, da bacia do Zêzere e das Inguias.

a) Verificam-se pontualmente discrepâncias entre a cartografia homologada pela DGT, a escala 1:10000, e os ortofotos da DGT (estes disponíveis em dados abertos). Pelo que se procedeu a devida correção.
Bacia do Zêzere - Nesta bacia apenas se procedeu a correção da linha de água denominada por Ribeiro do Colmeal, conforme documentam as seguintes figuras:

Figura 25 – Correção da Linha de água do Rib.º Colmeal, entre PK 1700.206 e PK 1550.066, junto à ponte

Figura 26 – Correção da Linha de água do Rib.º Colmeal, entre PK 1250.189 e PK 1099.722

Figura 27 – Correção da Linha de água do Rib.º Colmeal, entre PK 400.1926 e PK 150.2051

b) Bacia das Inguias

Na bacia das Inguias procedeu-se à correção das linhas de águas das Ribeiras de Maçainhas, da Lájea da Fidalga, do Carvalhal, dos Trigais, do Ribeiro do Silvado, da Lagoa, Panasco e Monte conforme demonstram as figuras seguintes:

b.1) Ribeira de Maçainhas

Figura 28 – Correção da Linha de água da Rib.ª de Maçainhas, entre PK 8950.001 e PK 8750.001

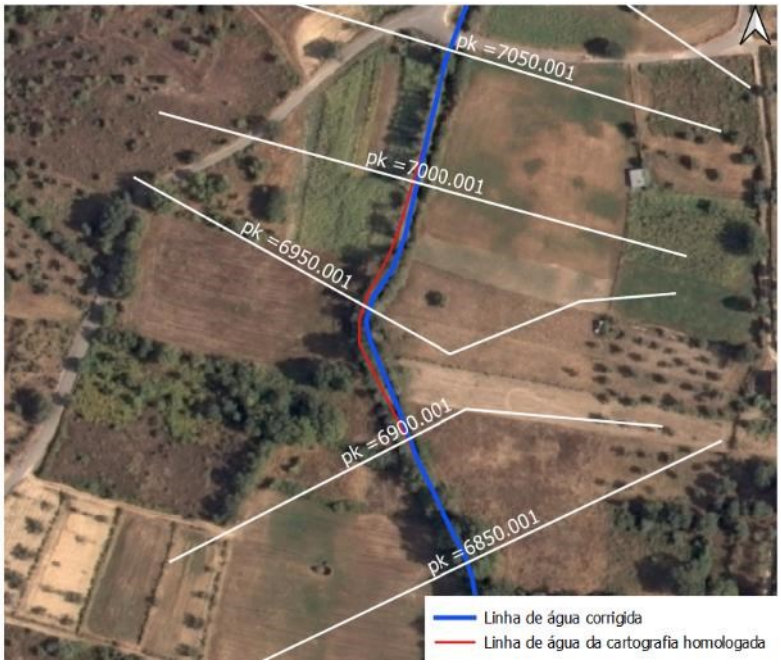


Figura 29 – Correção da Linha de água da Rib.ª de Maçainhas, entre PK 7050.001 e PK 6900.001

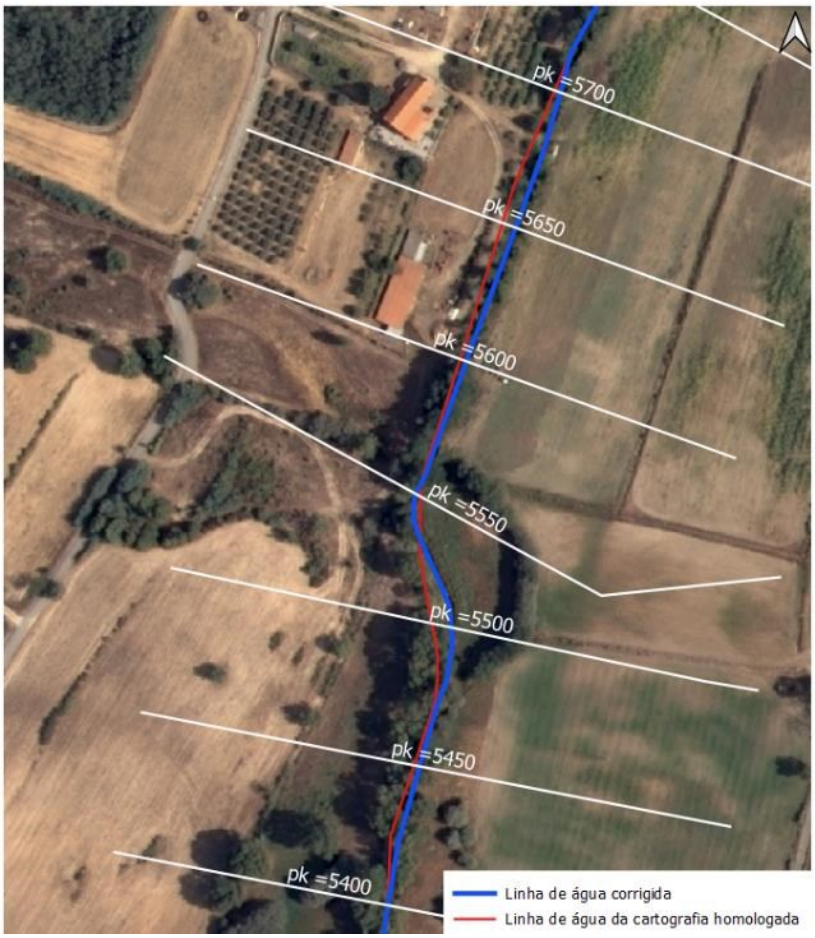


Figura 30 – Correção da Linha de água da Rib.ª de Maçainhas, entre 5700 e PK 5400

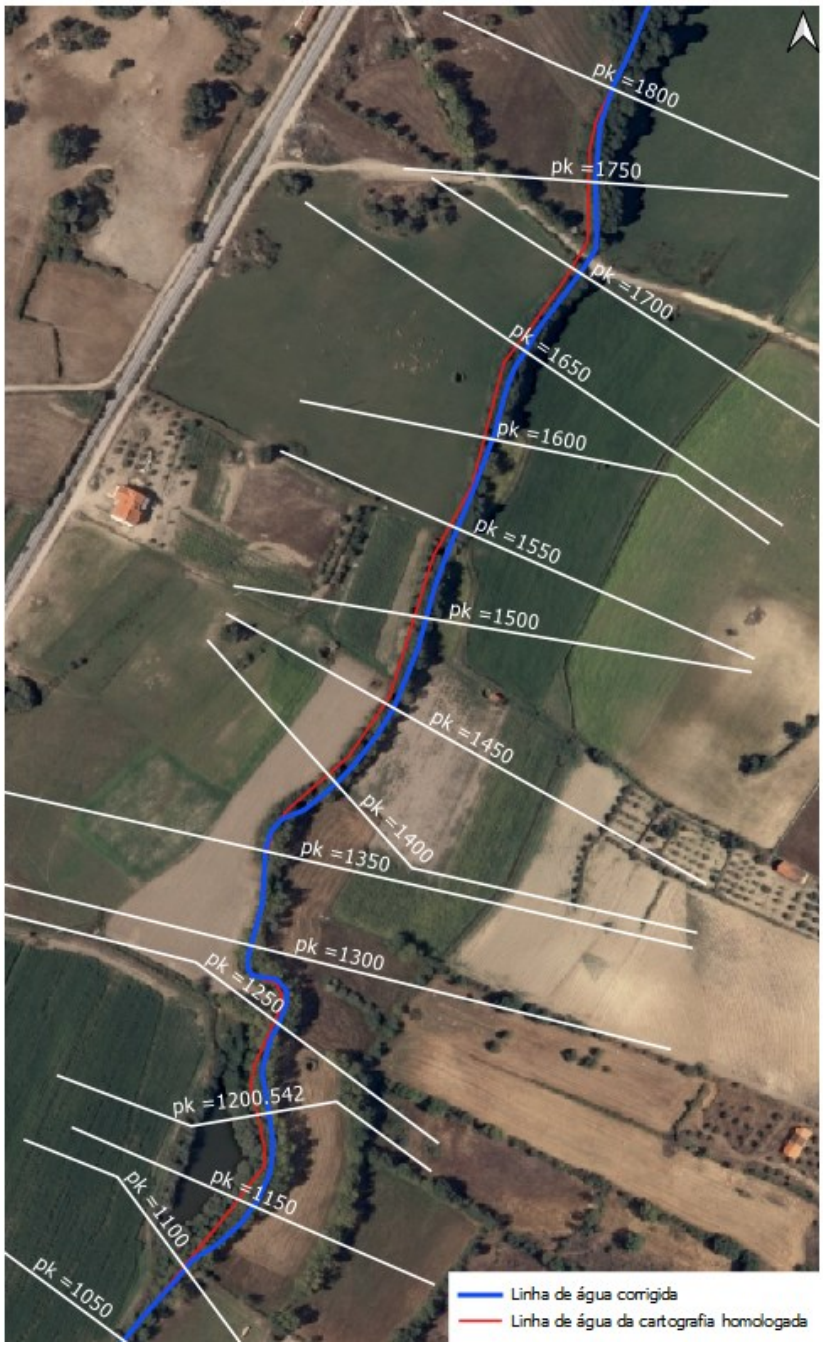


Figura 31 – Correção da Linha de água da Rib.ª de Maçainhas, entre 1800 e PK 1100

Figura 32 – Correção da Linha de água Rib.ª de Maçainhas, entre 400 e PK 0

b.2) Ribeira da Lájea da Fidalga

Figura 33 – Correção da Linha de água da Rib.ª da Lájea da Fidalga, entre 1372.036 e PK 1122.036

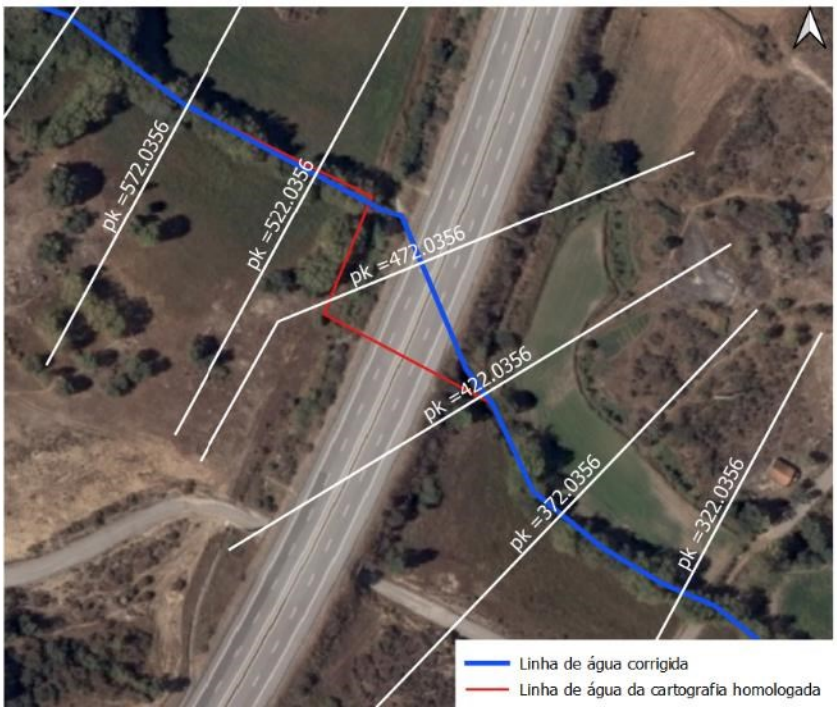


Figura 34 – Correção da Linha de água da Rib.ª da Lájea da Fidalga, entre 572.0356 e PK 422.0356

b.3) Ribeira do Carvalhal

Figura 35 – Correção da Linha de água de Carvalhal, entre 2350 e PK 2250

b.4) Ribeira dos Trigais

Figura 36 – Correção da Linha de água da Rib.ª dos Trigais, entre 3050 e PK 2950

b.5) Ribeiro do Silvado

Figura 37 – Correção da Linha de água do Rib.º do Silvado, entre 2360.673 e PK 2210.673

Figura 38 – Correção da Linha de água do Rib.º do Silvado do, entre 210.672 e PK 1910.673

Figura 39 – Correção da Linha de água do Rib.º do Silvado, entre 1312.601 e PK 1162.601

Figura 40 – Correção da Linha de água do Rib.º do Silvado, entre 1312.601 e PK 1162.601

b.2) Ribeiro da Lagoa

Figura 41 – Correção da Linha de água do Rib.º da Lagoa, entre 2200 e PK 2050

Figura 42 – Correção da Linha de água do Rib.º da Lagoa, entre 1200 e PK 1100

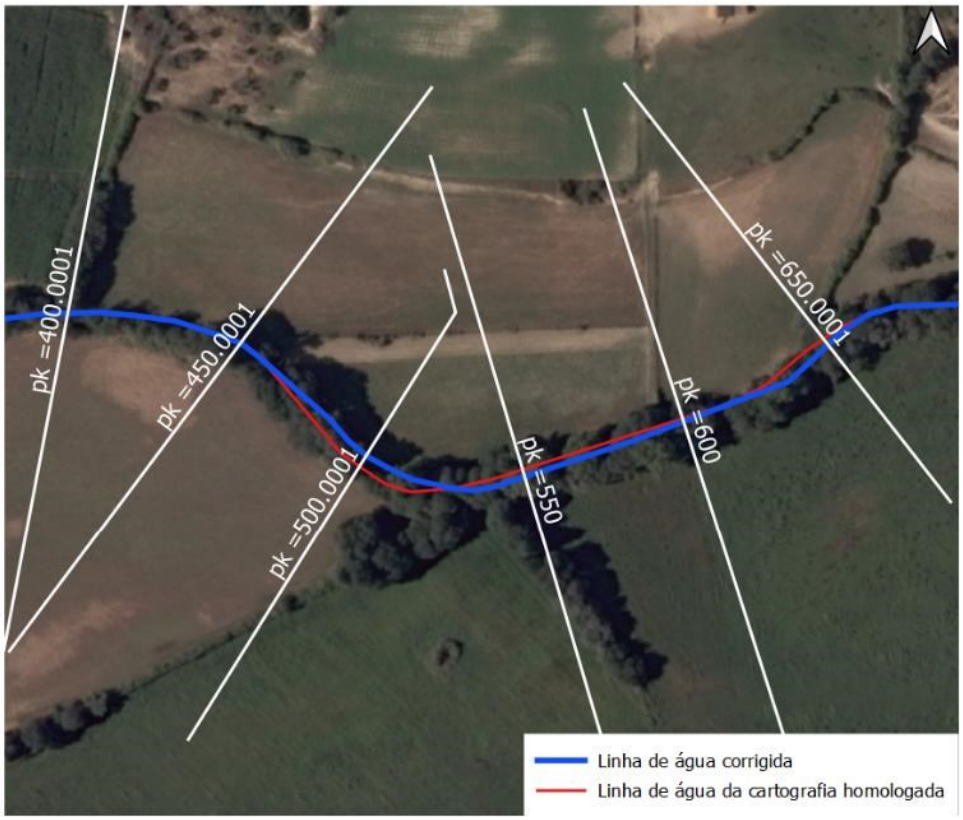


Figura 43 – Correção da Linha de água do Rib.º da Lagoa, entre 650 e PK 450

b.2) Ribeiro do Panasco

Figura 44 – Correção da Linha de água do Rib.º do Panasco, entre 2450 e PK 2550

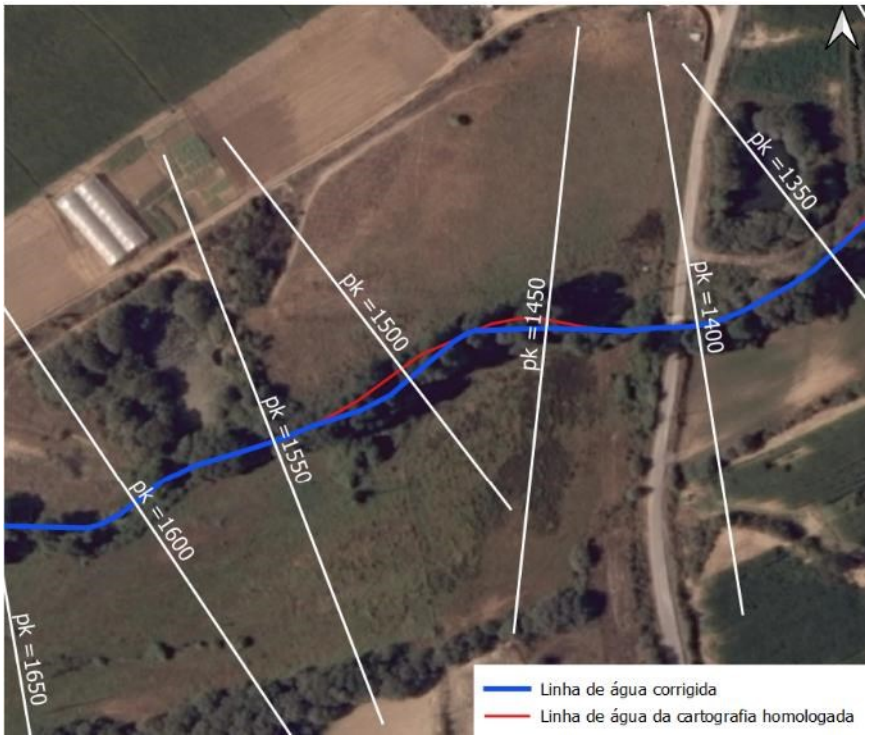


Figura 45 – Correção da Linha de água do Rib.º do Panasco, entre 1550 e PK 1400

Figura 46 – Correção da Linha de água do Rib.º do Panasco, entre 850 e PK 650

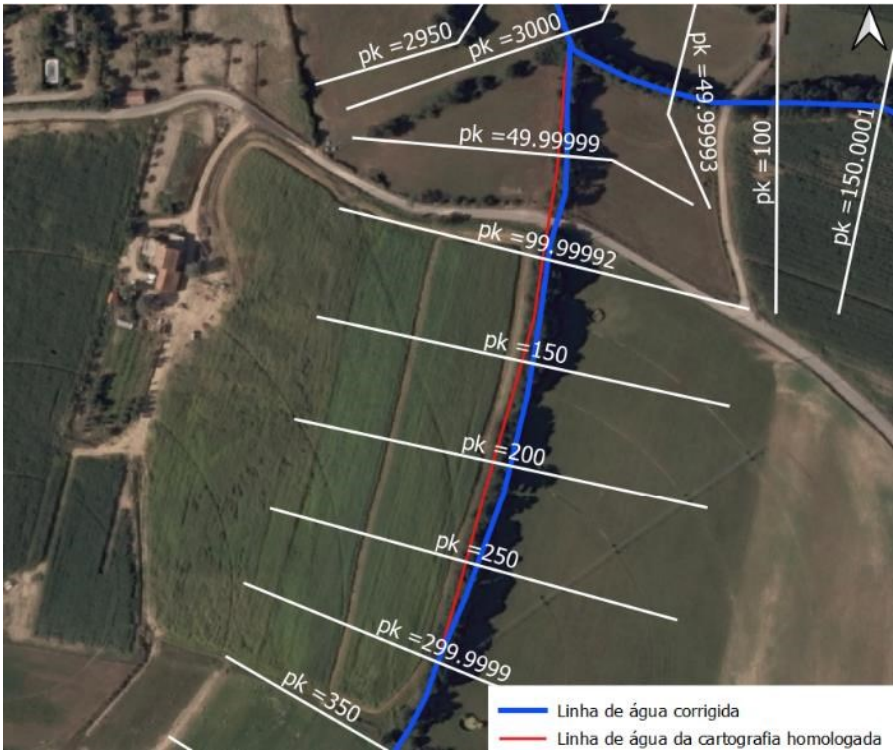


Figura 47 – Correção da Linha de água do Rib.º do Panasco, entre 299.9999 e PK 0

b.2) Ribeiro do Monte

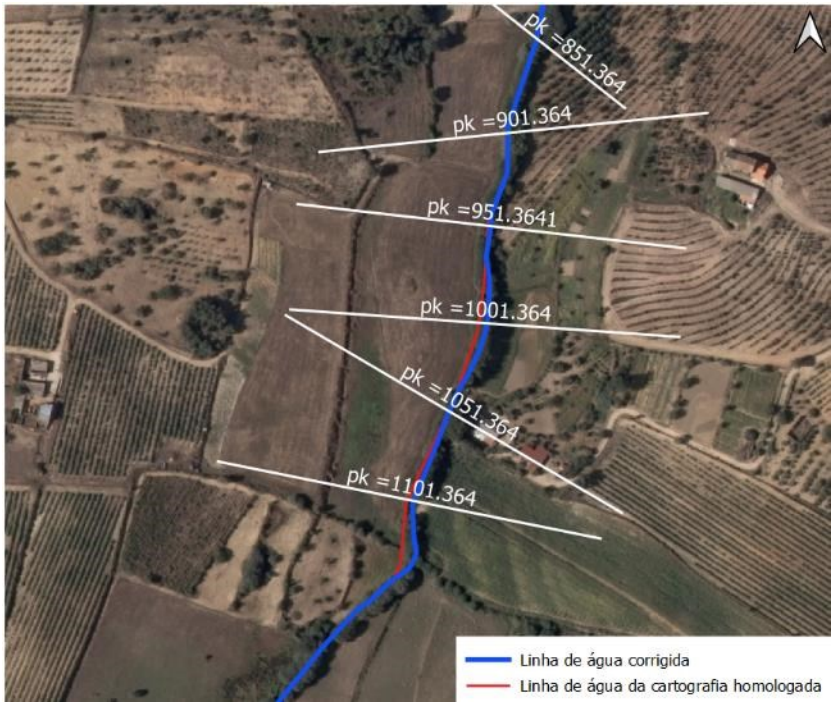


Figura 48 – Correção da Linha de água do Rib.º do Monte, entre 1101.364 e PK 951.3641

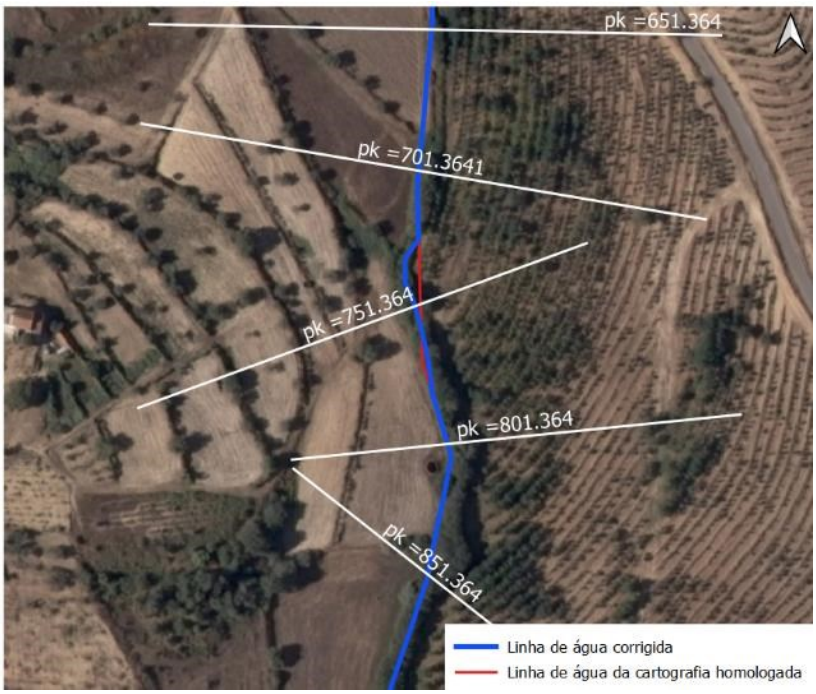


Figura 49 – Correção da Linha de água de Mon do Rib.º do Monte, entre 801.364 e PK 701.3641

Figura 50 – Correção da Linha de água do Rib.º do Monte, entre 301.364 e PK 201.364

3.2.2.4. Caracterização das bacias hidrográficas em estudo

Apresenta-se resumidamente as características geométricas, seguindo-se uma caracterização da geologia, do clima e da ocupação dos solos de ambas as bacias hidrográficas em estudo.

As bacias hidrográficas do Rio Zêzere e da Ribeira das Inguias são duas sub-sub-bacias bacia hidrográfica do Tejo, por uma questão de simplificação de linguagem, designam-se doravante por bacias-hidrográficas no presente estudo.

3.2.2.4.1. Localização

As bacias hidrográficas do Zêzere e das Inguias, situam-se ambas na região hidrográfica do Tejo, na área mais a montante no território português (Figura 51 e Figura 52), e abrangem os concelhos:

- **B.H. Zêzere** – Seia, Manteigas, Guarda, Covilhã, Belmonte com respetivamente 1,34%, 31,43%, 40,72%, 20,73% e 5,77%, aproximadamente, da sua área total;
- **B.H. das Inguias** – Sabugal, Guarda, Covilhã e Belmonte com respetivamente 49,15%, 3,18%, 2,12 e 45,46%, aproximadamente, da sua área total.

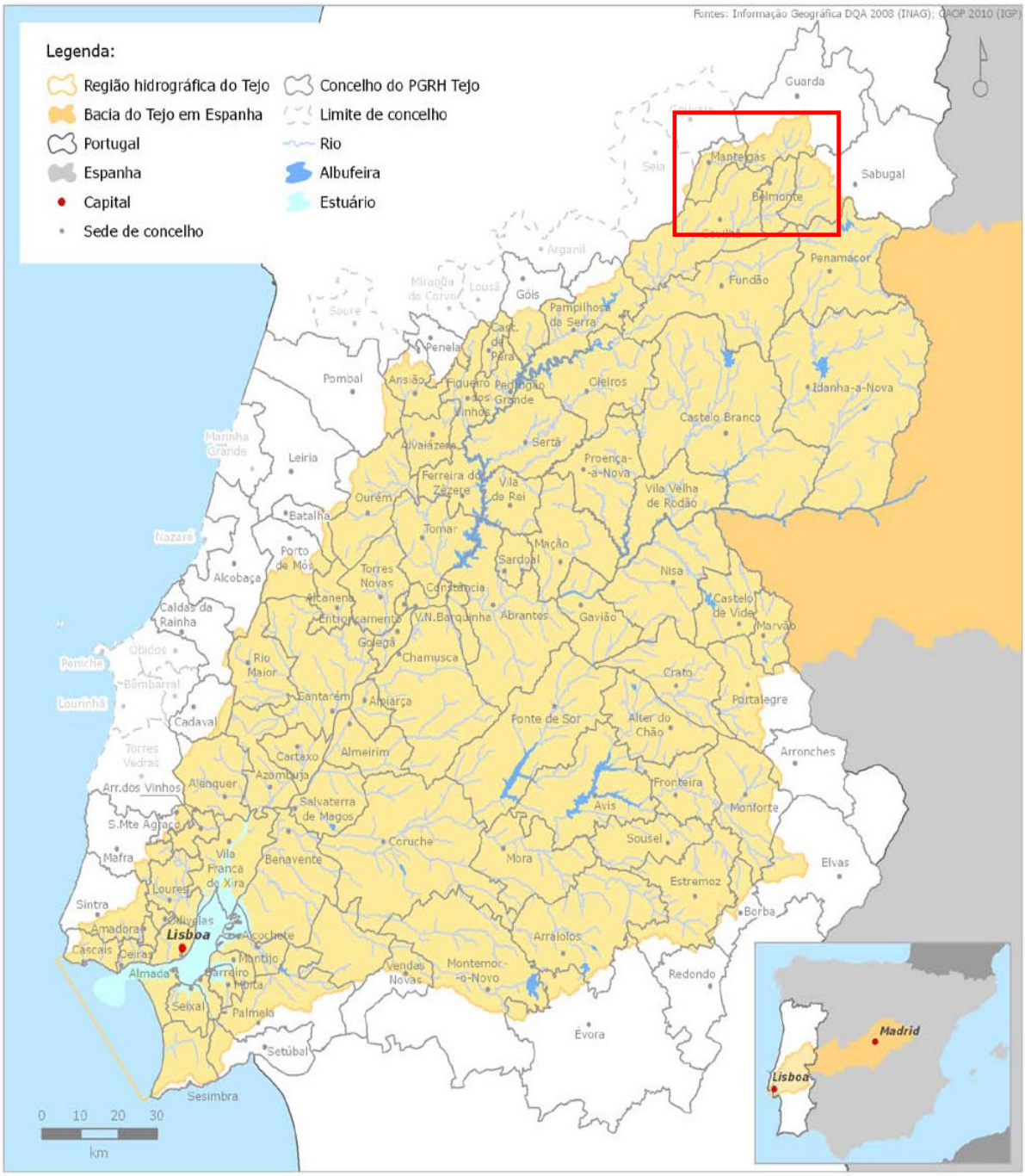


Figura 51 – Enquadramento geográfico (Fonte: Resumo Não Técnico do Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Tejo)

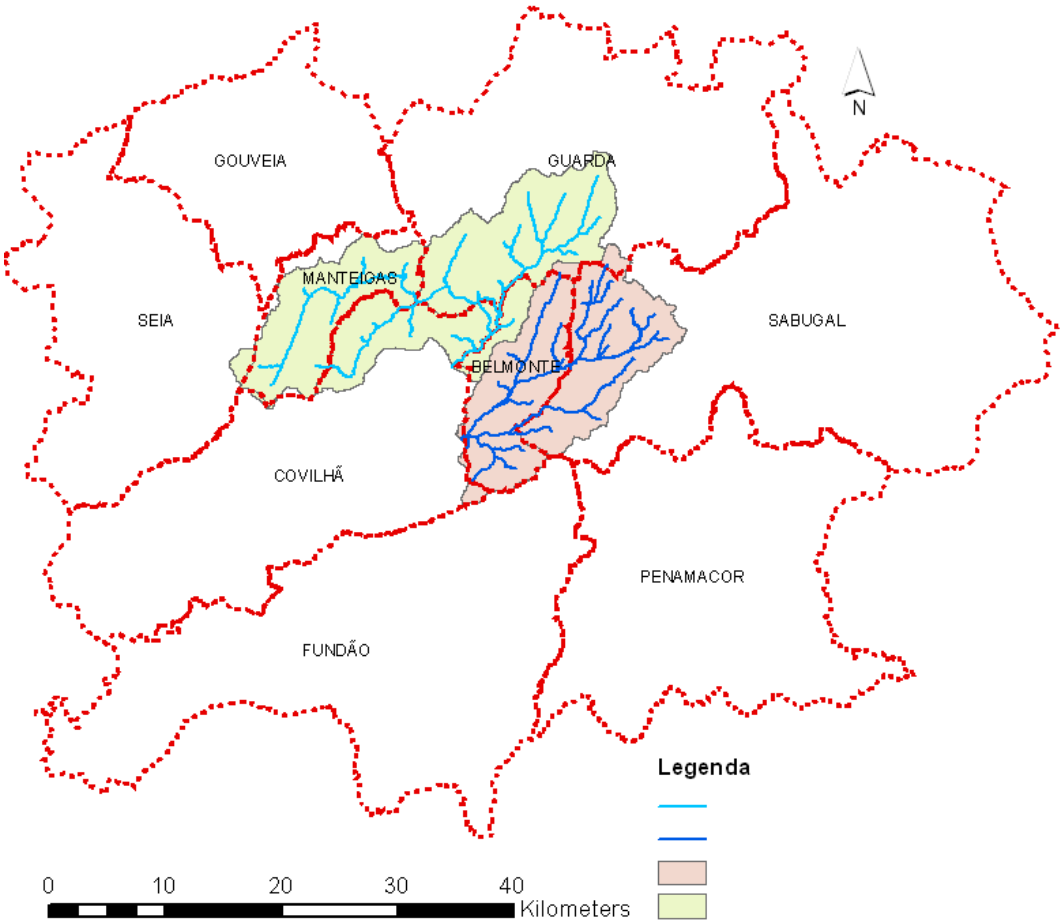


Figura 52 – Ocupação das duas bacias hidrográficas em estudo, em função dos concelhos (Fonte: CAOP)

A secção de referência da bacia hidrográfica do Zêzere situa-se no sopé da Serra da Estrela, a sul do limite do concelho de Belmonte, na designada Cova da Beira. Esta bacia hidrográfica pode ser dividida em duas regiões com características diferentes: a metade oeste situa-se em plena Serra da Estrela e apresenta elevados declives e afloramentos rochosos; a metade leste, situada na Cova da Beira, apresenta encostas mais suaves.

O rio Zêzere nasce na Serra da Estrela (Covão da Ametade) e desenvolve-se, inicialmente, num percurso quase retilíneo através de um vale glaciário até à localidade de Manteigas. Posteriormente, atravessa uma mancha de xistos perto daquela localidade e, seguidamente, interceta as formações de granito hercínico junto a Belmonte, apresentando o seu leito principal meandros pouco sinuosos.

Quanto à bacia das Inguias nasce nas encostas da Serra da Bendada e de Quarta-Feira pelas linhas de água Ribeira da Bendada e Ribeiro da Quarta-Feira, respetivamente, conflui junto ao aglomerado urbano Trigais, segue o seu trajeto com a designação de ribeira das Inguias, até que desagua no Rio Zêzere, nas proximidades da Quinta da França no concelho da Covilhã, já fora da área de estudo. O vale da Ribeira das Inguias, tem como orientação Nordeste-Sudoeste, apresenta-se encaixado com uma variação de cotas de cumeada entre os 1100 metros e os 427 metros, com percurso aproximadamente retilíneo.

3.2.2.4.2. Características Geométricas

a) *Área e Perímetro*

Para a delimitação das bacias hidrográficas, e obtenção de vários valores de parâmetros geométricos, foi utilizada a ferramenta de Sistema Informação Geográfica, ArcMap da ESRI.

Os valores das áreas e dos perímetros "adoçados" das bacias hidrográficas são, respetivamente:

Quadro 10 – Valores das áreas e perímetros das bacias hidrográficas

Bacia hidrográfica	Área [Km^2]	Perímetro adoçado [Km]
Do Zêzere	320,7	154,16
das Inguias	218,7	104,56

Dado que os valores das áreas se compreendem entre 100 e 700 Km^2, consideram-se bacias hidrográficas médias, quanto à sua dimensão.

b) *Índice de compacidade*

A frequência com que ocorrem cheias numa bacia hidrográfica está parcialmente relacionada com a sua forma, verificando-se que nas bacias hidrográficas com formato circular, por terem tempos de concentração menores, ocorrem cheias com maiores caudais de ponta para chuvadas de curta duração. Assim, é relevante obter um indicador da forma da bacia, o que pode ser feito pelo índice de compacidade, Gravelius.

Este índice representa a relação entre o perímetro da bacia hidrográfica e o perímetro de uma bacia hidrográfica circular com área igual à da bacia em estudo, e é obtido pela expressão:

$$K_c = \frac{P_{B.H.}}{2\sqrt{\pi\ A_{B.H.}}}$$

Em que:

$P_{B.H.}$ - Perímetro da bacia hidrográfica (km);

$A_{B.H.}$ - Área da bacia hidrográfica (km^2).

As bacias hidrográficas em análise apresentam índice de compacidade, de Gravelius de 2,43 (Rio Zêzere) e 1,99 (Ribeira das Inguias), sendo valores indicadores de bacias hidrográficas alongadas por se afastarem da forma circular (igual à unidade). As bacias hidrográficas com forma alongada são caracterizadas por percursos maiores, assim como maiores tempos de escoamento, não sujeitas a grandes cheias.

c) *Fator de Forma*

A relação entre o comprimento da bacia hidrográfica e a largura média, expressa o fator de forma:

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

Em que:

A - Área da bacia hidrográfica (km^2);

L - Comprimento do curso de água mais longo da bacia hidrográfica desde a cabeceira até à secção de referência (km).

Quadro 11 – Valores do comprimento e fator de forma das bacias hidrográficas

Bacia hidrográfica	Área [Km^2]	L [Km]	K_f
do Zêzere	320,7	40,06	0,2
das Inguias	218,7	24,48	0,36

Os fatores de forma obtidos são de 0,2 (B.H. do Rio Zêzere) e de 0,36 (B.H. da Ribeira das Inguias), o que indica que ambas as bacias hidrográficas têm uma forma estreita (Quadro 11). Nestas bacias hidrográficas é menos provável a ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda a área, e os escoamentos na secção terminal são mais distribuídos ao longo do tempo. Em igualdade de condições de distribuição da precipitação, nestas bacias hidrográficas com fatores de forma menores, os caudais de ponta de cheia tendem a serem menores.

3.2.2.4.3. Características do Sistema de Drenagem

a) Ordem

Para caracterizar o grau de ramificação da rede hidrográfica pode-se classificar a ordem dos cursos de água de acordo com vários critérios, sendo que para esta análise foi utilizado o método de Strahler.

Nesta classificação, as ordens são atribuídas começando pelas cabeceiras (de montante para jusante), atribuindo a 1º ordem a todos as linhas que não têm afluentes, cursos de água que resultam da confluência de dois cursos de água da mesma ordem n, têm ordem n+1, e os cursos de água a jusante da confluência de dois cursos de água com ordens diferentes mantêm o valor da ordem superior.

A bacia hidrográfica do Zêzere possui linhas de águas até à ordem 7 (Figura 53), enquanto a bacia hidrográfica das Inguias é da 6 ordem (Figura 54).

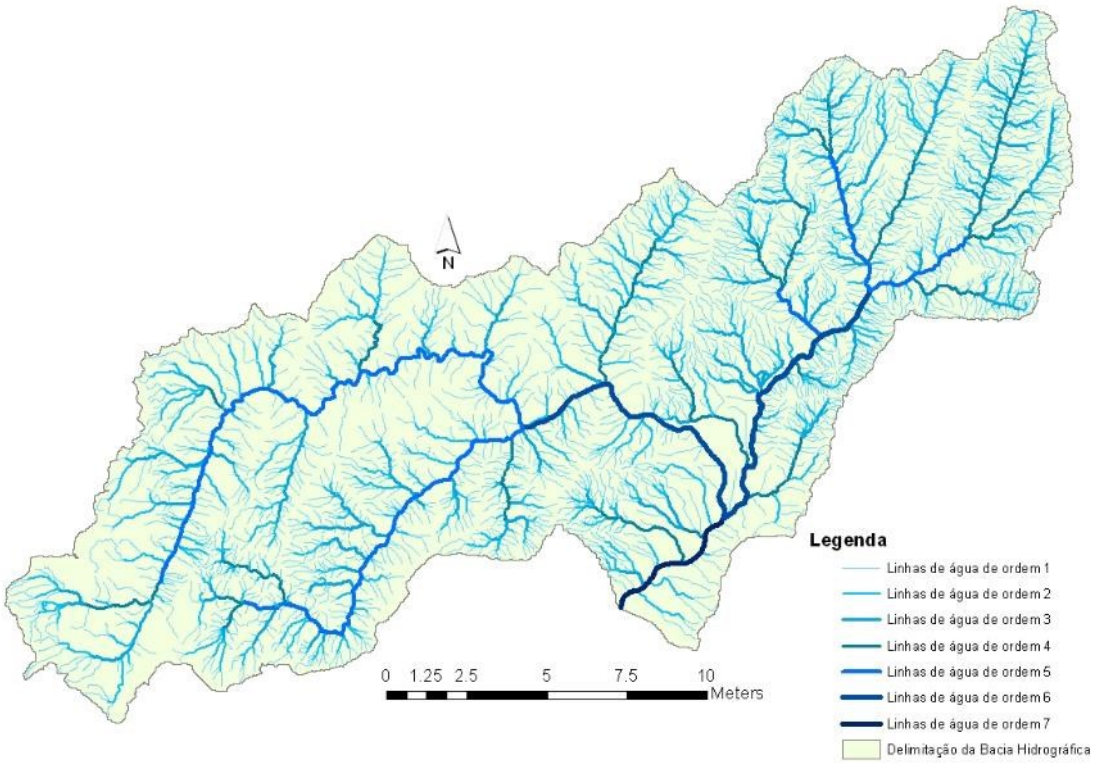


Figura 53 – Classificação das linhas de água bacia hidrográfica do Zêzere (Fonte – Cartas militares à escala 1:25000)

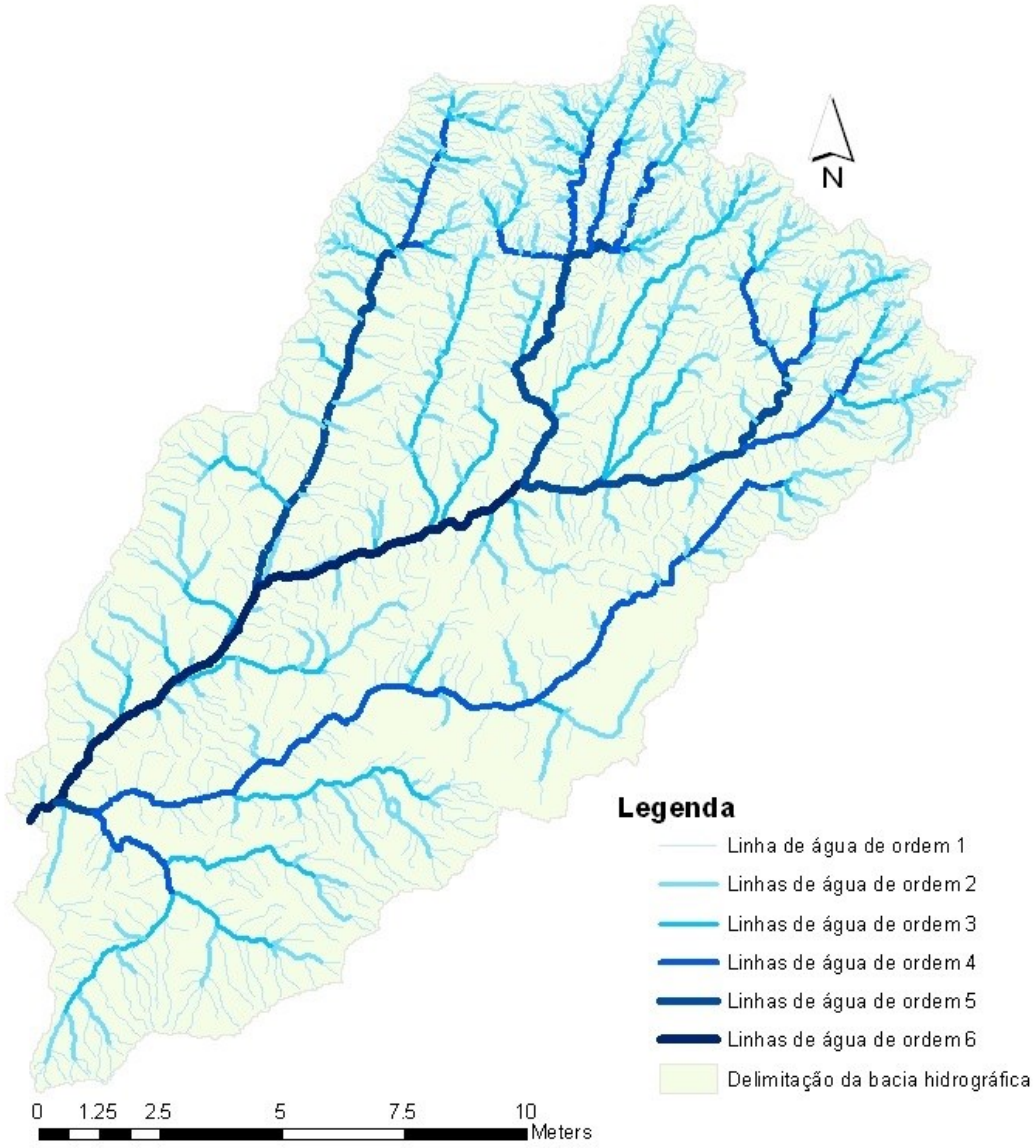


Figura 54 – Classificação das linhas de água da bacia hidrográfica das Inguias (Fonte: Cartas militares à escala 1:25000)

b) ***Razão de Bifurcação***

A razão de bifurcação calcula-se através da classificação da ordem da bacia hidrográfica, relaciona o número de segmentos de uma determinada ordem, com o número de segmentos da ordem imediatamente superior, pela expressão:

$$R_{bn} = \frac{N_u}{N_{u+1}}$$

Quadro 12 – Valores da razão da bifurcação das bacias hidrográficas

Ordem [u]	Rio Zêzere		Ribeira das Inguias	
	Número [N_u]	Razão Bifurcação	Número [N_u]	Razão Bifurcação
1	2277	2.27	1472	2.53
2	1002	11.39	581	10.75
3	88	8	54	4.90
4	11	2.2	11	2.75
5	5	2.5	4	4
6	2	2	1	----
7	1		----	
Média		4.73		4.99

Para ambas as bacias hidrográficas, as relações de bifurcação estão compreendidas entre os valores 4 a 5 (Quadro 12), pelo que as estruturas geológicas não distorcem o padrão de drenagem.

c) Densidade de Drenagem e percurso médio

A densidade de drenagem da bacia hidrográfica caracteriza a eficiência natural, dada pela razão do comprimento total dos cursos de água da bacia e a sua área.

$$D_d = \frac{\sum L_{\text{curso de água}}}{A_{\text{B.H.}}} \ (\text{km/km}^2)$$

Quadro 13 – Valores da densidade de drenagem das bacias hidrográficas

Bacia hidrográfica	Área [Km^2]	$\Sigma L_{\text{curso de água}}$ [Km]	D_d [Km^{-1}]
do Zêzere	320,7	1486,36	4,63
das Inguias	218,7	932,87	4,27

A densidade de drenagem das bacias hidrográfica é da mesma ordem de grandeza, para valores superiores 3,5 km^2 correspondem a bacias hidrográficas com relevo acentuado e pouco permeáveis (Quadro 13).

O percurso médio sobre o terreno pode ser obtido pela expressão:

$$L_p = \frac{1}{2\ D_d}\ (\text{km})$$

O valor do percurso médio para a bacia hidrográfica do Zêzere é de 0,11 km e Ribeira das Inguias é de 0,12 km. Pode-se, assim, considerar que estas bacias hidrográficas são relativamente bem drenadas.

3.2.2.4.4. Características do Relevo

a) Curva Hipsométrica

A Curva hipsométrica relaciona as altitudes da superfície do terreno (em ordenadas) com as áreas das zonas da bacia hidrográfica (em abcissas) situadas acima dessas altitudes.

Apresenta-se a bacia hidrográfica do Zêzere (Figura 55) e da Ribeira das Inguias (Figura 56) dividida de acordo com as linhas de nível e a respetivas curvas hipsométricas obtidas.

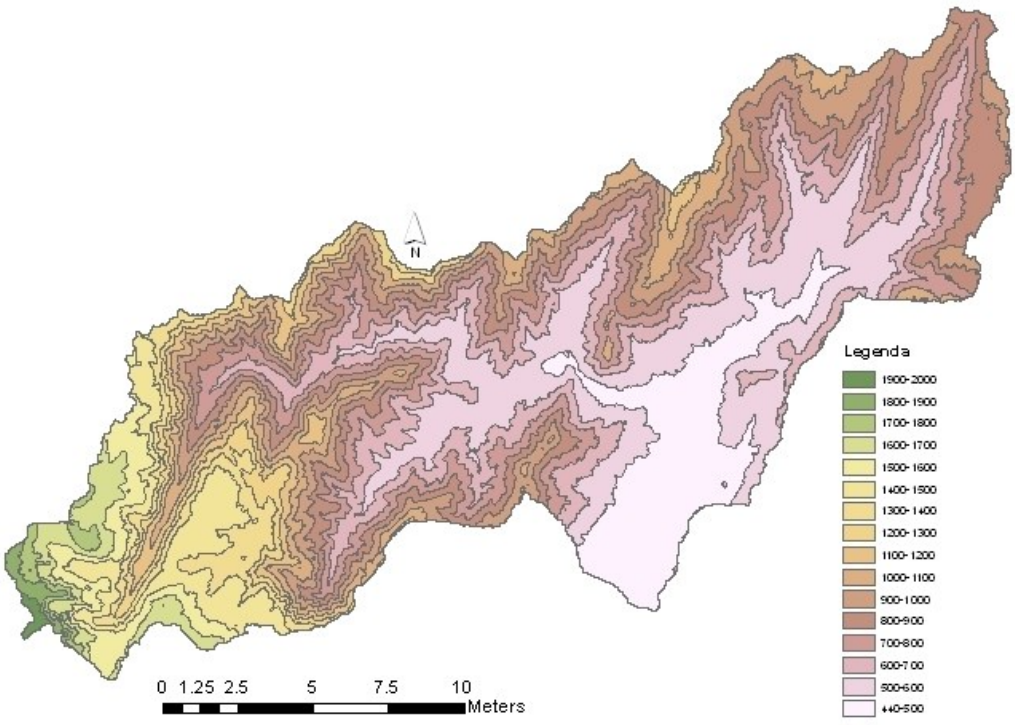


Figura 55 – Áreas consideradas para a construção da curva hipsométrica da B.H. do Rio Zêzere (Fonte: Cartas militares à escala 1:25000)

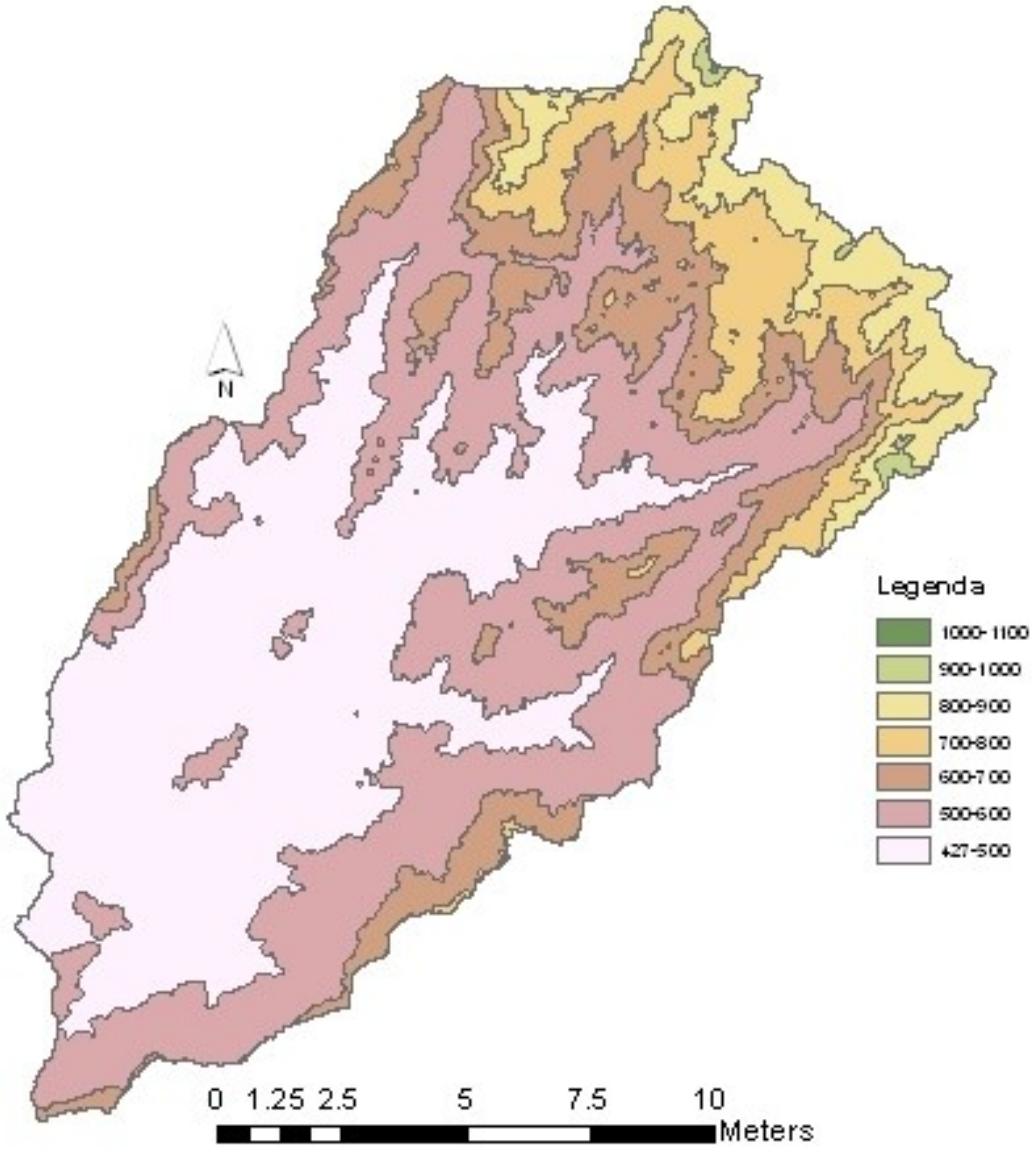


Figura 56 – Áreas consideradas para a construção da curva hipsométrica da B.H. da ribeira das Inguias (Fonte: Cartas militares à escala 1:25000)

Pelas leituras das respetivas curvas hipsométricas, ambas as bacias hidrográficas apresentam uma curva típica de um estado de "velhice", com relevo suave, onde predominam fenómenos de transporte e deposição de sedimentos (Figura 57 e Figura 58).

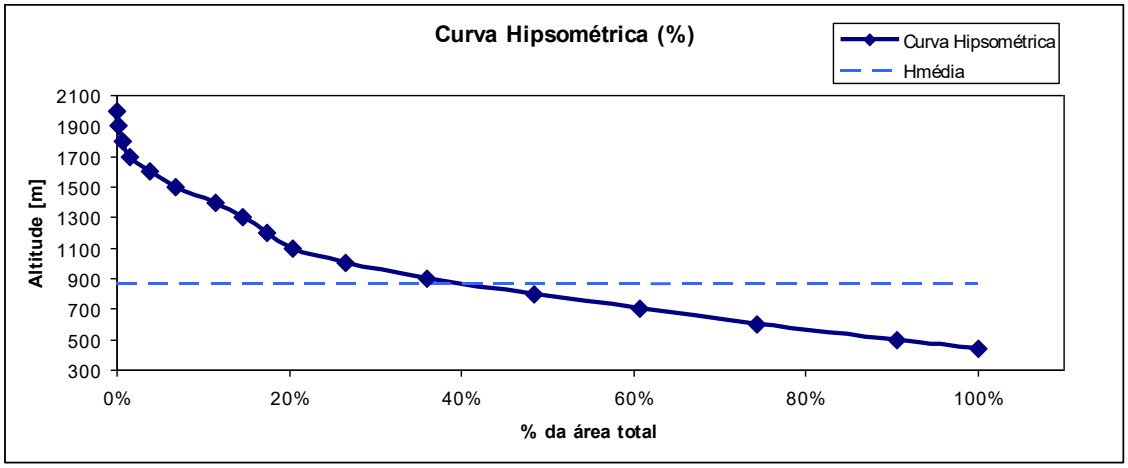


Figura 57 – Curva hipsométrica da bacia hidrográfica do Zêzere

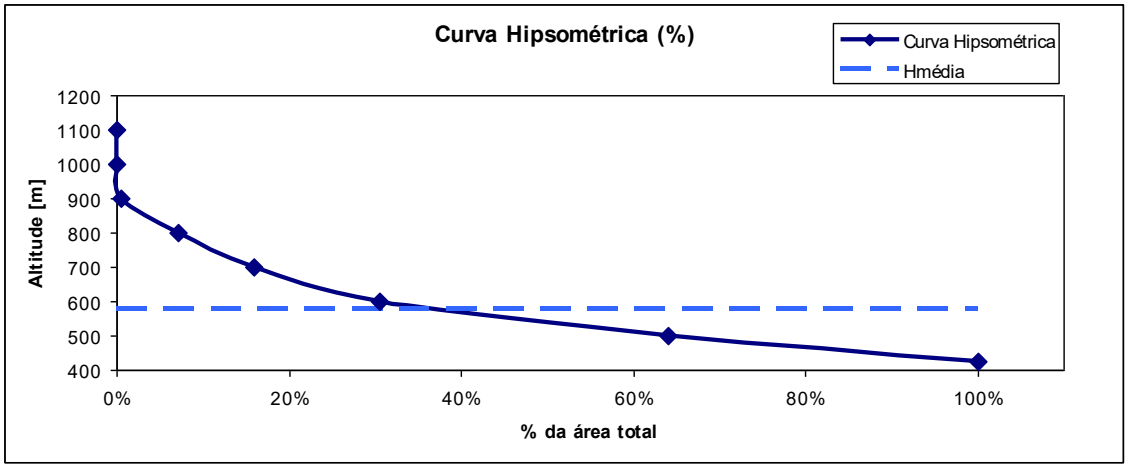


Figura 58 – Curva hipsométrica da bacia hidrográfica das Inguias

b) ***Altura Média***

Para o cálculo da altura média das respetivas bacias hidrográficas aplica-se a seguinte expressão:

$$h_{med} = H_{med} - H_{min}$$

Em que:

h_{med} - Altura média da bacia hidrográfica (m);

H_{med} - Altitude média da bacia hidrográfica (m);

H_{min}- Altitude mínima da bacia hidrográfica (m);

Por sua vez, $H_{méd}$ pode ser obtido através da equação:

$$H_{med} = \sum_{i}^{n} \frac{(\text{Cota}_{i+1} - \text{Cota}_i)}{2} \frac{A_i}{A_{Total}}$$

Em que:

A_{Total} - Área total da bacia hidrográfica (km^2);

A_i - Área da bacia hidrográfica (km^2).

$Cota_{i+1}$ - Cota superior da área i da bacia hidrográfica (m);

$Cota_i$ - Cota inferior da área i da bacia hidrográfica (m).

As altitudes médias das bacias hidrográficas são:

- Rio Zêzere – 865,52 m
- Ribeira das Inguias – 573,09 m

As alturas são respetivamente:

- Rio Zêzere – 425,52 m
- Ribeira das Inguias – 146,09 m

c) ***Perfil das linhas de água***

É importante analisar os perfis longitudinais dos cursos de água principais, dado que o escoamento é influenciado predominantemente pelos declives dos cursos de água.

A Figura 59 e a Figura 60 apresentam os perfis longitudinais das bacias em estudo.

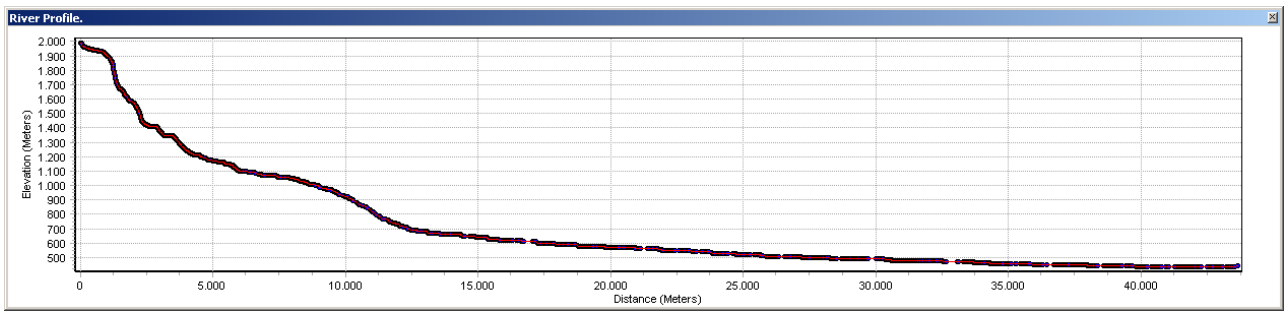


Figura 59 – Perfil longitudinal do curso de água principal bacia hidrográfica do Zêzere

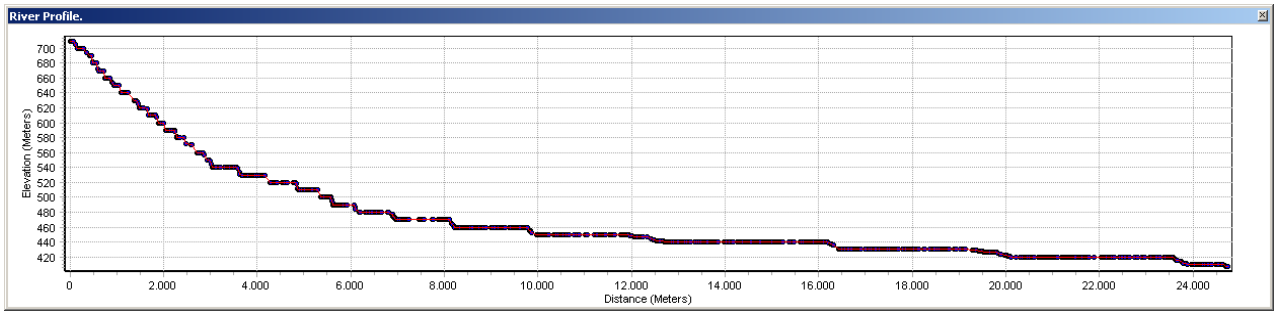


Figura 60 – Perfil longitudinal do curso de água principal bacia hidrográfica das Inguias

Da leitura dos perfis longitudinais dos cursos de água principais observa-se que os declives são relativamente elevados a montante, menores no troço de jusante, o que determina que o tipo de escoamento do caudal de cheia. Em declives elevados, na zona de montante das bacias hidrográficas, as velocidades de escoamento são maiores, consequentemente maior transporte de sólidos particularmente durante as cheias. A jusante o declive tende a diminuir, promovendo a deposição dos sólidos transportados no leito e nas margens, especialmente a montante de singularidades (exemplo de pontes).

d) ***Declives do Leito***

Através do conhecimento do perfil do leito é possível a determinação dos respetivos declives. Procedeu-se, então, ao cálculo dos declives médios e dos declives equivalentes dos respetivos cursos de água principais, através da expressão:

$$d_{médio} = \frac{H_{máx} - H_{min}}{L_{\text{Curso de água}}}$$

Em que:

$d_{médio}$- Declive médio

$H_{máx}$- Cota máxima do curso de água (m);

H_{min}- Cota mínima do curso de água (m);

$L_{\text{Curso de água}}$ - Comprimento total do curso de água principal (m).

Os resultados apresentam-se no quadro seguinte.

Quadro 14 – Valores do declive médio das bacias hidrográficas

Bacia Hidrográfica	$H_{máx}$	H_{min}	$L_{\text{Curso de água}}$	$d_{médio}$
do Zêzere	1992,39	445	43614,88	3,55%
das Inguias	730	427	24734.44	1,23%

3.2.2.4.5. Clima

a) ***Temperatura***

A bacia hidrográfica do Zêzere possui temperaturas médias mensais inferiores a 7,5ºC na zona do maciço central da Serra da Estrela, para jusante as temperaturas variam entre 7,5º C e 12,5ºC.

Na bacia hidrográfica das Inguias, as temperaturas médias anuais variam entre um mínimo de aproximadamente 10ºC e um máximo de cerca de 15ºC, à semelhança da bacia hidrográfica do Zêzere, os meses mais frios são o de dezembro e janeiro, e os meses mais quentes entre junho e setembro (Figura 61).

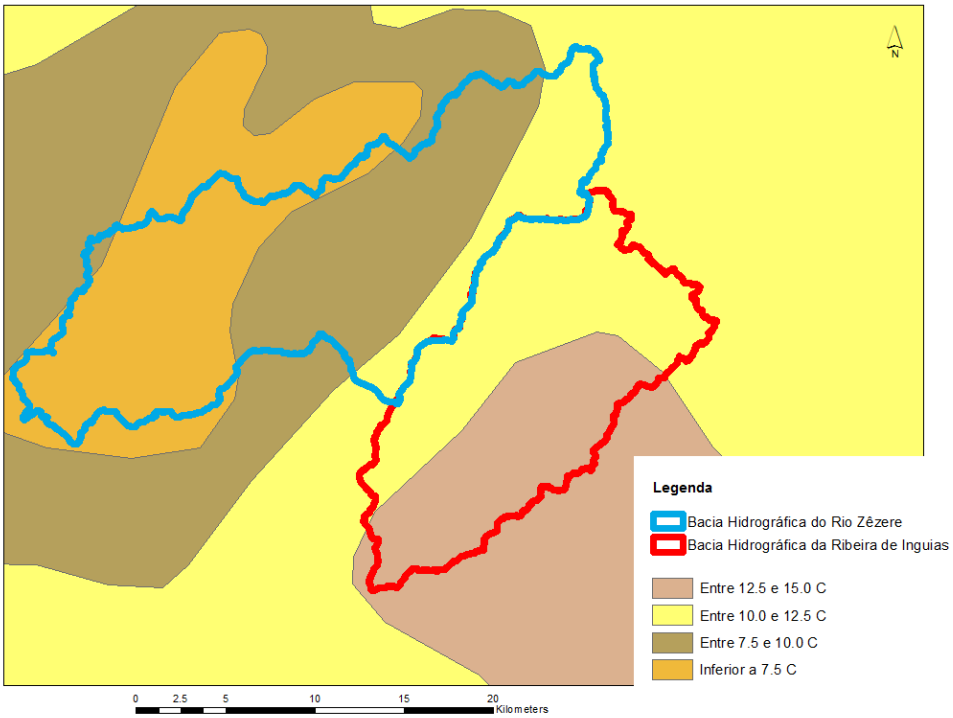


Figura 61 – Sobreposição das bacias hidrográficas sobre a Carta da Temperatura média anual de Portugal Continental (Fonte: Atlas do Ambiente - Download (carta Temperatura média anual): *Shapefile* extraída http://sniamb.apambiente.pt/)

O fator relevo determina a intensidade e a duração com que os fenómenos atingem as regiões do interior sejam diferentes, quando comparados com zonas litorais. Estas duas zonas encontram-se divididas pelo sistema montanhoso Sintra-Montejunto-Estrela, orientadas na direção SW-NE, de relevante importância na distribuição dos elementos climáticos ao longo do território português, dado que a grande maioria de precipitação ocorre vinda de NW. O referido sistema montanhoso torna-se obstáculo ao seu natural deslocamento para sul.

Segundo a classificação climática de Koppen (Figura 62), ambas as bacias encontram-se no tipo Csb (clima temperado mediterrâneo, inverno chuvoso, verões brandos) sendo que a bacia hidrográfica das Inguias está na zona de transição de Csb para Csa (clima temperado mediterrâneo, inverno chuvoso, verões quentes). Em suma, ambas as bacias possuem um clima mesotérmico húmido, caracterizado por um clima temperado com inverno chuvoso e verão seco e pouco quente, sendo a temperatura do mês mais frio acima dos -3ºC.

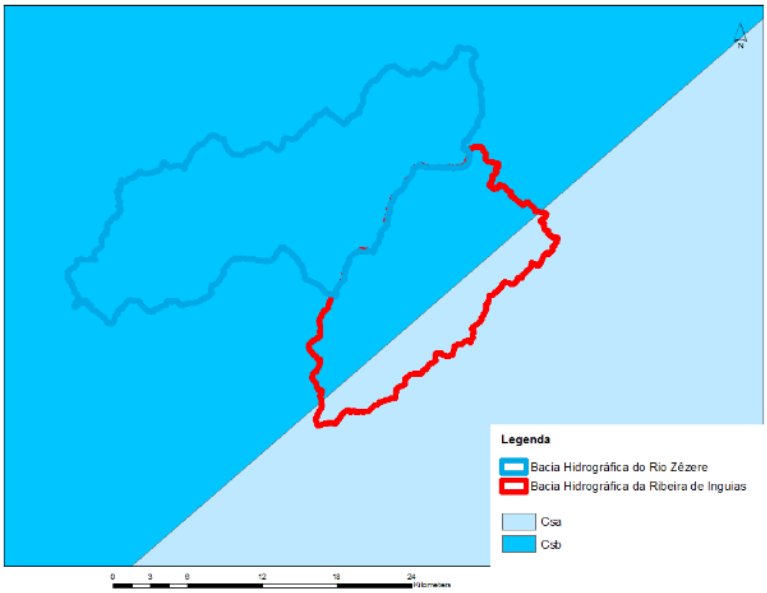


Figura 62 – Sobreposição das bacias hidrográficas sobre a classificação climática de Koppen
(Fonte: *Shapefile* extraída de: www.forest-gis.com/2013/02/classificacao-climatica-de-Koppen.html)

b) ***Humidade***

Os valores médios anuais da humidade estão compreendidos entre 70-75%, para ambas as bacias hidrográficas em estudo (Figura 63).

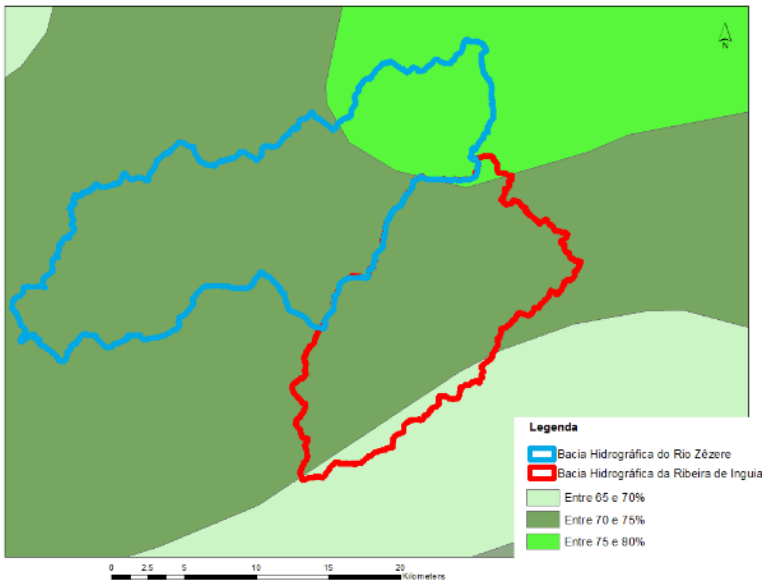


Figura 63 – Sobreposição das bacias hidrográficas sobre a Carta da Humidade de Ar de Portugal Continental
Fonte: Atlas do Ambiente – (carta de Humidade de Ar)- *Shapefile* extraída http://sniamb.apambiente.pt/)

c) ***Ventos***

Os ventos dominantes, nas bacias hidrográficas em estudo são dos quadrantes Este-Sudeste e Sudoeste-Oeste. Quanto à velocidade podemos considerá-los fracos durante todo o ano, embora soprem com maior intensidade no quadrante Sudoeste-Oeste durante a Primavera-Verão, sendo a velocidade média anual para o quadrante referido de 11 km/h. Sendo o mês de janeiro, por norma, o mês mais ventoso, com velocidades a rondar os 22km/h.

d) Precipitação

A precipitação ao longo do ano é típica dos climas mediterrânicos, estando concentrada nos meses de outono e novembro, escassa nos meses mais quentes de verão, entre junho e setembro, também verificável nas duas bacias em estudo.

O nível quantitativo pluviométrico anual máximo, é de aproximadamente de 2000 mm (Figura 64). Em média a variação é de aproximadamente 4 mm no mês de julho e de 150 mm no mês de fevereiro. O primeiro trimestre é o mais pluvioso, registando-se os maiores valores em janeiro e fevereiro. O número médio anual de dias com precipitação igual ou superior a 1,0 mm é de aproximadamente 90 dias.

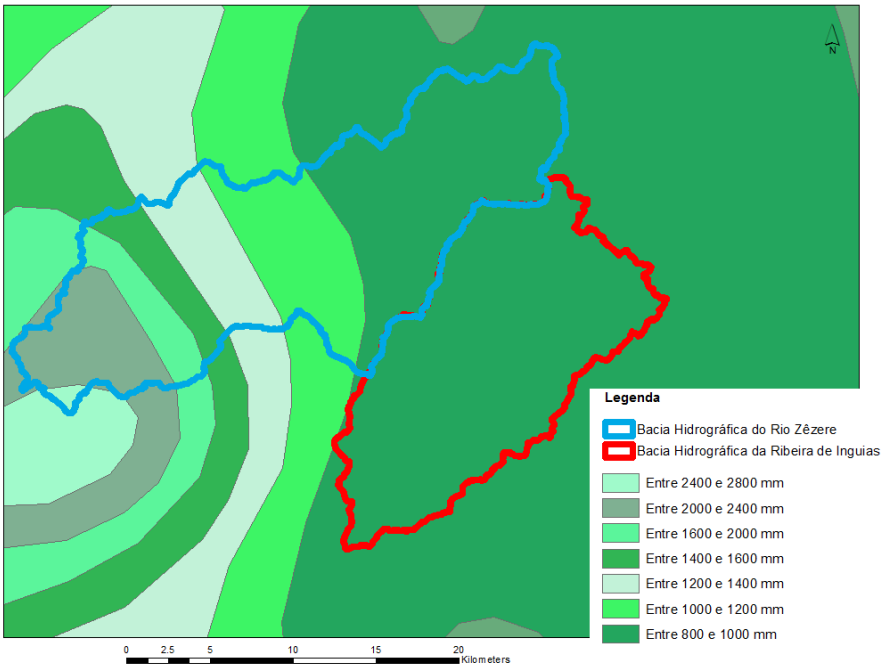


Figura 64 – Sobreposição das bacias hidrográficas sobre a Carta da Precipitação de Portugal Continental
Fonte: Atlas do Ambiente - Download (carta de Precipitação): *Shapefile* extraída http://sniamb.apambiente.pt/

e) Insolação

A insolação média anual situa-se nos 60% do número de horas anuais de sol, para ambas as bacias. Em média, o maior valor médio de insolação, verifica-se no mês de julho, aproximadamente 380 horas, enquanto o menor valor se observa no mês de janeiro com cerca de 130 horas (Figura 65).

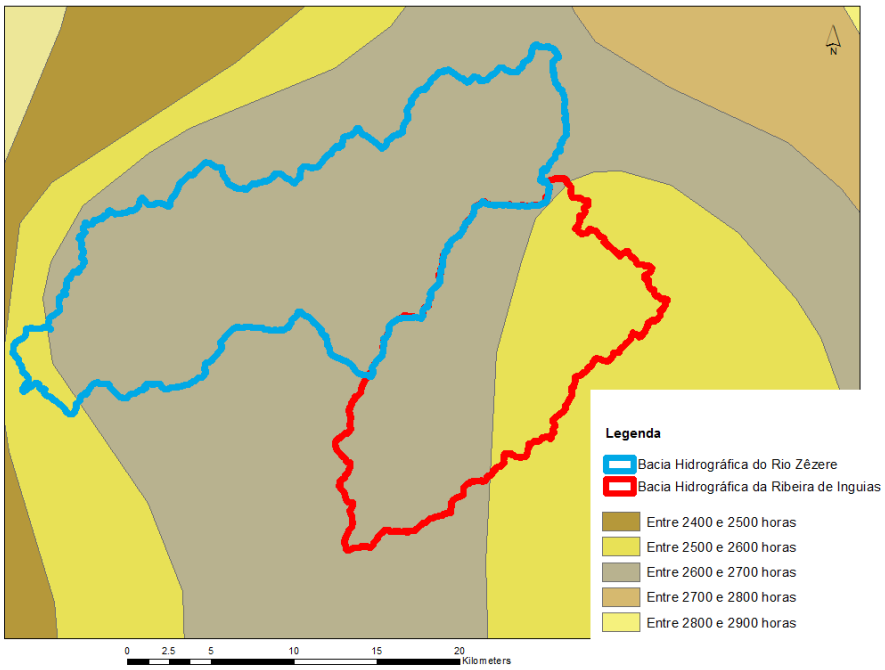


Figura 65 – Sobreposição das bacias hidrográficas sobre a Carta de Insolação de Portugal Continental
Fonte: Atlas do Ambiente - Download (carta de Insolação): *Shapefile* extraída http://sniamb.apambiente.pt/

3.2.2.4.6. Geologia

Do ponto de vista geológico, as áreas de estudo apresentam zonas distintas, com formações que acompanham toda a área das respetivas bacias hidrográficas.

a) Bacia hidrográfica do Zêzere

A bacia hidrográfica do Zêzere está inserida na Zona Centro Ibérica, apresenta quatro variedades de tipos litológicos, é constituída por formações dos períodos Holocénico, Plistocénico, Câmbrico e Rochas Magmáticas.

A estrutura geológica é formada essencialmente pelos conjuntos geológicos: o complexo xisto-grauváquico e o maciço granítico.

Na zona oeste da bacia, denominada por Vale Glaciar da Serra da Estrela, predominam os depósitos glaciares do Plistocênico. Junto ao leito, cuja cota é de menor altitude, é marcada pela presença de aluviões, maioritariamente do Holocênico (Figura 66 e Figura 67).

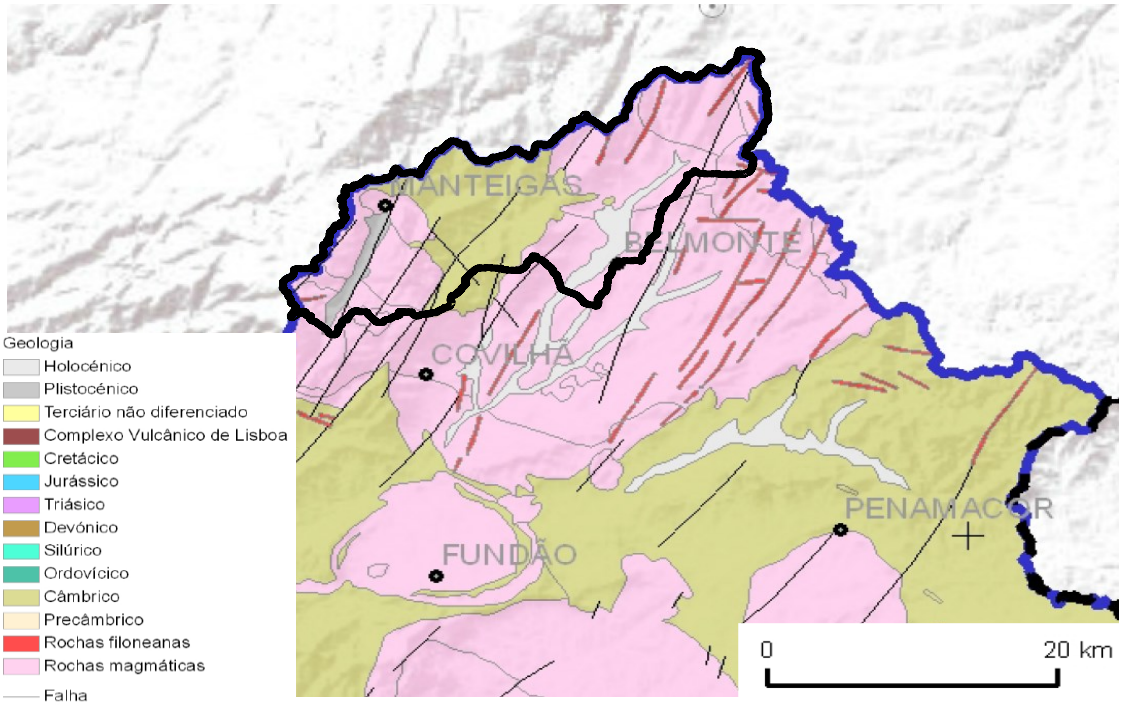


Figura 66 – Extrato da carta geológica (adaptada da Carta Geológica de Portugal Continental à escala 1:500 000) com delimitação da B.H. do rio Zêzere
Fonte: Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Tejo – Repositório de Mapas – agosto 2012. http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7&sub2ref=9&sub3ref=834

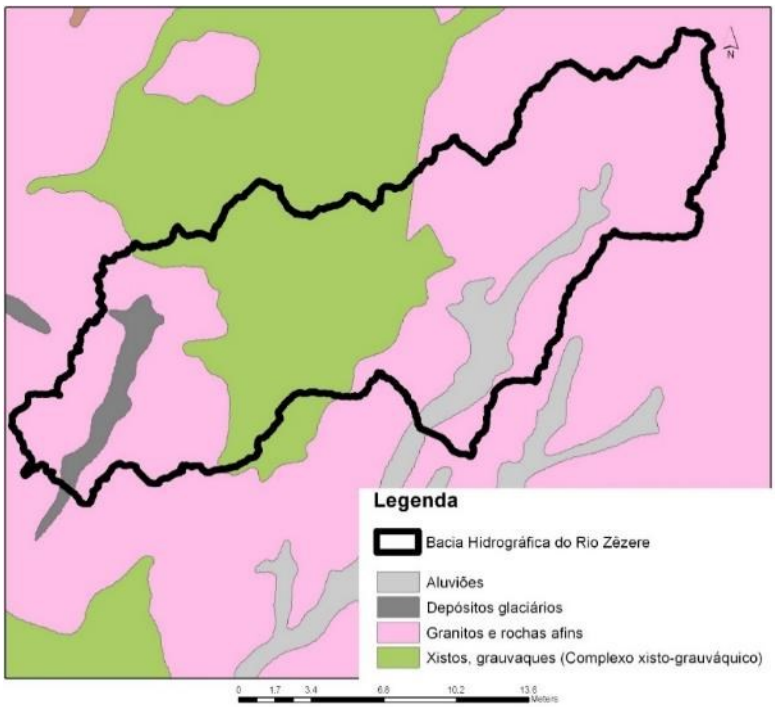


Figura 67 – Sobreposição da B.H. do rio Zêzere com carta Litológica de Portugal Continental
Fonte: Atlas do Ambiente - Download (carta litológica): *Shapefile* extraída http://sniamb.apambiente.pt/

b) ***Bacia hidrográfica da Ribeira das Inguias***

À semelhança da bacia do Zêzere, a bacia das Inguias está inserida na Zona Centro Ibérica. Ao nível litológico é constituída por formações do período Holocénico, sendo maioritariamente, por rochas magmáticas, surgindo alguns filões de rochas filoneanas. Junto ao leito da ribeira das Inguias, predominam a presença de aluviões, do Holocênico (Figura 68 e Figura 69).

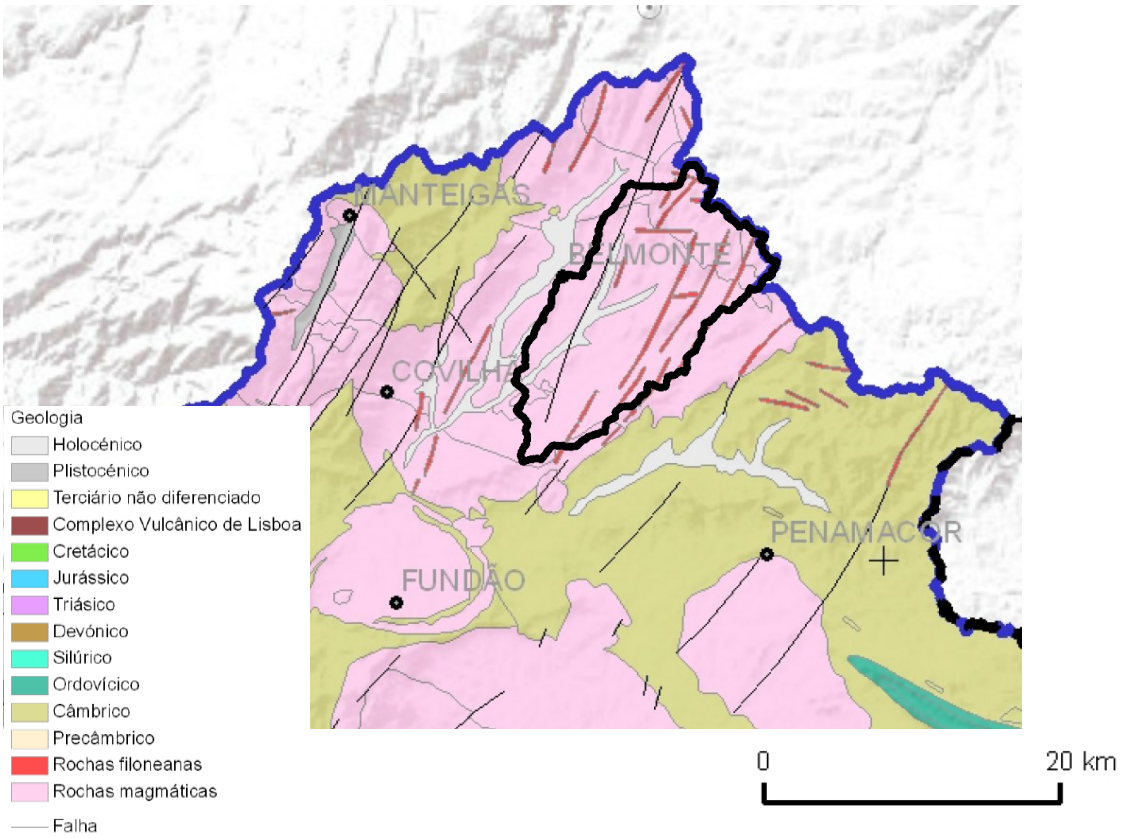


Figura 68 – Extrato da carta geológica (adaptada da Carta Geológica de Portugal Continental à escala 1:500 000) com delimitação da B.H. da ribeira das Inguias
Fonte: Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Tejo – Repositório de Mapas – agosto 2012

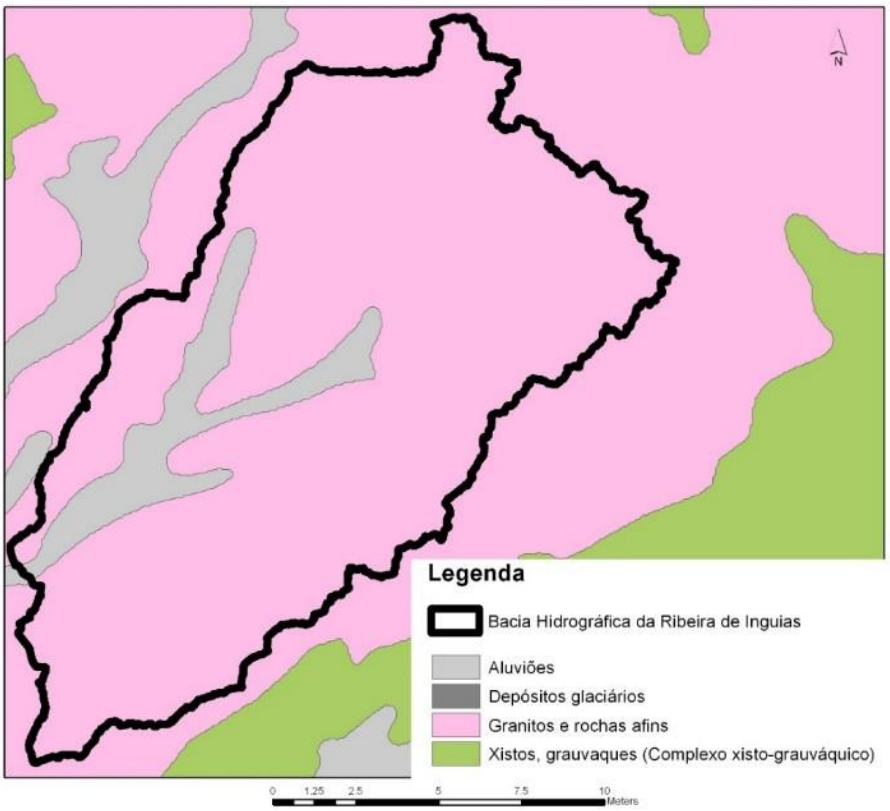


Figura 69 – Sobreposição da B.H. da ribeira das Inguias com carta Litológica de Portugal Continental
Fonte: Atlas do Ambiente - Download (carta Litológica): *Shapefile* extraída http://sniamb.apambiente.pt/

3.2.2.4.7. Solos

Na modelação hidrológica é bastante importante o conhecimento das características dos tipos de solo da bacia hidrográfica e qual o seu uso, dado que afetam a distribuição do escoamento superficial no tempo. Estas características exercem uma ação modificadora na translação e no armazenamento da precipitação útil na bacia. O tipo e o uso do solo condicionam o potencial de infiltração da água.

Quanto ao tipo de solo, a sua composição textural influência o escoamento, na medida em que, quanto maior for percentagem de areias, maior será a quantidade de água infiltrada. Relativamente ao uso do solo, um exemplo óbvio de como pode influenciar a infiltração de água, é o aumento de áreas urbanas. O facto de estas áreas serem bastante impermeáveis provoca uma diminuição da infiltração de água no solo, enquanto na presença de floresta densa, ao ser eliminado o contacto direto das gotas de água da chuva com o solo, verifica-se um aumento da recarga dos lençóis freáticos por infiltrações subterrânea lenta, diminuindo assim a velocidade de escoamento superficial e consequentemente ocorrência de cheias e erosão do solo.

i. Caraterização FAO-Food and Agriculture Organization

De acordo com a caracterização da *FAO-Food and Agriculture Organization* para a carta de solos europeia verifica-se que, a bacia hidrográfica das Inguias, é composta por: (Figura 70):

- Cambissolos dístricos (de origem granítica) que são caracterizados por serem solos pobres em matéria orgânica, compostos por areias grosseiras com pequenos calhaus.
- Cambissolos húmicos, caracterizados por serem de origem xistosa, com pouca matéria orgânica superficial, com considerável profundidade.

A bacia hidrográfica do Zêzere, para além de ser composta de cambissolas dístricos e húmicos possui:

- Fluvíssolos dístricos – aparecem associados a aluviões recentes e a culturas de regadio, prados ou pastagens, originados pela acumulação de sedimentos transportados pela água.
- Rankers – Caracterizam por solos siliciosos, saibrentos, pobres em matéria orgânica, gerados sobre rochas ácidas (granitos) surgem na zona alta da bacia hidrográfica do Zêzere.

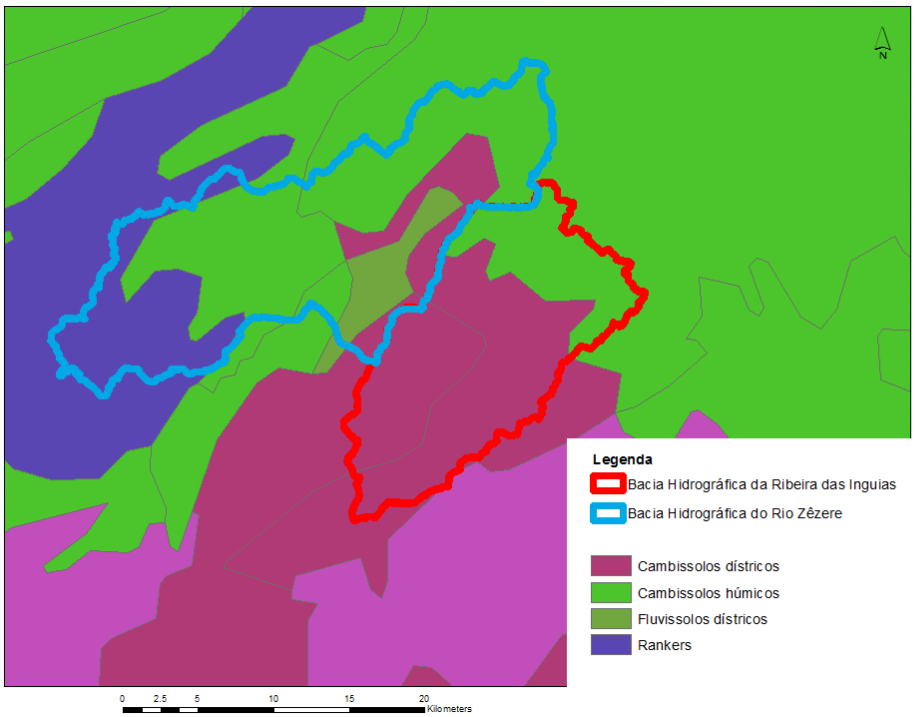


Figura 70 – Sobreposição das bacias hidrográficas sobre a Carta de Solos de Portugal Continental
Fonte: Atlas do Ambiente - Download (carta litológica): *Shapefile* extraída http://sniamb.apambiente.pt/

ii. Capacidade do Uso do Solo

A classificação hidrológica dos solos, para ambas as bacias, em termos de potencial de escoamento permitiu identificar três classes A, C e F, de acordo com o "*Soil Conservation Service*" dos EUA (Figura 71).

Os solos da classe A são fundamentalmente compostos por areias profundas com excessiva drenagem. Têm baixo potencial de escoamento direto e elevadas intensidades de infiltração, possuindo elevada permeabilidade e com baixo risco de erosão.

Os solos de classe C caracterizam-se pelo potencial de escoamento direto acima da média e baixas intensidades de infiltração, cuja permeabilidade é baixa.

Ambas as bacias hidrográficas se caracterizam por terem, maioritariamente, uma classe de capacidade de uso baixa - Classe F, pelo que os solos apresentam boas características para a prática de atividades florestais e baixa qualidade agrológica, sendo um solo com potencial de escoamento muito elevado e reduzida intensidade de infiltração, possuindo baixa permeabilidade e com alto risco de erosão.

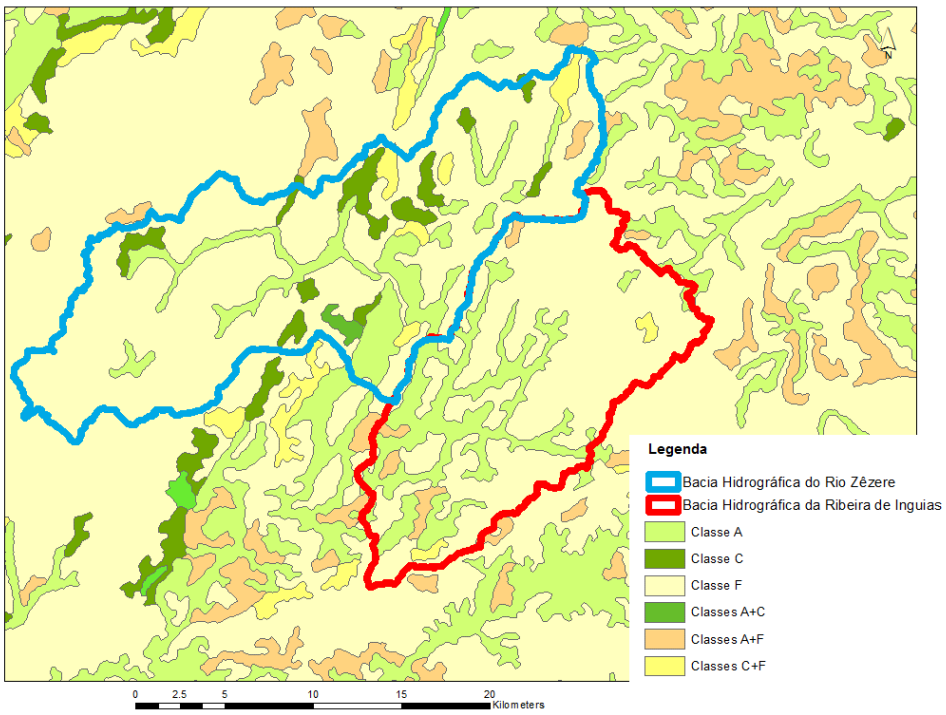


Figura 71 – Sobreposição das bacias hidrográficas sobre a Carta de Capacidade do Uso do Solo de Portugal Continental
Fonte: Atlas do Ambiente - Download (carta de Capacidade do Uso do Solo): *Shapefile* extraída http://sniamb.apambiente.pt/

iii. Uso do solo

Considerando as classes de uso do solo do COS 2018, disponibilizada pelo portal da Direção Geral do Território (DGT) (Figura 72), ambas as bacias têm uma ocupação maioritariamente florestal, segue-se a ocupação agrícola.

Quanto ao uso do solo, para as bacias em estudo, são definidos três tipos distintos de uso, associados à altitude, ao relevo, à dificuldade de acesso, às condicionantes legais e à presença de populações rurais.

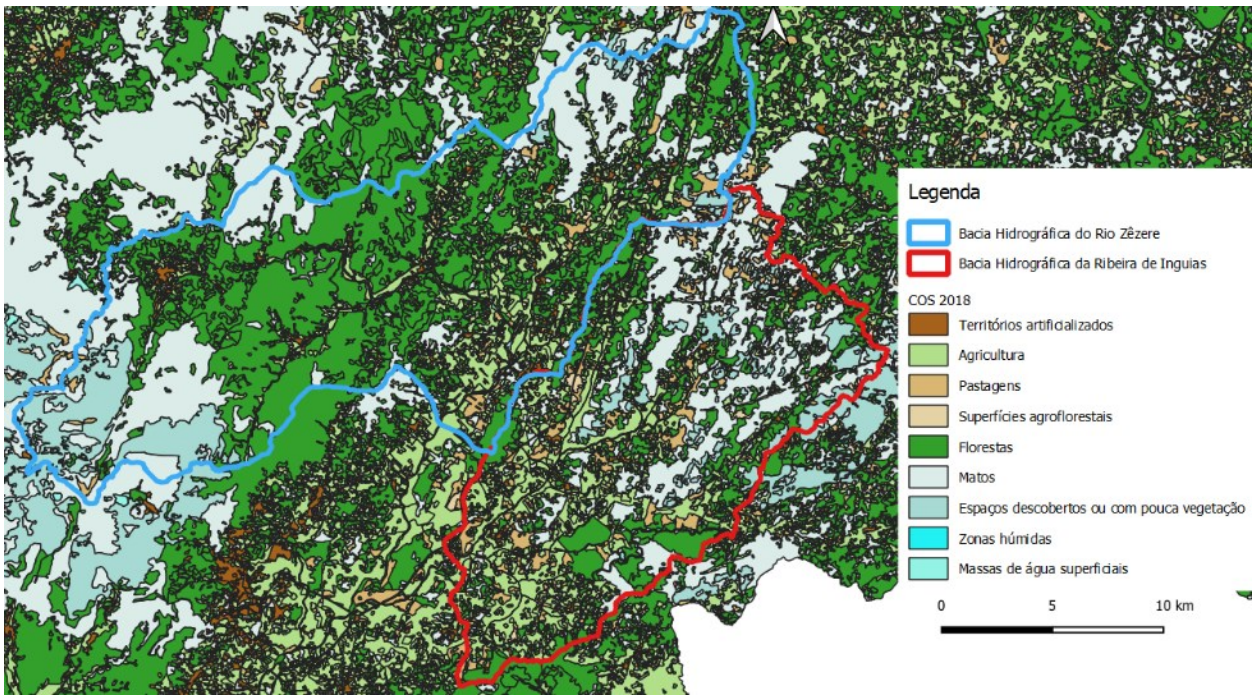


Figura 72 – Sobreposição das bacias hidrográficas sobre a Carta de Uso e Ocupação do Solo de Portugal Continental
Fonte: Direção Geral do Território – COS 2018
(https://snig.dgterritorio.gov.pt/rndg/srv/por/catalog.search#/search?anysnig=COS%202018&fast=index)

3.2.2.4.8. Historial de cheias

A Agência Portuguesa do Ambiente (APA) disponibiliza, através do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH), a carta de cheias do continente, onde são identificados, entre outros elementos, marcas de cheia, pontos críticos de inundação e troços críticos. Esta carta resulta da compilação dos elementos disponibilizados por diferentes entidades e obtidos por diferentes metodologias. Esta cartografia de cheias constitui atualmente um documento de referência (Figura 73).

Como se pode observar na Figura 73, a existência de situações críticas de cheias e inundações concentram-se junto ao rio Zêzere, entre aldeia de Valhelhas e Orjais.

As cheias rápidas são normalmente aquelas que, devido às suas características, têm um comportamento mais violento e que mais danos causam. As características geomorfológicas e o regime de precipitação das bacias hidrográficas do Rio Zêzere e da Ribeira das Inguias determinam a ocorrência de cheias, desenvolvendo-se essencialmente nas respetivas planícies aluvionares.

Após deslocação ao Rio Zêzere, constatou-se uma marcação na ponte que liga os Concelhos de Belmonte e Covilhã, registada a 8 de janeiro de 1996 (Figura 74 e Figura 75).

Figura 73 – Estudo do LNEC para INAG carta preliminar das zonas de risco à escala 1/500000
Fonte: Agência Portuguesa do Ambiente - extraído http://sniamb.apambiente.pt/

Figura 74 – Localização da marca de cheia na Ponte sobre o rio Zêzere

Figura 75 – Limite da marca de cheia na Ponte sobre o rio Zêzere, a 8 de janeiro de 1996

O Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH), através do portal geo.snirh.pt/AltasAgua/, consultado em 2015, menciona uma marca de inundações, no concelho de Belmonte, no ano 2000, cuja causa se deveu a precipitação intensa do tipo severa, Figura 76.

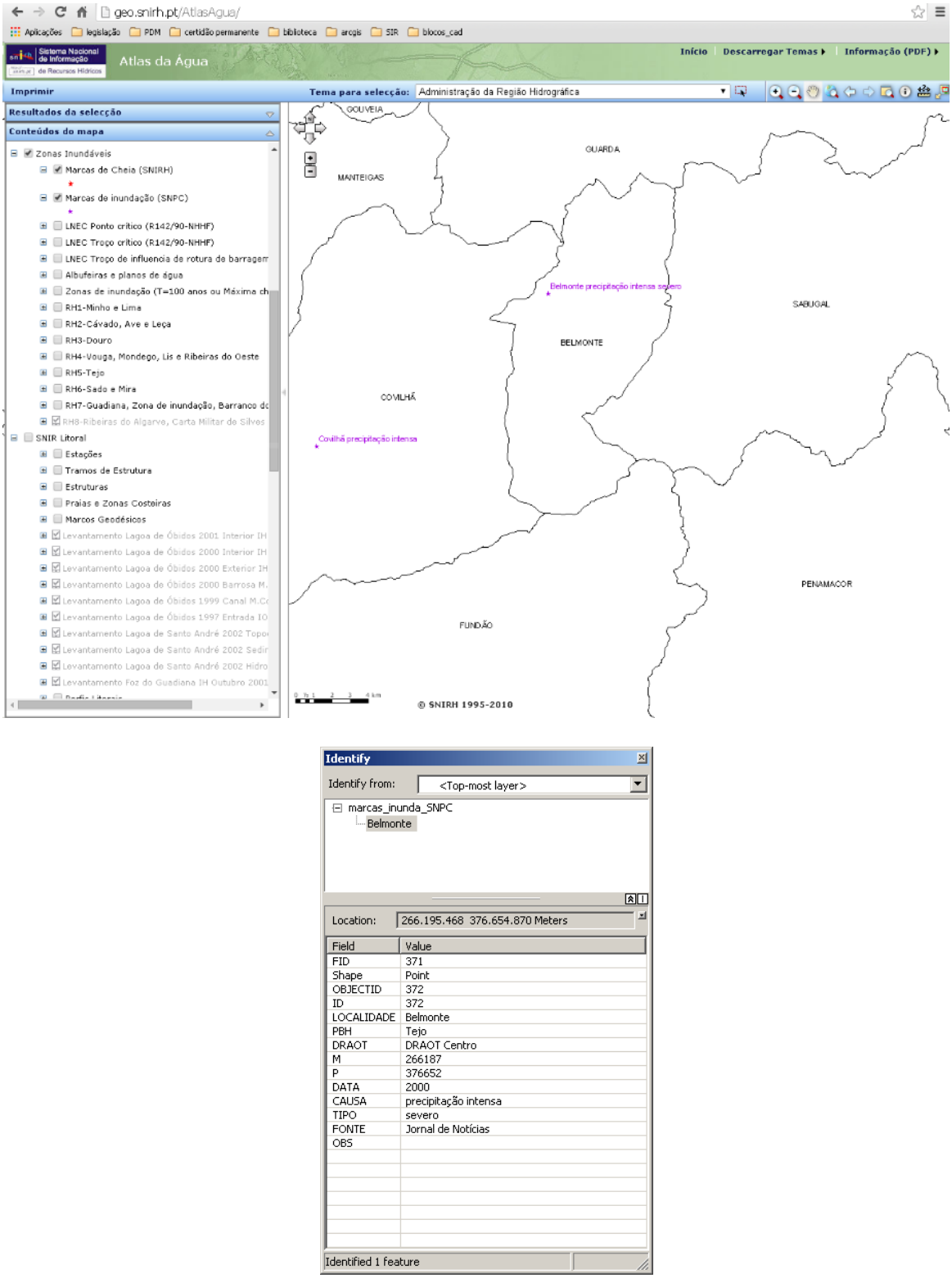


Figura 76 – Extrato do portal do Altas da água da indicação de inundação no ano 2000
Fonte: geo.snirh.pt/AtlasAgua

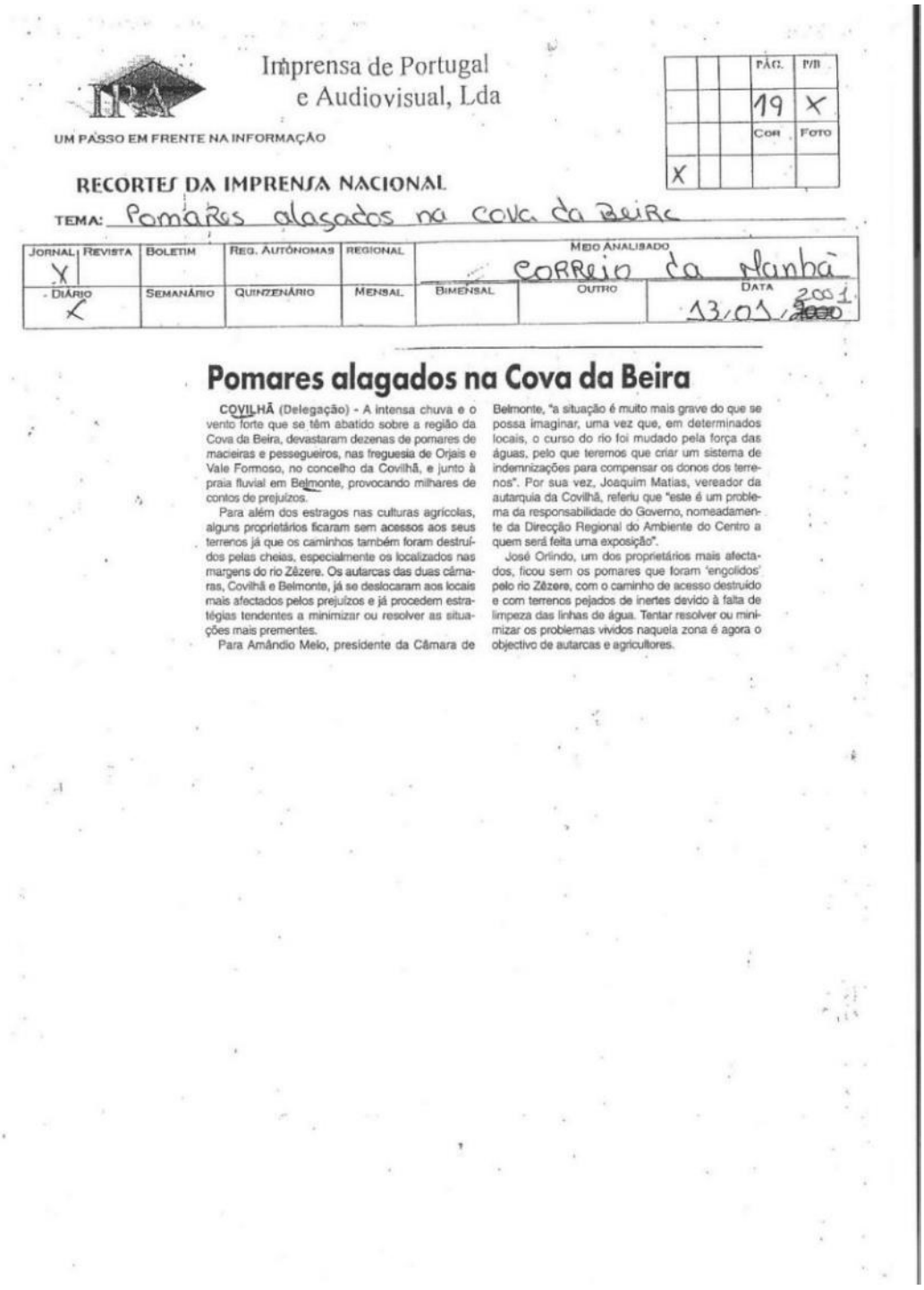
O Arquivo Municipal de Belmonte, possui fotografia dessa intempérie do ano 2000, cuja cota de cheia é superior a que consta materializada no vão da ponte, no ano 1996, conforme documentam as figuras seguintes.

Figura 77 – Cheia do 2000, na ponte sobre o Rio Zêzere, vista para a Vila de Belmonte
Fonte: Arquivo Municipal de Belmonte

Figura 78 – Cheia do ano 2000, na margem direita do rio Zêzere, no concelho da Covilhã
Fonte: Arquivo Municipal de Belmonte

Figura 79 – Panorâmica da cheia no ano 2000, na margem direita do rio Zêzere e da ribeira da Gaia
Fonte: Arquivo Municipal de Belmonte

Figura 80 – Panorâmica da cheia no ano 2000, na confluência da ribeira da Gaia com o rio Zêzere
Fonte: Arquivo Municipal de Belmonte



Imprensa de Portugal e Audiovisual, Lda

UM PASSO EM FRENTE NA INFORMAÇÃO

RECORTES DA IMPRENSA NACIONAL

TEMA: Pomares alagados na cova da Beira

PÁG.	P/B
19	X
COR	FOTO

JORNAL X	REVISTA	BOLETIM	REG. AUTÓNOMAS	REGIONAL	MEIO ANALISADO: Correio da Manhã
DIÁRIO X	SEMANÁRIO	QUINZENÁRIO	MENSAL	BIMENSAL	OUTRO

DATA 13.01.2001

Pomares alagados na Cova da Beira

COVILHÃ (Delegação) - A intensa chuva e o vento forte que se têm abatido sobre a região da Cova da Beira, devastaram dezenas de pomares de macieiras e pessegueiros, nas freguesia de Orjais e Vale Formoso, no concelho da Covilhã, e junto à praia fluvial em Belmonte, provocando milhares de contos de prejuízos.

Para além dos estragos nas culturas agrícolas, alguns proprietários ficaram sem acessos aos seus terrenos já que os caminhos também foram destruídos pelas cheias, especialmente os localizados nas margens do rio Zêzere. Os autarcas das duas câmaras, Covilhã e Belmonte, já se deslocaram aos locais mais afectados pelos prejuízos e já procedem estratégias tendentes a minimizar ou resolver as situações mais prementes.

Para Amândio Melo, presidente da Câmara de Belmonte, "a situação é muito mais grave do que se possa imaginar, uma vez que, em determinados locais, o curso do rio foi mudado pela força das águas, pelo que teremos que criar um sistema de indemnizações para compensar os donos dos terrenos". Por sua vez, Joaquim Matias, vereador da autarquia da Covilhã, referiu que "este é um problema da responsabilidade do Governo, nomeadamente da Direcção Regional do Ambiente do Centro a quem será feita uma exposição".

José Orlindo, um dos proprietários mais afectados, ficou sem os pomares que foram 'engolidos' pelo rio Zêzere, com o caminho de acesso destruído e com terrenos pejados de inertes devido à falta de limpeza das linhas de água. Tentar resolver ou minimizar os problemas vividos naquela zona é agora o objectivo de autarcas e agricultores.

Figura 81 – Extrato do Jornal "Correio da Manhã" de 13 de janeiro de 2001, da ocorrência de cheia
Fonte: Arquivo Municipal de Belmonte

Imprensa de Portugal e Audiovisual, Lda

UM PASSO EM FRENTE NA INFORMAÇÃO

RECORTES DA IMPRENSA NACIONAL

TEMA: Zêzere alaga pomares

PÁG.	P/B
32	
COR	FOTO
	X

JORNAL	REVISTA	BOLETIM	REG. AUTÓNOMAS	REGIONAL	MEIO ANALISADO: Gazeta do Interior		
X				X			
DIÁRIO	SEMANÁRIO	QUINZENÁRIO	MENSAL	BIMENSAL	OUTRO	DATA	
	X					18/01/2001	

NO CONCELHO DA COVILHÃ

Zêzere alaga pomares

Os fruticultores das freguesias ribeirinhas de Vale Formoso, Orjais e Aldeia do Souto, no Concelho da Covilhã, viram os seus pomares alagados pelas águas do Rio Zêzere, que galgou as margens, submergindo mesmo o paredão da Praia Fluvial de Belmonte.

Para além dos prejuízos nos pomares, vários caminhos agrícolas em Vale Formoso foram também alagados o que impossibilita o acesso dos fruticultores às suas terras, para iniciarem os trabalhos de tratamentos de Inverno dos pomares.

Sexta-feira alguns desses agricultores reuniram-se na margem esquerda do Rio, junto à praia fluvial de Belmonte, para observarem os estragos, num encontro informal onde estiveram também presentes o presidente da Câmara de Belmonte, Amândio Melo, e o vereador da Câmara da Covilhã, Joaquim Matias.

Segunda-feira foi a vez de se deslocar ao local Santos Marques, responsável pela Divisão Sub-Regional de Castelo Branco da Direcção Regional do Ambiente do Centro, a quem os agricultores solicitaram uma intervenção urgente que permita regularizar as margens do rio e restabelecer a circulação nos caminhos rurais inundados.

Mas Santos Marques pouco disse. Apenas que iria comunicar o problema superiormente. Pouco consolo para as mais de duas dezenas de fruticultores da zona que temem pelo apodrecimento dos seus pomares de macieiras, pessegueiros e pereiras.

Figura 82 – Extrato do Jornal "Gazeta do Interior" de 18 de janeiro de 2001, da ocorrência de cheia
Fonte: Arquivo Municipal de Belmonte

A depressão Elsa, ocorrida entre os dias 18 a 20 de dezembro de 2019, fez subir o nível de água nas linhas de água do concelho, contudo não atingiu os níveis do ano 2000 (Figura 83 e Figura 84).

Figura 83 - Vista sobre o Rio Zêzere, vista para Orjais, dezembro 2019
Fonte: Município de Belmonte

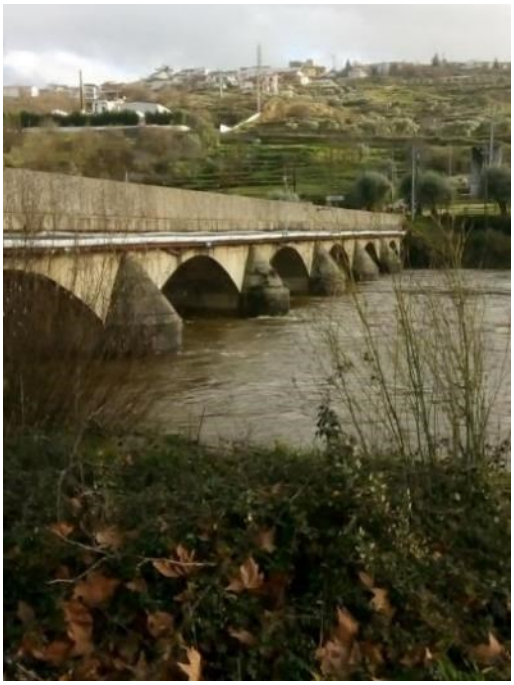


Figura 84 – Vista sobre a Ponte sobre o Rio Zêzere, vista para a Vila de Belmonte, dezembro 2019
Fonte: Município de Belmonte

3.2.2.5. Estudo Hidrológico

Apresenta-se o estudo hidrológico, para ambas as bacias hidrográficas em estudo, para os períodos de retorno de 20 e 100 anos, com apresentação dos valores adaptados do tempo de ponta e caudais de ponta de cheia, para as respetivas bacias hidrográficas.

Nas áreas em estudo, não existem barragens com albufeira de regularização de dimensão significativa, que possam reduzir os caudais de ponta de cheia por efeito de amortecimento nas albufeiras. Refira-se que na Serra da Estrela existem lagoas naturais de pequena dimensão que se considera não terem efeito relevante no amortecimento de cheias.

3.2.2.5.1. Caracterização geral das bacias hidrográficas

As bacias hidrográficas em estudo têm as seguintes características principais:

Quadro 15 – Características principais da bacia hidrográfica do Zêzere

Área da bacia hidrográfica: $A_{B.H.}$	320,708 Km^2
Comprimento do curso de água principal (rio Zêzere)	43,250 Km
Cota máxima do curso de água principal: $H_{máx}$	1954 m
Cota mínima do curso de água principal (secção de referência): $H_{mín}$	445,40 m
Diferença de cotas do curso de água principal: H	1508,6m
Altura média: h_m	865,52 m
Declive médio do curso de água principal: $d_m = \frac{(H_{máx} - H_{mín})}{L_{c.p.}} =$	$\frac{1954 - 445.40}{43250} = 3{,}48\%$
Cota a 85% do comprimento do curso de água principal: $H_{85\%}$	1090 m
Cota a 10% do comprimento do curso de água principal: $H_{10\%}$	460 m
Declive 10%-85% do curso de água principal: $d_{10-85} = \frac{(H_{10\%} - H_{85\%})}{L_{10-85}} =$	$\frac{1090.90 - 460}{0{,}75 \times 43250} = 1{,}94\%$

Quadro 16 – Características principais da bacia hidrográfica das Inguias

Área da bacia hidrográfica: $A_{B.H.}$	218,729 Km^2
Comprimento do curso de água principal (ribeira das Inguias)	25,304 Km
Cota máxima do curso de água principal: $H_{máx}$	846,4 m
Cota mínima do curso de água principal (secção de referência): $H_{mín}$	427 m
Diferença de cotas do curso de água principal: H	416,4 m
Altura média: h_m	573,09 m
Declive médio do curso de água principal: $d_m = \frac{(H_{máx} - H_{mín})}{L_{c.p.}} =$	$\frac{846,4 - 427}{25304} = 1,57\%$
Cota a 85% do comprimento do curso de água principal: $H_{85\%}$	610 m
Cota a 10% do comprimento do curso de água principal: $H_{10\%}$	439,65 m
Declive 10%-85% do curso de água principal: $d_{10-85} = \frac{(H_{10\%} - H_{85\%})}{L_{10-85}} =$	$\frac{610 - 439,65}{0,75 \times 25304} = 0,898\%$

3.2.2.5.2. Tempo de Concentração

O tempo necessário para que toda a área da bacia hidrográfica contribua para o escoamento superficial na secção de saída designa-se por tempo de concentração (t_c). Dada a sua complexidade de calculo, recorrer-se-á aplicação de fórmulas empíricas de Giandotti, Kirpich, de Chow, do NERC, Temez, Pickering , Picking e Ven Te Chow (Quadro 17).

Quadro 17 – Valores dos tempos de concentração pelas várias fórmulas

	Bacia hidrográfica do Zêzere	**Bacia hidrográfica das Inguias**
Fórmula de Giandotti $t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1{,}5L}{0{,}8\sqrt{h_m}}$	$t_c = \frac{4\sqrt{320{,}708} + 1{,}5 \times 43{,}250}{0{,}8\sqrt{865{,}52}}$ $\boldsymbol{t_c = 5{,}83\ h}$	$t_c = \frac{4\sqrt{218{,}729} + 1{,}5 \times 25{,}304}{0{,}8\sqrt{573{,}09}}$ $\boldsymbol{t_c = 5.07\ h}$
Fórmula de Témez $t_c = 0{,}3\left(\frac{L}{d_m^{0{,}25}}\right)^{0{,}76}$	$t_c = 0{,}3\left(\frac{43{,}250}{0{,}0348^{0{,}25}}\right)^{0{,}76}$ $\boldsymbol{t_c = 9{,}94\ h}$	$t_c = 0{,}3\left(\frac{25{,}304}{0{,}0164^{0{,}25}}\right)^{0{,}76}$ $\boldsymbol{t_c = 7.63\ h}$
Fórmula de Kirpich $t_c = 0{,}0663\frac{L^{0{,}77}}{d_m^{0{,}385}}$	$t_c = 0{,}0663\frac{43{,}250^{0{,}77}}{0{,}0348^{0{,}385}}$ $\boldsymbol{t_c = 4{,}39\ h}$	$t_c = 0{,}0663\frac{25{,}304^{0{,}77}}{0{,}0164^{0{,}385}}$ $\boldsymbol{t_c = 3{,}88\ h}$
Fórmula de Chow $t_c = \frac{(3280{,}84\ \mathrm{L})^{1{,}15}}{7700\left(\frac{H_{máx} - H_{min}}{0{,}3048}\right)^{0{,}38}}$	$t_c = \frac{(3280{,}84\ \times 43{,}250)^{1{,}15}}{7700\left(\frac{1954 - 445{,}40}{0{,}3048}\right)^{0{,}38}}$ $\boldsymbol{t_c = 4{,}31\ h}$	$t_c = \frac{(3280{,}84\ \times 25{,}304)^{1{,}15}}{7700\left(\frac{610 - 439{,}65}{0{,}3048}\right)^{0{,}38}}$ $\boldsymbol{t_c = 5{,}32\ h}$
Fórmula do NERC $\mathrm{t_c} = 2{,}8\left(\frac{\mathrm{L}}{\sqrt{1000 \times \mathrm{d_{10\text{-}85}}}}\right)^{0{,}47}$	$t_c = 2{,}8\left(\frac{43{,}250}{\sqrt{1000 \times 0{,}0194}}\right)^{0{,}47}$ $\boldsymbol{t_c = 8{,}19\ h}$	$t_c = 2{,}8\left(\frac{25{,}304}{\sqrt{1000 \times 0{,}00898}}\right)^{0{,}47}$ $\boldsymbol{t_c = 7{,}63\ h}$
Fórmula de Pickering $t_c = \left(\frac{0{,}871\ L^3}{H}\right)^{0{,}385}$	$t_c = \left(\frac{0{,}871\ \times 43{,}250^3}{1508{,}6}\right)^{0{,}385}$ $\boldsymbol{t_c = 4{,}39\ h}$	$t_c = \left(\frac{0{,}871\ \times 25{,}304^3}{416{,}4}\right)^{0{,}385}$ $\boldsymbol{t_c = 3{,}88\ h}$
Fórmula do Picking $\mathrm{t_c} = 0{,}0883\ \mathrm{L}^{0{,}667}\ \mathrm{d_m^{-0{,}333}}$	$\mathrm{t_c} = 0{,}0883 \times 43{,}250^{0{,}667} \times 0{,}0348^{-0{,}333}$ $\boldsymbol{t_c = 3{,}33\ h}$	$\mathrm{t_c} = 0{,}0883 \times 25{,}304^{0{,}667} \times 0{,}0164^{-0{,}333}$ $\boldsymbol{t_c = 2{,}99\ h}$
Fórmula de Ven Te Chow $\mathrm{t_c} = 0{,}127\ \mathrm{L}^{0{,}64}\ \mathrm{d_m^{-0{,}32}}$	$\mathrm{t_c} = 0{,}127 \times 43{,}250^{0{,}64} \times 0{,}0348^{-0{,}32}$ $\boldsymbol{t_c = 4{,}15\ h}$	$\mathrm{t_c} = 0{,}127 \times 25{,}304^{0{,}64} \times 0{,}0164^{-0{,}32}$ $\boldsymbol{t_c = 3{,}74\ h}$

Quadro 18 – Valores síntese dos tempos de concentração obtidos pelas várias fórmulas

	Bacia hidrográfica do Zêzere	**Bacia hidrográfica das Inguias**
Fórmula de Giandotti	5,83 h	5,07 h
Fórmula de Témez	↑9,94 h	↑ 7,63 h
Fórmula de Kirpich	4,39 h	3,88 h
Fórmula de Chow	4,31 h	5,32 h
Fórmula do NERC	8,19 h	↑ 7,63 h
Fórmula de Pickering	4,39 h	3,88 h
Fórmula de Picking	↓ 3,33 h	↓ 2,99 h
Fórmula de Ven Te Chow	4,15 h	3,74 h

Para a bacia hidrográfica do Zêzere os valores dos tempos de concentração, obtidos pelas fórmulas de Kirpich e de Pickering são iguais (4,39 h), aproximando-se destes valores a fórmula de Chow (4,31h), seguindo-se a fórmula de Ven Te Chow (4.15 h). É de Referir que o valor de Témez (9,94 h) parece demasiado elevado tendo em conta o relevo acentuado da bacia hidrográfica, pelo que foi excluído no calculo da média, assim como, o valor obtido pela fórmula de Picking (3,33 h), por este o valor ser o menor de todos os valores.

Para a bacia hidrográfica da ribeira das Inguias, a semelhança dos valores obtidos na bacia hidrográfica do Zêzere, os valores obtidos pelas fórmulas de Kirpich e de Pickering são iguais (t_c = 3,88h). As fórmulas de Giandotti (5,07 h) e de Chow (5,32 h) devolvem valores aproximados. Como valores máximos, e iguais, foram obtidos pelas fórmulas de Témez e do NERC, em 7,63 horas. Optou-se por excluir estes dois métodos no cálculo da média tempo de concentração. Foi igualmente excluído o menor valor obtido t_c = 2,99 h, pela fórmula de Picking.

Quadro 19 – Valores dos tempos de concentração considerados

	t_c [h]
Bacia hidrográfica do Zêzere	5,21 h
Bacia hidrográfica das Inguias	4,38 h

3.2.2.5.3. Curvas IDF

Os estudos hidrológicos na obtenção do caudal de ponta de cheia incorporam mais de uma metodologia específica. Segundo a Portaria n.º 336/2019, de 26 de setembro, alterada pela Portaria n.º264/2020, de 13 de novembro aconselha a utilização das curvas de Intensidade-Duração-Frequência (IDF) específicas da bacia hidrográfica.

Fez uma pesquisa ao portal do SNIRH, verificou-se que a bacia do rio Zêzere tem inserido dentro da bacia hidrográfica os postos udométricos de Ramela, Valhelhas e Penhas Douradas (Figura 85). Os postos udométricos de Ramela e Valhelhas possuem leituras aceitáveis de precipitação máxima diárias nos anos hidrológicos de 1980/81 até 1995/1996 e de 2001/02 até 2008/09. Quanto ao posto de Penhas Douradas as leituras existentes não coincidem com os outros dois postos, para além de falta de muitas leituras intercalares. Optou-se pelo cálculo da curva de IDF para a bacia em questão com recurso ao posto udométrico de Caria.

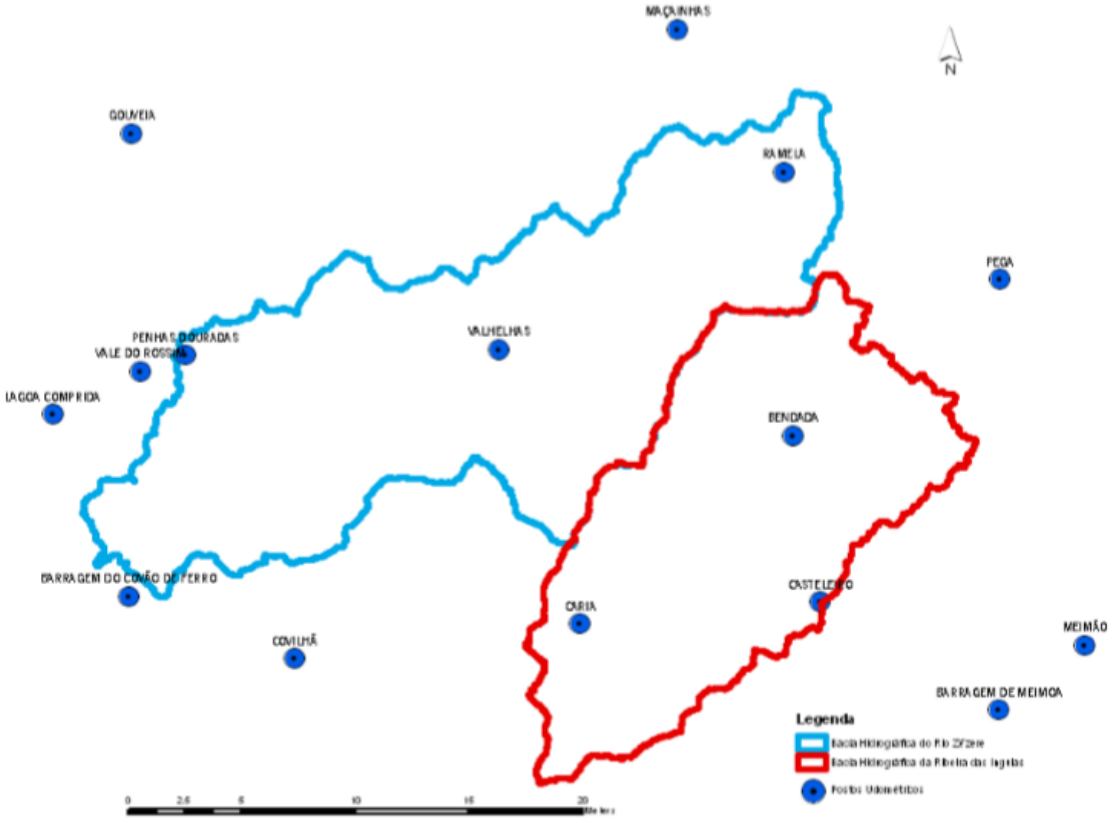


Figura 85 – Vista sobre a Ponte sobre o Rio Zêzere, vista para a Vila de Belmonte, dezembro 2019
Fonte: Município de Belmonte

Após o cálculo das curvas IDF com recurso a folha de cálculo (ficheiros anexos no link: REN_Belmonte>Volume 1>Shapefiles>Shapes_maio.2021_bruta>ZAC>intermédios>Inguias>IDF; e REN_Belmonte>Volume 1>Shapefiles>Shapes_maio.2021_bruta>ZAC>intermédios>Zezere>IDF, obteve-se a seguinte equação de intensidade válida para a bacia hidrográfica do Zêzere:

$$I = \frac{270{,}4696 \times T^{0{,}185688}}{t^{0{,}61885}}$$

Em que:

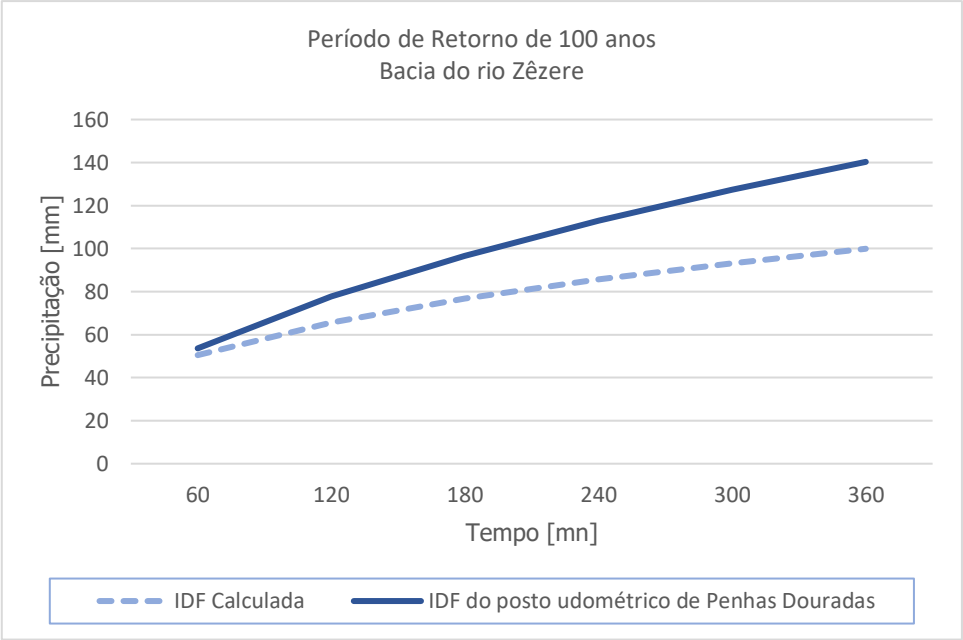
I – Intensidade (mm/h)

T – Tempo de retorno (anos)

T – tempo de ocorrência (h)

De acordo com Portaria atrás referida, o único posto udográfico disponível na bacia hidrográfica do Zêzere é Penhas Douradas. Fazendo uma comparação dos valores de cálculo de precipitação para a curva IDF calculada e apresentada na Portaria, verifica-se que os valores da precipitação desta última são superiores à IDF calculada, logo o caudal de ponta de tende a ser superior, conforme verificável no Gráfico 1.

Gráfico 1- Comparabilidade entre as Curvas de IDF calculada e do posto udográfico de Penhas Douradas facultada na Portaria n.º 336/2019, alterada pela Portaria n.º264/2020, de 13 de novembro, para a bacia do rio Zêzere, para período de retorno de 100 anos.



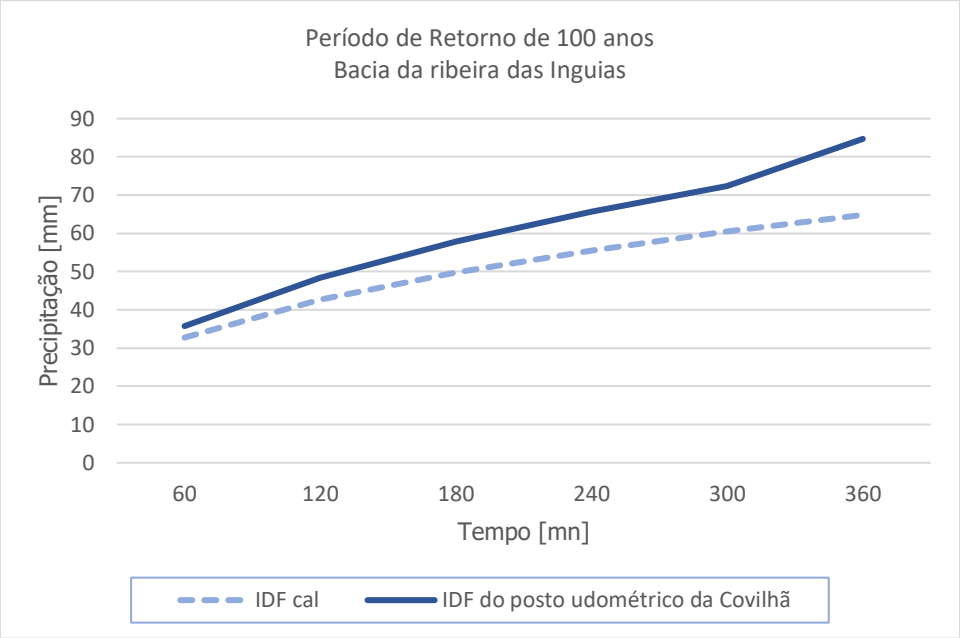
Para a bacia das Inguias também se procedeu ao cálculo da curva IDF a partir dos postos udométricos de Bendada, Caria e Casteleiro cujo período de recolha da precipitação máxima diária incidiu nos anos hidrológicos de 1980/81 até 1995/1996 e de 2001/02 até 2008/09, períodos para os quais as leituras coincidiam em termos temporais.

Obteve-se a curva IDF para a bacia das Inguias:

$$I = \frac{181{,}9501 \times T^{0{,}177785}}{t^{0{,}61885}}$$

O Gráfico 2 demonstra que a IDF calculada para a bacia hidrográfica das Inguias possui valores de precipitação menores que a IDF do posto udométrico da Covilhã, logo o Caudal de ponta de cheia tende a ser menor com a IDF calculada.

Gráfico 2- Comparatividade entre as Curvas de IDF calculada e do posto udográfico da Covilhã facultada na Portaria n.º 336/2019, alterada pela Portaria n.º264/2020, de 13 de novembro para a bacia da ribeira das Inguias, para período de retorno de 100 anos.



Optou-se, para o cálculo dos caudais de ponta, em que os métodos assim o exigem, as curvas de IDF de Penhas Douradas para a Bacia do rio Zêzere dado que está inserida dentro da Bacia. Para a Bacia das Inguias optou-se pelas curvas de IDF do posto udográfico da Covilhã, apesar não inserida na bacia, possui em termos de precipitação características muito semelhantes à bacia da Ribeira das Inguias (Figura 86).

Dado que os tempos de concentração, para as duas bacias estão compreendidos entre 30 minutos e 6 horas, a curva IDF para as respetivas bacias estão esquematizadas nos Quadro 20 e Quadro 21.

Quadro 20 – Parâmetros das curvas IDF, intensidades de precipitação e precipitação com duração igual ao tempo de concentração e período de retorno de 20 e 100 anos no posto udográfico de Penhas Douradas, para a bacia hidrográfica do Zêzere

		30mn<t<6h		**6<t<48h**	
Período de retorno	**Posto udográfico**	**a [-]**	**b [-]**	**a [-]**	**b [-]**
20 anos	Penhas Douradas (11L/05)	524,90	-0,638	279,48	-0.528
100 anos		804,03	-0,676	318,54	-0.518

Quadro 21 – Parâmetros das curvas IDF, intensidades de precipitação e precipitação com duração igual ao tempo de concentração e período de retorno de 20 e 100 anos no posto udográfico da Covilhã, para a bacia hidrográfica das Inguias

	30mn<D<6h	**6<D<48h**

Período de retorno	Posto udográfico	a [-]	b [-]	a [-]	b [-]
20 anos	Covilhã (12L/03)	270,74	-0,545	190,07	-0.473
100 anos		356,92	-0,562	215,44	-0.463

Em que:

$$I(mm/h) = a \times D(min)^b$$

I – intensidade em mm/h
D – duração da precipitação em minutos, também utilizado com "t"

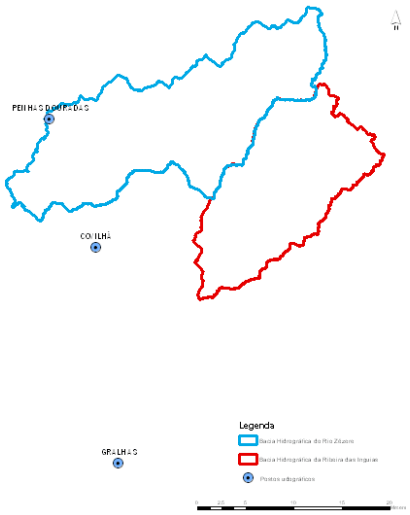


Figura 86 – Localização das estações com curvas IDF nas bacias hidrográficas em estudo

3.2.2.5.4. Caudais de ponta de cheia

A bacia hidrográfica do Zêzere possui uma estação hidrométrica: Manteigas (11L/01H). Existe uma outra, estação hidrométrica, designada por Cabril (14I/01A), (Figura 87), esta fora da área de estudo, dentro da bacia hidrográfica do Tejo. Estas estações são as mais próximas das bacias hidrográficas em estudo, com informação disponível para ser utilizada na análise estatística dos caudais máximos anuais instantâneos. A utilização dos dados destas duas estações é efetuada tendo em atenção as suas áreas de influência das respetivas bacias hidrográficas em que a primeira (Manteigas) tem uma área drenada (27,5 km^2) muito inferior às bacias hidrográficas em estudo, situando-se em plena Serra da Estrela na zona mais declivosa da bacia, e a segunda (Cabril) tem uma área drenada (2292,8 km^2).

Efetuou-se o estudo das cheias com base em precipitações intensas utilizando a formulação apresentada por Loureiro, a fórmula de *Whistler, de Forti, de Pagliaro, de Giandotti,* fórmula racional, SCS dos EUA e o modelo do hidrograma SCS com auxílio do *software* HEC-HMS.

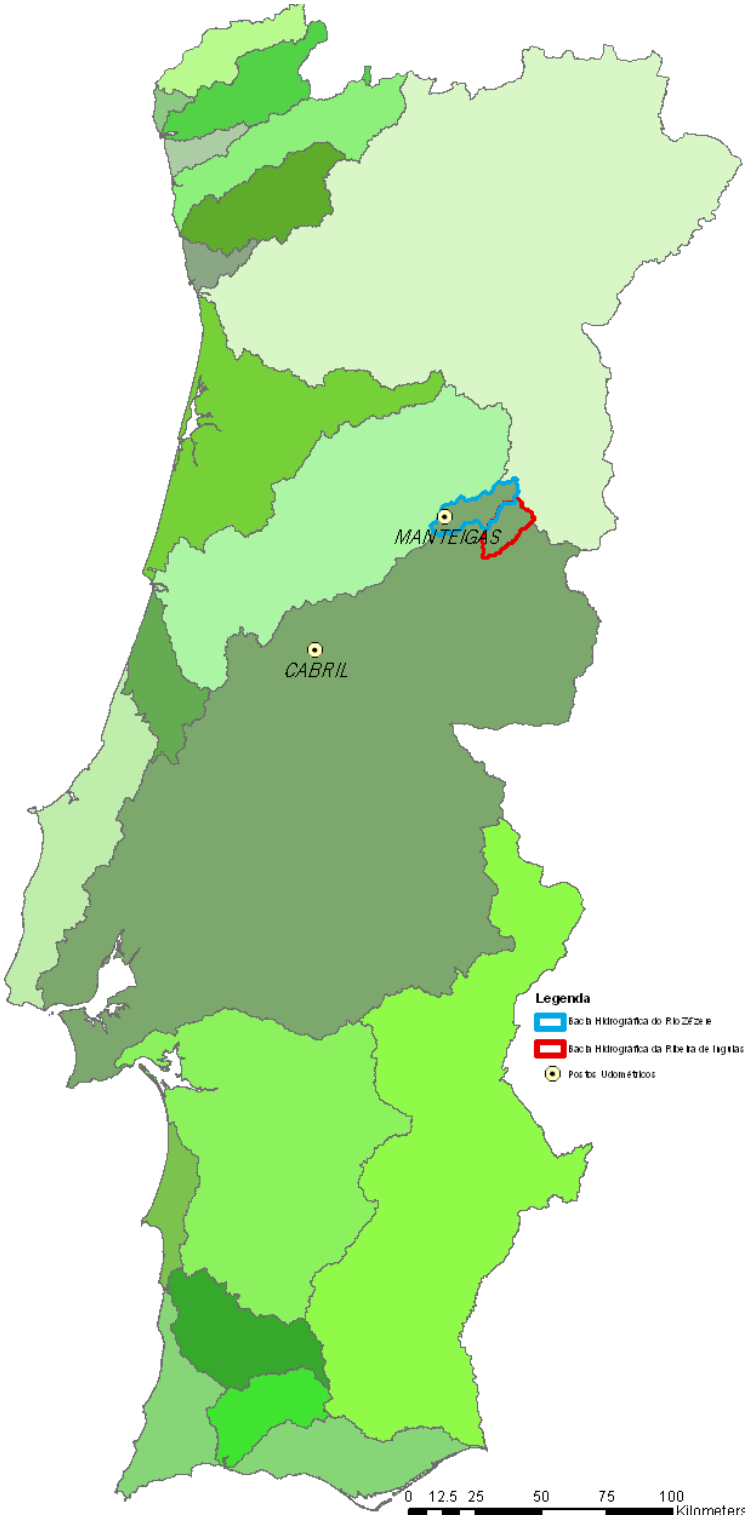


Figura 87 – Bacias hidrográficas de Portugal Continental com a localização das estações hidrométricas
Fonte: Atlas do Ambiente - Download: *Shapefile* extraídas de http://sniamb.apambiente.pt/

3.2.2.5.5. Com base em estações hidrométricas

A utilização dos dados das estações hidrométricas mais próximas, de Manteigas e de Cabril, deve ser realizada com alguma prudência, dado que a área drenada da Estação Hidrométrica de Manteiga é de 27,5 km^2 muito inferior à das bacias hidrográficas em estudo, situando-se em plena Serra da Estrela na zona mais declivosa da bacia, e a do Cabril tem uma área drenada de 2292,8 km^2, sete vezes superior à área da bacia da bacia do rio Zêzere e dez vezes a bacia da ribeira das Inguias.

A.1. Análises dos dados disponíveis nas estações hidrométricas

Na estação hidrométrica de Manteigas estão disponíveis 30 registos do caudal anual máximo instantâneo, com início em dezembro de 1949 (consulta em https://snirh.apambiente.pt/). Porém, como existem falhas, selecionaram-se os últimos 16 registos contínuos, com início em dezembro de 1978.

Na estação hidrométrica do Cabril estão disponíveis 23 registos do caudal afluente médio diário, com início em dezembro de 1984. A passagem dos valores máximos anuais do caudal afluente médio diário ($Q_{diário}$) para valores de caudal anual máximo instantâneo ($Q_{instantâneo}$) foi realizada através da fórmula de Fuller.

$$Q_{instatâneo} = \mathrm{Q}_{\mathrm{diário}} \, (1 + 2{,}66 \, \mathrm{A}_{\mathrm{BH}}^{-0.3})$$

em que:

$Q_{instantâneo}$ e $Q_{diário}$ - Expressos em m^3/s e a área da bacia hidrográfica

$A_{B.H.}$ - Expressa em km^2.

No Quadro 22 encontram-se os valores dos principais parâmetros estatísticos da distribuição, estimados a partir das séries de registos de cada uma das estações hidrométricas. O coeficiente de assimetria é diferente de zero para as duas séries, o que é consistente com o facto de os registos pertencerem a uma população de valores extremos.

Quadro 22 – Principais parâmetros estatísticos, estimados a partir das duas séries de registos

Estação hidrométrica	Média [m^3/s] $\bar{x}$	Desvio padrão [m^3/s] s	Coef. de assimetria [–] S_k
Manteigas	65,0438	18,5931	-1,0773
Barragem do Cabril	642.4306	407.8631	1,3089

A qualidade das duas séries de registos foi avaliada quanto à consistência e à homogeneidade. Uma série é homogénea se os fatores que a influenciam se mantiverem constantes ao longo do período de observações. As quebras de homogeneidade podem ser provocadas, por exemplo, por alteração na localização da estação, alterações climáticas, etc.

A homogeneidade e a consistência das séries hidrológicas são conceitos muito idênticos, pelo que a verificação da consistência pelos métodos já referidos constitui, só por si uma razoável garantia de que séries consistentes são homogéneas.

Quanto à consistência, não se observou qualquer clivagem óbvia nas duas séries e não se conhecem intervenções a montante de Manteigas e do Cabril que, no período considerado, pudessem alterar o regime hidrológico do rio Zêzere e da ribeira das Inguias. Conclui-se, assim, que as séries de registos são consistentes.

Quanto à análise de homogeneidade, determinou-se o intervalo confiança em torno da média amostral para a um nível de confiança de 95%, com base na distribuição t-Student com 15 graus de liberdade para a série da estação de Manteigas (Gráfico 3) e com 29 graus de liberdade para a série da estação de Cabril (Gráfico 4).

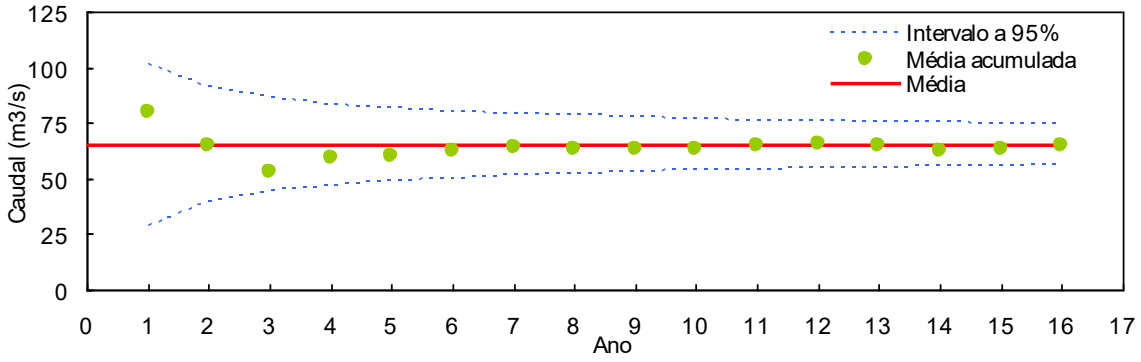


Gráfico 3- Verificação da homogeneidade da série de caudais máximos anuais na estação hidrométrica de Manteigas

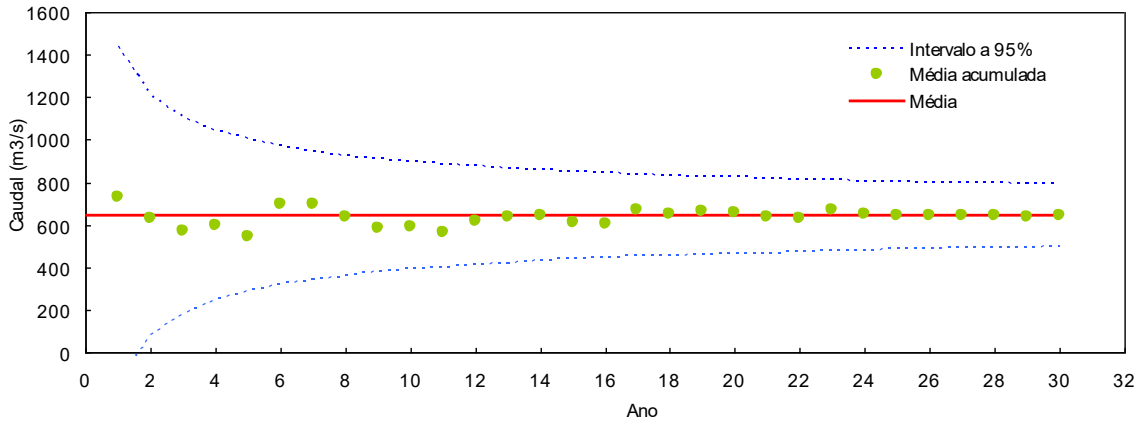


Gráfico 4- Verificação da homogeneidade da série de caudais máximos anuais na estação hidrométrica do Cabril

As médias acumuladas encontram-se dentro do intervalo de confiança, pelo que ambas as séries se podem considerar homogéneas.

Dada a existência de séries de valores de caudais de ponta instantâneos nas secções de referências das bacias hidrográficas, permite o estudo estatístico dessa série de modo a se poder inferir sobre os caudais de ponta para diferentes períodos de retorno.

Com base nos dados das estações de Manteigas e da Barragem do Cabril permite verificar as respetivas funções de densidade de probabilidade empírica. Optou-se por ajustar, a essas funções, as distribuições de extremos log-normal, de Gumbel e de Pearson III.

No Gráfico 5 e no Gráfico 6 mostra-se a qualidade do ajuste das distribuições teóricas às distribuições empíricas, respetivamente, para as estações de Manteigas e de Cabril.

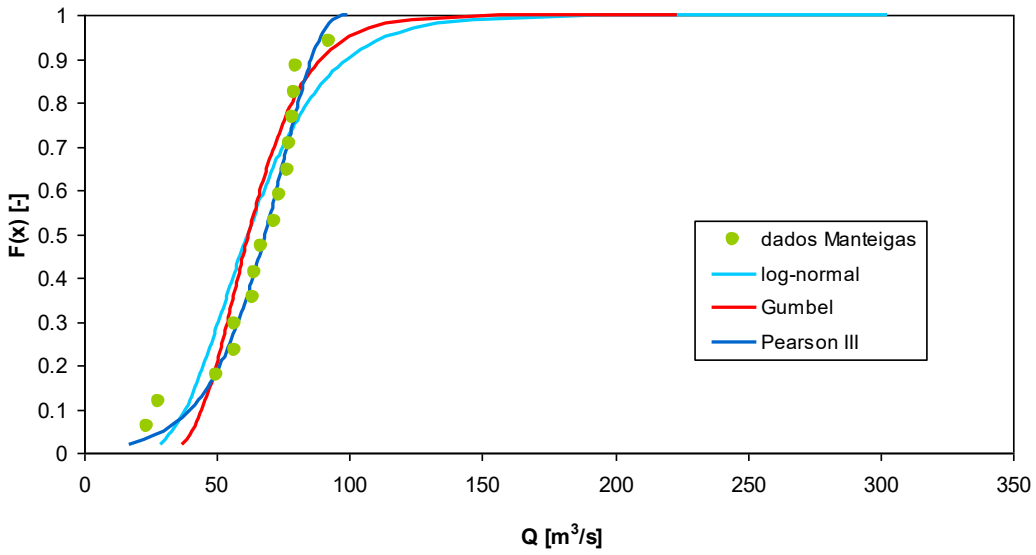


Gráfico 5- Distribuição empírica e distribuições teóricas estação hidrométrica de Manteigas

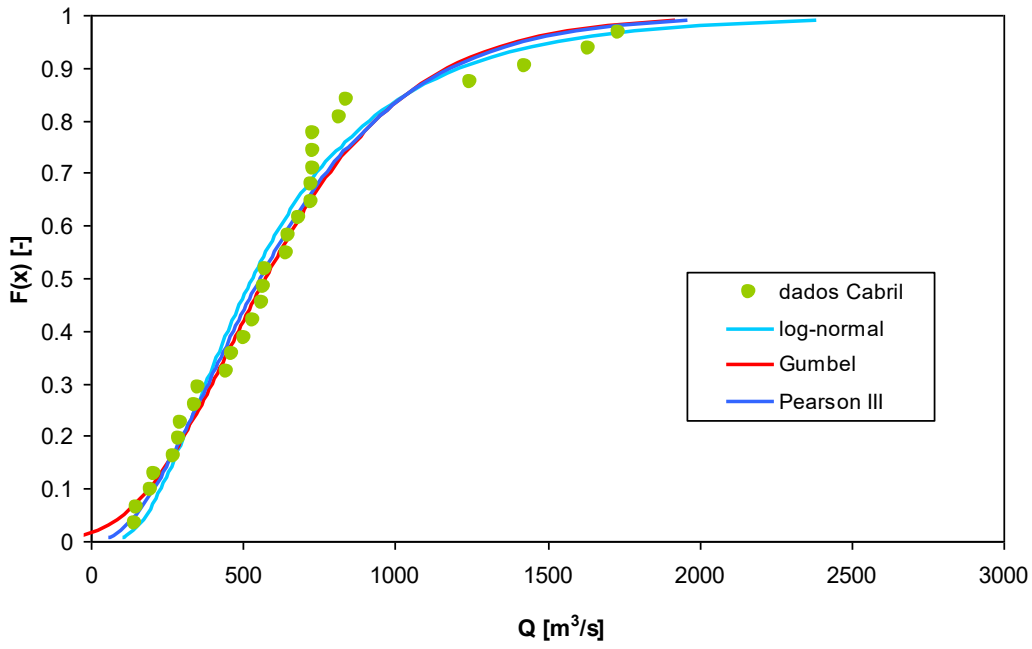


Gráfico 6- Distribuição empírica e distribuições teóricas da estação hidrométrica do Cabril

Da observação do Gráfico 6 conclui-se que, para os dados da estação de Manteigas, a distribuição de extremos de Pearson III é a que melhor se ajusta à função de densidade de probabilidade empírica. Porém, na zona dos maiores caudais a distribuição Gumbel é mais adequada, dado que fornece caudais ligeiramente superiores aos observados.

Do Quadro 23 conclui-se que, para os dados da estação do Cabril, as distribuições de extremos de Gumbel e de Pearson III se ajustam bem à função de densidade de probabilidade empírica. Porém, na zona dos maiores caudais a distribuição log-normal é mais adequada, dado que fornece caudais ligeiramente superiores aos observados.

Com base na distribuição de Gumbel, para a estação de Manteigas, e na distribuição log-normal, para a estação do Cabril, determinaram-se os caudais de ponta de cheia nas secções daquelas estações para o período de retorno, *T*, de 20 e 100 anos. Resultaram os seguintes valores:

Quadro 23 – Valores resultantes das observações a partir das estações hidrométricas

Estação hidrométrica	**T= 20 anos [m³/s]**	**T= 100 anos [m³/s]**
Manteigas	99,73	123,36
Cabril	1536,94	2386,94

No Anexo 1 ao presente documento, apresentam-se os cálculos obtidos pelas distribuições de Gumbel, Pearson III e log-normal.

A.2. Correlação de caudais de ponta de cheia

Admitindo que o tipo de solos e a sua utilização é similar nas duas bacias hidrográficas, transpuseram-se os caudais de ponta de cheia das bacias das estações de Manteigas e de Cabril para as bacias hidrográficas em estudo por aplicação da fórmula de Meyer (Quintela, 1984, pág. 675 a 678) e de Loureiro (1984)

$$\frac{Q_1}{Q} = \left(\frac{A_1}{A}\right)^{\beta}$$

em que:

Q_1 – Correspondem ao caudal de ponta de cheia da estação hidrométrica, (m^3/s);

Q - Correspondem ao caudal de ponta de cheia da bacia hidrográfica, (m^3/s);

A_1 - Área da bacia hidrográfica da estação hidrométrica, em km^2;

A - Área da bacia hidrográfica em estudo, em km^2;

β – Coeficiente que varia entre 0,4 (zonas planas e solos permeáveis) e 0,8 (zonas montanhosas e solos impermeáveis);

Conhecidas as áreas das bacias hidrográficas em estudo e as áreas das bacias das estações hidrométricas de Manteigas e da Barragem do Cabril, conhecidos os caudais de ponta de cheia nas secções daquelas estações, considera-se:

- Bacia hidrográfica do Zêzere ⇒ β = 0,7 valor típico de solos quase impermeáveis e bacias com relevo acidentado e, portanto, aplicável à bacia do rio Zêzere;
- Bacia hidrográfica das Inguias ⇒ β = 0,6 valor típico de solos permeáveis e relevo moderado, portanto, aplicável à bacia da ribeira das Inguias.

Obtêm-se os caudais de ponta de cheia na secção de referência das duas bacias em estudo, para T = 20 anos e 100 anos, com os valores que se apresentam no quadro seguinte.

Quadro 24 – Valores de correlação de caudais de ponta pelas observações das estações hidrométricas, nas bacias hidrográficas em estudo

Estações hidrométricas	**Bacia hidrográfica do Zêzere Q_p [m³/s]**		**Bacia hidrográfica das Inguias Q_p [m³/s]**	
	T= 20 anos	**T= 100 anos**	**T= 20 anos**	**T= 100 anos**
Correlação a partir de Manteigas	556.63	688.52	346.08	428.07
Correlação a partir do Cabril	387.85	602.37	375.30	582.86

3.2.2.5.6. Fórmula de Loureiro

De acordo com Loureiro (1984), os caudais de ponta de cheia, para período de retorno de 100 anos, podem calcular-se segundo uma expressão do tipo:

$$Q_p = C_L \, A_b^Z$$

em que:

Q_P e A_b - Expressos, respetivamente, em m³/s e km²;

C_L - Parâmetro função da região do país em que se insere a bacia hidrográfica e do período de retorno;

z - Parâmetro função dessa mesma região. As bacias em estudo inserem-se na zona T_1 (bacias superiores do Zêzere) (Quadro 25 e Quadro 26).

Quadro 25 – Localização das bacias hidrográficas em estudo na bacia do Tejo, segundo Loureiro

Bacia do Tejo	T_1 – Bacias superiores do Zêzere e bacias do Ponsul, Ocreza, Aravil e Erges (Válidos só para uma precipitação média anual inferior a 1400 mm); T_2 – Bacias inferiores do Zêzere e bacias do Nabão, Alviela, Maior, Alenquer, Grande da Pipa, Trancão; bacias inferiores do Soraia e Candeeiros, serra de Montejunto e o litoral e na bacia do rio Lis, os valores deverão ser tomados com reserva; T_3 – Bacia superior do Soraia, bacias da ribeira de Nisa e dos rios Sever e Caia;

Quadro 26 – Valores de C_L, segundo Loureiro

Zona	Valor de z	Valores de C_L						
		Período de retorno (anos)						
		5	10	25	50	100	500	1000
N_1	0,807	2,85	3,72	4,53	5,27	6,10	7,6	8,57
N_2	0,694	5,44	6,97	8,58	9,67	11,0	13,9	15,6
N_3	0,510	24,93	30,5	39,1	43,5	49,5	57,1	64,8
N_4	0,489	11,7	16,8	19,2	22,3	26,2	33,1	38,5
T_1	0,375	31,3	40,1	50,2	58,1	66,9	80,5	94,4
T_2	0,466	19,2	26,3	34,7	42,2	48,3	66,2	72,3
T_3	0,761	3,66	4,49	5,58	6,02	8,45	9,60	11,0
S_1	0,784	3,45	4,40	5,40	6,24	7,09	8,97	9,88
S_2	0,738	3,39	4,28	5,54	6,44	7,40	9,50	10,7
S_3	0,816	1,66	2,09	2,58	2,98	3,37	4,27	4,75
S_4	0,745	2,30	3,06	3,68	4,12	4,94	6,23	7,27

onde se tem Z = 0,375 e c = 66,9 para um período de retorno de 100 anos.

Os valores de caudal de ponta obtidos são respetivamente:

Quadro 27 – Valores de Caudal de ponta pelo método de Loureiro

Período de retorno de 100 anos	Q_p [m^3/s]
Bacia hidrográfica do Zêzere	582,39
Bacia hidrográfica das Inguias	504,53

3.2.2.5.7. Fórmula de Whistler

A fórmula de *Whistler* (*in* Martins, 2000, p. 40), aplicável a bacias hidrográficas com áreas entre 1000 e 12000 km², é definida por:

$$Q_p = A_b\left(\frac{1538}{259 + A_b} + 0.054\right)$$

em que:

Q_P – caudal de ponta, em m^3/s;

A_b – área da bacia hidrográfica, em km^2.

Os valores obtidos do caudal de ponta, segundo a fórmula de *Whistler*, são respetivamente:

Quadro 28 – Valores de Caudal de ponta pela fórmula de *Whistler*

Bacia	**Q_p [m³/s]**
Bacia hidrográfica do Zêzere	868,18
Bacia hidrográfica das Inguias	715,99

3.2.2.5.8. Fórmula de Forti

A fórmula de Forti tem aplicação em bacias com áreas inferiores a 1000 km², definida por:

$$Q_p = \mathrm{A}_b \left(b \frac{500}{\mathrm{A}_b + 125} + c \right)$$

em que:

$\mathrm{Q_P}$ – caudal de ponta, em m³/s;

$\mathrm{A_b}$ – área da bacia hidrográfica, em km²;

b, c – constantes que tomam o valor de 2,35 e 0,5 respetivamente, para uma precipitação máxima diária menor que 200 mm;

Os valores obtidos do caudal de ponta, são respetivamente:

Quadro 29 – Valores de Caudal de ponta pela fórmula de *Whistler*

Bacia	**Q_p [m³/s]**
Bacia hidrográfica do Zêzere	1005.83
Bacia hidrográfica das Inguias	857.07

3.2.2.5.9. Fórmula de Pagliaro

A fórmula de Pagliaro tem por aplicação em bacias hidrográficas com áreas inferiores a 1000 km², enquadrável no caso de estudo, sendo definida por:

$$Q_p = \mathrm{A}_b \left(\frac{2900}{90 + \mathrm{A}_b} \right)$$

em que:

$\mathrm{Q_P}$ – caudal de ponta, em m³/s;

A_b – área da bacia hidrográfica, em km^2.

Os valores obtidos do caudal de ponta, segundo a fórmula de Pagliaro, são respetivamente:

Quadro 30 – Valores de Caudal de ponta pela fórmula de Pagliaro

Bacia	**Q_p [m^3/s]**
Bacia hidrográfica do Zêzere	2264.51
Bacia hidrográfica das Inguias	2054.60

3.2.2.5.10. Fórmula de Giandotti

A fórmula de Giandotti é definida por:

$$Q_p = \frac{\lambda A_b h_m}{t_c}$$

Sendo:

Q_P – caudal de ponta, em m^3/s;

A_b – área da bacia hidrográfica, em km^2.

h_m – Altura de precipitação para uma duração igual ao tempo de concentração e um período de retorno, em mm;

λ - parâmetro em função da área, para área compreendidas entre 300 e 500 km^2, toma o valor de 0,277

T_c - Tempo de concentração, em horas; considerou-se o valor de t_c calculado pela fórmula de Giandotti, de 5,83 h para B.H. do Zêzere e 5,07 h para a B.H. das Inguias.

Quadro 31 – Os valores obtidos do caudal de ponta, segundo a fórmula de Giandotti, para a bacia hidrográfica do Zêzere

Período de retorno	**Posto udográficos**	**t_c [h]**	**h_m [mm]**	**Q_p [m^3/s]**
20 anos	Penhas Douradas	5,83	72.91	1110.99
100 anos	Penhas Douradas		89.40	1362.26

Quadro 32 – Os valores obtidos do caudal de ponta, segundo a fórmula de Giandotti, para a bacia hidrográfica da das Inguias

Período de retorno	**Posto udográficos**	**t_c [h]**	**h_m [mm]**	**Q_p [m^3/s]**
20 anos	Covilhã	5,07	60.85	727.17
100 anos	Covilhã		72.79	869.86

3.2.2.5.11. Fórmula Racional

Pelo método racional, o caudal de ponta é determinado em função da área da bacia hidrográfica (A, em km^2), da intensidade média de precipitação (I, em mm/h), para um dado período de retorno e duração da chuvada igual ao tempo de concentração da bacia, e de um coeficiente de escoamento (C). Este coeficiente dependente da natureza do solo e da cobertura vegetal, no entanto é considerado constante para qualquer intensidade de chuvada e para quaisquer condições anteriores a situação em estudo.

A fórmula racional para o cálculo do caudal de ponta de cheia é dado por:

$$Q_p = \frac{CIA}{3{,}6}$$

Coeficiente de escoamento (C)

Considerou-se C = 0,5 - valor correspondente a uma zona não urbana, não cultivada e com declive entre 2 e 7% (Quadro 33).

Quadro 33 – Valores médios do coeficiente C da Fórmula Racional

Áreas agrícolas

Tipos de solos	C		
	Cobertura da bacia		
	Culturas	Pastagens	Bosques e florestas
Com capacidade de infiltração superior à média; usualmente arenosos.	0,20	0,15	0,10
Com capacidade de infiltração média; sem camadas de argila; solos francos ou similares.	0,40	0,35	0,30
Com capacidade de infiltração inferior à média; solos argilosos pesados ou com uma camada argilosa junto à superfície; solos delgados sobre rocha impermeável.	0,50	0,45	0,40

Como o coeficiente de escoamento é aplicável a chuvadas para período de retorno de 5 a 10 anos, para chuvadas menos frequentes será necessário corrigir o coeficiente de escoamento por intermédio de um coeficiente de ajustamento, C_f, proposto em 1969 por *Wright-McLaughlin* (in Martins, 2000, p.44), que, para o período de retorno de 100 anos, toma o valor de:

$$C = c_f \times C_{\text{não corrigido}} = 1{,}25 \times 0{,}5 = 0{,}625$$

Intensidade de precipitação com duração igual ao tempo de concentração

No Quadro 34 e no Quadro 35 apresentam-se os valores dos parâmetros a e b para chuvadas com período de retorno de 20 e 100 anos, para a duração igual aos tempos de concentração de t_c =5.21 h, para a bacia hidrográfica do Zêzere e t_c = 4,38 h para a bacia hidrográfica das Inguias, compreendidos entre 6 e 48 horas, e das respetivas precipitações, P, e intensidades de precipitação, I.

Quadro 34 – Parâmetros das curvas IDF, intensidades de precipitação e precipitação com duração igual ao tempo de concentração e período de retorno de 20 e 100 anos nos postos udográfico de Penhas Douradas, Covilhã, para a bacia hidrográfica do Zêzere

Período de retorno	**Posto udográficos**	**a [-]**	**b [-]**	**tc**	**I [mm/h]**
20 anos	Penhas Douradas	524,90	-0,638	5,21	13,44
100 anos	Penhas Douradas	804,03	-0,676		16,54

Quadro 35 – Parâmetros das curvas IDF, intensidades de precipitação e precipitação com duração igual ao tempo de concentração e período de retorno de 20 e 100 anos nos postos udográfico de Penhas Douradas, Covilhã, para a bacia hidrográfica das Inguias.

Período de retorno	**Posto udográficos**	***a* [-]**	***b* [-]**		**I [mm/h]**
20 anos	Covilhã	270,74	-0,545	4,38	13,00
100 anos	Covilhã	356,92	-0,562		15,59

Determinação do caudal de ponta de cheia (Q_p)

Obteve-se os seguintes valores de caudal de ponta de cheias pela fórmula racional:

Quadro 36 – Valores do caudal de ponta de cheia pela fórmula Racional

		Q_p [m^3/s]	
		Bacia hidrográfica do Zêzere	Bacia hidrográfica das Inguias
Período de retorno [anos]	20 anos	598,65	394,93
	100 anos	736,74	473,61

3.2.2.5.12. Fórmula SCS, dos E.U.A.

As orientações estratégicas de âmbito Nacional e Regional (Portaria n.º 336/2019, de 26 de setembro, alterada pela Portaria n.º264/2020, de 13 de novembro) aconselham a utilização do método de cálculo do caudal de ponta de cheia do *Soil Conservation Service* (SCS), para bacias hidrográficas com áreas compreendidas entre 10 km^2 e 600 Km^2, ambas as bacias hidrográficas estão compreendidas nestes valores: Bacia do Zêzere 320,708 km^2 e Ribeira das Inguias 218,729 km^2.

A formulação proposta pelo Soil Conservation Service, dos E.U.A., traduz-se pela expressão:

$$Q_p = \frac{0{,}2777\ K\ A\ h_u}{t_p}$$

em que:

k' - é um factor de ponta, que para bacias medianamente declivosas pode tomar o valor 0,75;

A - é a área da bacia, em km^2 ,

h_u - valor da altura útil de precipitação, em mm;

t_p - o tempo de crescimento, em horas.

Para o cálculo dos caudais torna-se necessário determinar a altura útil de precipitação (h_u), a partir da precipitação total (produto do tempo de concentração pela intensidade de precipitação). Para uma dada precipitação total, h, a altura útil é dada por:

$$h_u = \frac{(h-h_o)^2}{h+4h_o}$$

Em que:

h – altura de precipitação total, em mm;

h_u – altura da precipitação útil, em mm;

h_o – perdas iniciais da chuvada, em mm;

sendo que, h_o é dado pela expressão :

$$h_o = \frac{5080}{N} - 50{,}8$$

N – número de escoamento adimensional, acordo com a região em que está a bacia, toma o valor de 85 para a bacia hidrográfica do Zêzere e 82 para a bacia hidrográfica dasInguias, valores que corresponde a condições médias de humedecimento do solo corrigidos para AMCI e para AMCIII em função dos valores de escoamento para AMCII.

O tempo de crescimento até à ponta (t_p) é dado por:

$$t_p = \frac{1}{2} t_r + 0{,}6\ t_c$$

Em que:

t_r – tempo de duração de precipitação útil, em horas;

t_c – tempo de concentração da bacia, em horas.

O tempo de duração de precipitação útil (t_r) é calculado pela subtração da duração total do tempo que decorre até choverem as perdas iniciais

$$t_r = t_c - \frac{h_o}{i}$$

Os Quadro 37 e Quadro 38 apresentam os valores obtidos para as duas bacias hidrográficas em estudo.

Quadro 37 – Valores do caudal de ponta de cheia pela fórmula SCS, para bacia hidrográfica do Zêzere

Período de retorno	Posto udográfico	constantes		t_c	i	h	h_o	h_u	t_r	t_p	Q
		a	b	[h]	[mm/h]	[mm]	[mm]	[mm]	[h]	[h]	[m³/s]
20	Penhas Douradas	524,9	-0,638	5,21	13,44	70,00	8,96	35,19	4,54	5,40	435,53
100	Penhas Douradas	804,03	-0,676		16,54	86,20	8,96	48,87	4,67	5,46	597,85

Quadro 38 – Valores do caudal de ponta de cheia pela fórmula SCS, para a bacia hidrográfica das Inguias

Período de retorno	Posto udográfico	constantes		t_c	i	h	h_o	h_u	t_r	t_p	Q
		a	b	[h]	[mm/h]	[mm]	[mm]	[mm]	[h]	[h]	[m³/s]
20	Covilhã	270,74	-0,545	4,38	13,00	56,93	11,15	20,64	3,52	4,39	214,22
100	Covilhã	356,92	-0,562		15,59	68,27	11,15	28,90	3,66	4,46	295,20

3.2.2.5.13. Modelo do hidrograma do SCS

As determinações dos caudais de ponta de cheia com recurso a hidrogramas de cheia obtêm-se por aplicação do modelo do hidrograma unitário, com recurso a precipitações intensas com intensidade não uniforme. O hidrograma unitário com duração D, corresponde ao hidrograma do escoamento direto provocado numa secção de um curso de água por uma precipitação efetiva, considerada unitária, com intensidade constante no tempo e aproximadamente uniforme sobre toda a bacia hidrográfica e com duração D.

A descrição da não uniformidade das precipitações ao longo das respetivas durações aplica-se unicamente os modelos baseados em curvas intensidade-duração-frequência (IDF). A obtenção de hidrogramas de cheia foi efetuada mediante a aplicação do hidrograma unitário sintético do Soil Conservation Service (SCS), com recurso modelo hidrológico do HEC-HMS 4.4.1 que simula os processos de transformação de precipitação em escoamento. Os dados geométricos foram criados em ambiente SIG e exportados para o modelo HEC-HMS através da ferramenta HEC-GeoHMS. Com os valores de precipitação introduzidos como dados de entrada, o modelo deduz as perdas, determina o excesso de precipitação através de hidrogramas unitários sintéticos, dando origem a um hidrograma de cheia.

D.1. Dados de entrada

O primeiro passo consiste na recolha de informação necessária ao estudo, nomeadamente os ficheiros geométricos que foram utilizados como base para a construção dos modelos digitais do terreno.

O processo de construção do Modelo Digital do Terreno (MDT) foi moroso, dado o elevado número de cartas que compõem as bacias hidrográficas, de modo agilizar o processo foi solicitado aos Municípios, cuja área de influência tem contribuição nas respetivas bacias hidrografias em estudo, a cedência da cartografia vetorial, nomeadamente curvas de nível, pontos cotados e rede hidrográfica, à escala 1:25000 (Quadro 39). Contudo, nem todos os Municípios foram recetivos, uns por ausência dos recursos solicitados, outros simplesmente não responderam. Pelo que, se optou pela digitalização em formato vetorial a partir da carta militar em formato *raster.*

Quadro 39 – Dados de Base, para construção dos modelos digitais de Terreno

MDT	Dados de Base	Dados utilizados	Resolução espacial do MDT
Bacia Hidrográfica do Zêzere	Cartas militares nº 203, 212, 213, 214, 224, 225	Curvas de nível Pontos Cotados Rede hidrográfica	10 metros
Bacia Hidrográfica das Inguias	Cartas militares nº 214, 215, 225, 226, 235, 236		

D.2. Previa delimitação da bacia hidrográfica

Previamente, delimitou-se as bacias hidrográficas em estudo, com recurso ao ArcMap, sobre as cartas militares em formato *raster*, extrapolando a área de influência de modo a salvaguardar que a digitalização incluía todas as áreas das bacias hidrográficas em estudo.

D.3. Rede de Triângulo Irregulares (TIN) e Modelo Digital de Terreno (MDT)

Para obtenção de um bom resultado de modelagem aplicou-se a rede de triângulos irregulares (TIN), criado a partir de curvas de nível e pontos cotados. Realizou-se esta tarefa a partir do ArcMap, pelo comando *3Danalyst – Create TIN from features* (Figura 88 e Figura 89). O modelo digital de terreno (MDT) (Figura 90, Figura 91), é a representação da superfície terrestre em formato *raster.* Sendo que os modelos *raster* são mais adequados para variáveis com distribuições mais suaves, no caso de superfície topográfica, que pode surgir fortes descontinuidades ou elementos antrópicos de desenho linear.

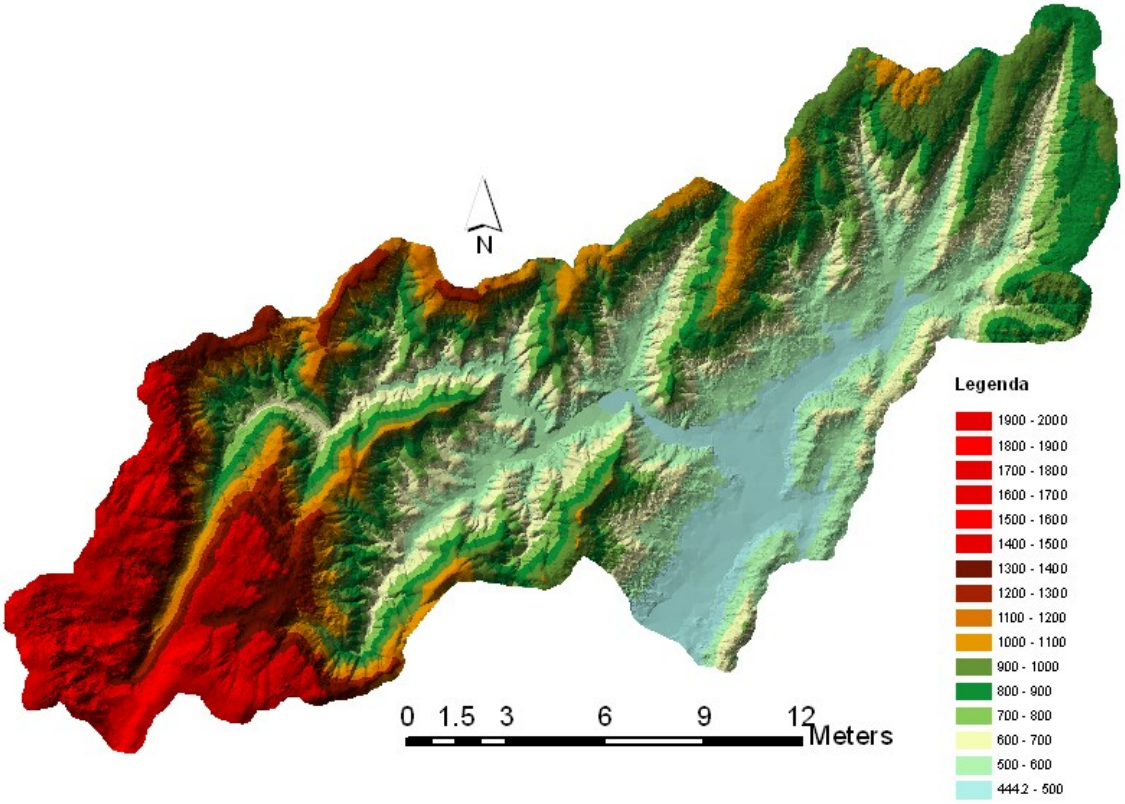


Figura 88 – TIN da BaciaHidrográfica do Zêzere

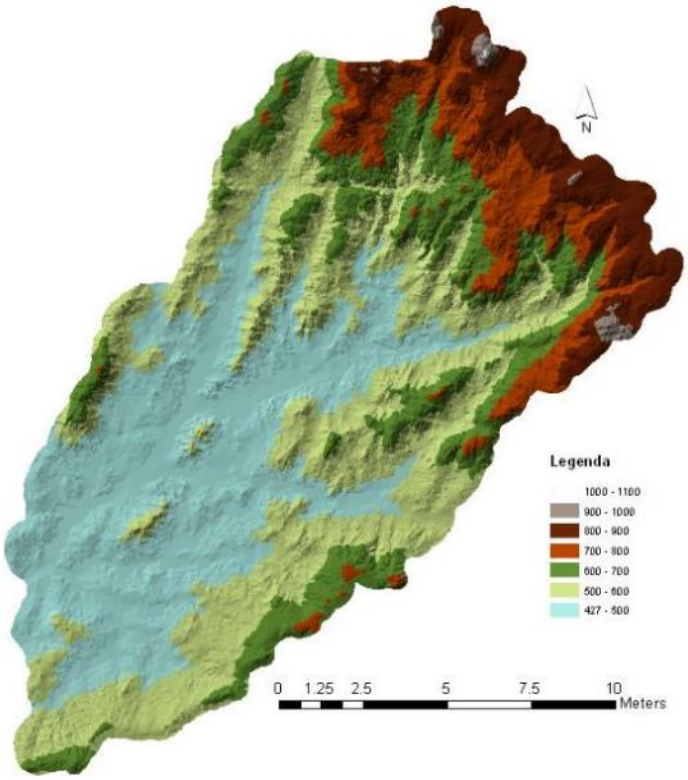


Figura 89 – TIN da Bacia Hidrográfica dasInguias

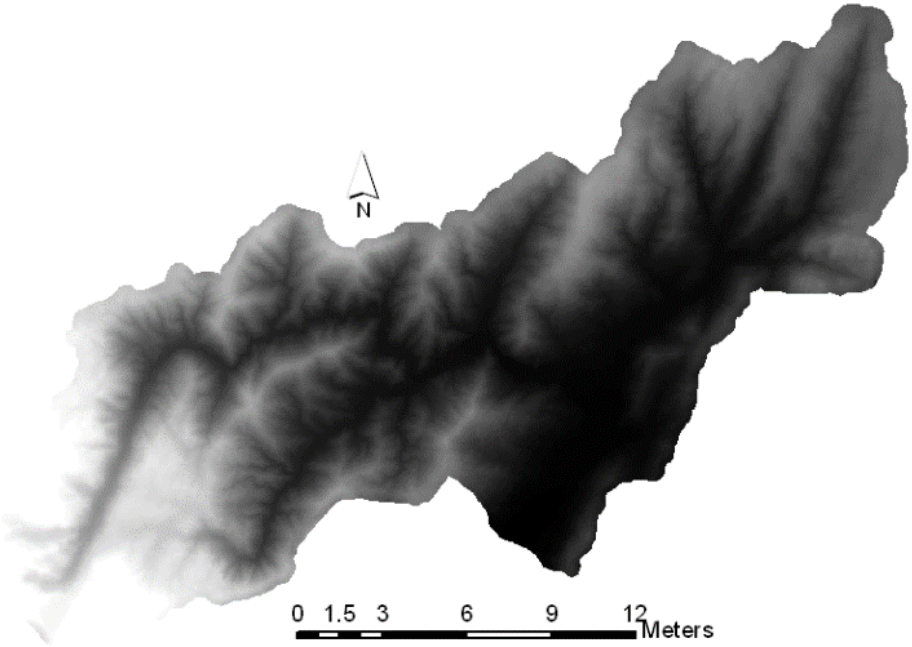


Figura 90 – MDT da Bacia Hidrográfica do Zêzere

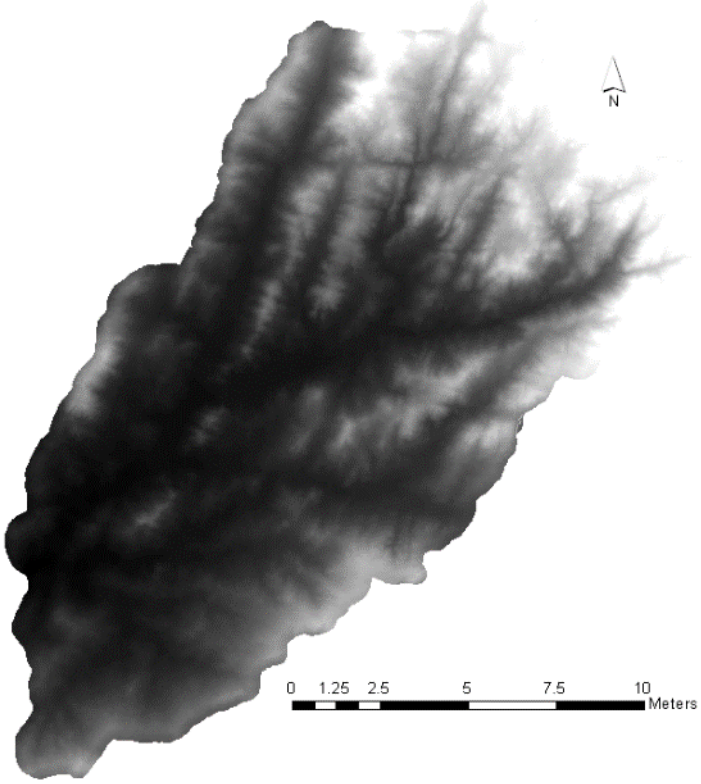


Figura 91 – MDT da Bacia Hidrográfica das Inguias

D.4. Modelo da bacia hidrográfica ArcHydro

O ArcTools do ArcMap possibilita através do modelo digital de terreno (MDT) rapidamente criar o sistema de drenagem e a delimitação das bacias hidrográficas do Rio Zêzere e Ribeira das Inguias, nas respetivas secções de referência, para posterior entrada dessa informação no Modelo Hidrológico HEC-HMS 4.4.1.

O primeiro passo consiste em adicionar a rede hidrográfica no modelo digital do terreno, para tal, utilizou-se a ferramenta *Dem Reconditioning*, afundando as células por onde a rede hidrográfica flui, sendo utilizado o valor de um metro no tamanho das células (Figura 92 e Figura 93).

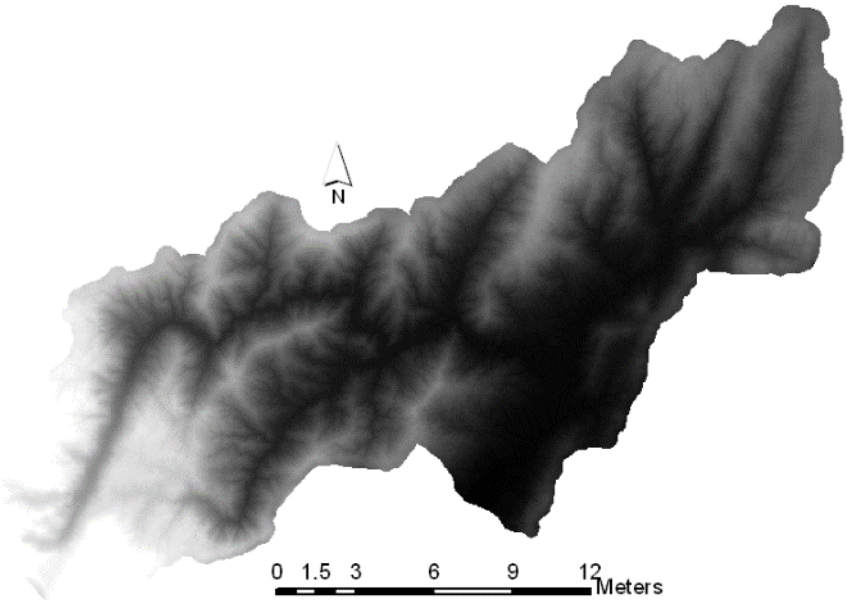


Figura 92 – DEM da Bacia hidrográfica do Zêzere

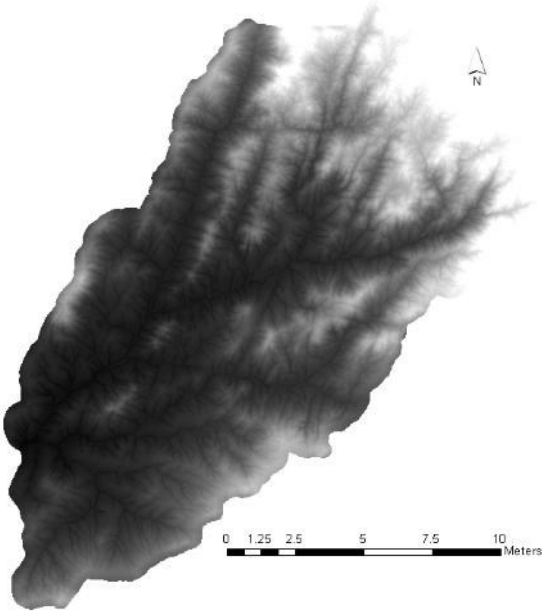


Figura 93 – DEM da Bacia Hidrográfica das Inguias

Com o MDT acriado, utilizam-se uma série de ferramentas sequenciais que visam a criação da rede hidrográfica e delimitação da bacia.

A rede de drenagem é obtida por várias operações do menu *Terrain Processing*, sendo:

- *Fill Sinks* – remove grandes depressões existentes no MDT, elevando as células deprimidas para a cota aproximada das células vizinhas, ou seja, evita linhas ou pontos sem escoamento;
- *Flow Direction* – cria um tema com a direção do escoamento para cada célula do terreno tendo em conta que as partículas que se encontram numa dada célula podem tomar oito direções de escoamento;
- *Flow Accumulation* – determina o número de células, localizadas a montante que drenam para determinada célula;
- *Stream Definition* – Utiliza o tema *Flow Accumulation* e cria um tema com a característica das células de acordo com o princípio de acumulação de escoamento fazem parte integrante da rede de drenagem;
- *Stream Segmentation* – Cria um tema *raster* onde são divididos os segmentos onde existe uma confluência com um novo segmento.

Após a rede de drenagem, ainda dentro do menu *Terrain Processing* procede-se à delimitação das bacias hidrográficas, pelas operações:

- *Catchement Grid Delineation* – Esta ferramenta cria sub-bacias para cada segmento, com base na segmentação anterior;
- *Drainage Line Processing* – converte o tema *Stream Segmentation* para um tema vetorial, com informação de conectividade entre os segmentos;
- *Catchemento Polygon Processing* – faz a conversão para um modelo vetorial das sub-bacias criadas com a ferramenta *Catchement Grid Delineation*;
- *Adjoint Catchment Agregation* – utiliza os temas vetoriais das sub-bacias hidrográficas e de rede hidrográfica e faz a união de todas as sub-bacias com os mesmos tributários;

O processo é rápido e fácil de gerar bacias, contudo, há necessidade de fazer correções na bacia hidrográfica gerada pelo programa, dado que a parte terminal da bacia hidrográfica não é gerada corretamente (Figura 94 e Figura 95).

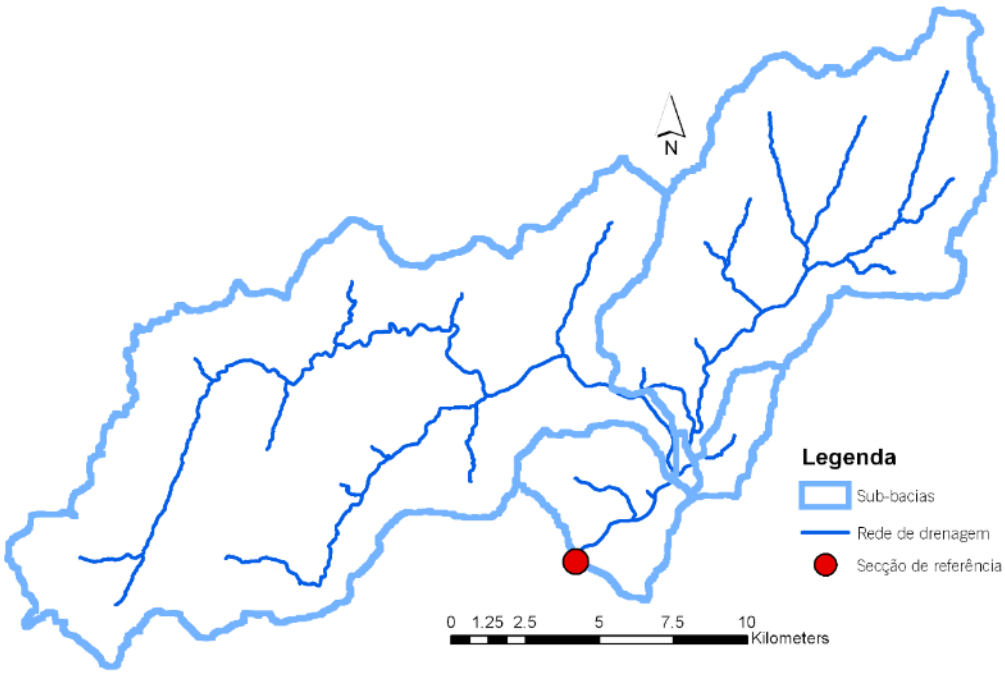


Figura 94 – Rede de drenagem e sub-bacias da bacia hidrográfica do Zêzere

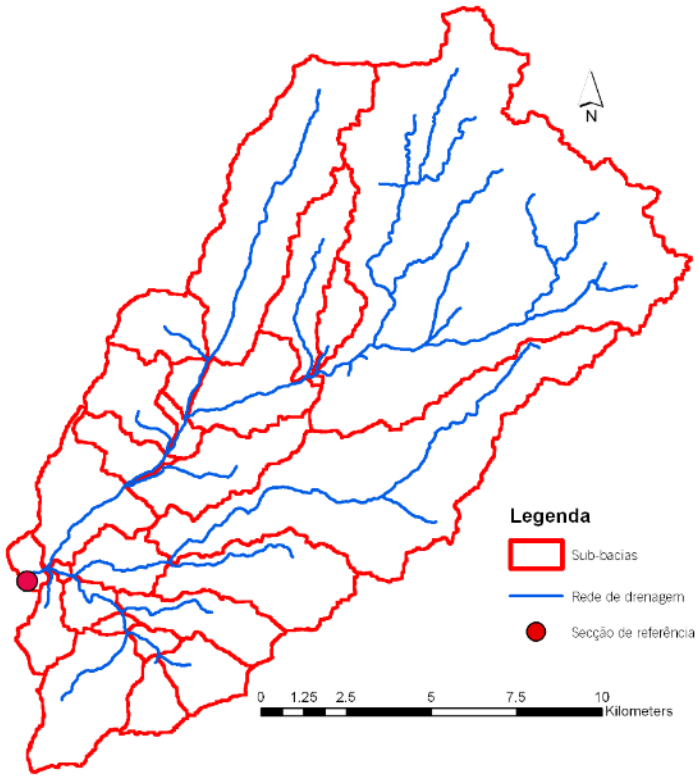


Figura 95 – Rede de drenagem e sub-bacias da bacia hidrográfica das Inguias

Para efeitos de cálculo considerou-se cinco sub-bacias para a bacia hidrográfica do Zêzere e vinte e sete sub-bacias para a bacia hidrográfica das Inguias.

Após a execução das operações do menu *Terrain Preprocessing*, é necessário proceder extração de toda a informação espacial de modo a importá-la para o *software* HEC-HMS 4.4.1.

No menu Project Setup, da extensão HEC-GeoHMS, cria-se um novo projeto e uma nova diretoria (*Start New Project*), onde será identificada a secção de referência de saída com base nos ficheiros com os dados espaciais (obtidos no *Arc Hydro Tools*). São criadas automaticamente duas *shapes: "river"* e *"subbasin",* que correspondem à rede hidrográfica principal e sub-bacias associadas que drenam para a secção em estudo, resultando a delimitação das bacias hidrográficas respetivas.

D.5. Modelo Hidrológico – HEC-HMS

O modelo HEC-HMS 4.4.1 é constituído por três componentes, a saber:

- O modelo de bacia que contém os elementos hidrológicos da bacia e os parâmetros do escoamento;
- O modelo meteorológico que contém os dados da precipitação e da evapotranspiração;
- As especificações de controlo que caracteriza o instante inicial, o instante final e o intervalo de tempo da simulação.

a) Modelo de bacia

Esta componente do modelo constitui a representação das características das bacias hidrográficas em estudo, relevantes para a análise das relações precipitação-escoamento.

O modelo da bacia hidrográfica é usado para representar a parte física da bacia. Pelo que é necessário desenvolver um modelo de hidrologia da bacia adicionando elementos hidrológicos aplicáveis a modelos matemáticos que descreva os processos físicos das bacias. Para a construção dos modelos das bacias hidrográficas do Rio Zêzere e Ribeira das Inguias foram considerados os elementos hidrológicos:

Quadro 40 – Descrição dos elementos hidrográficos aplicados no estudo

Elementos hidrológicos	Representação	Descrição
Sub-bacias		Utilizado para representar fisicamente um segmento da bacia hidrográfica. Dado um valor de precipitação total, é calculado o escoamento na secção de jusante do segmento de bacia hidrográfica, por transformação do excesso de precipitação (igual à precipitação total subtraída das perdas da precipitação) e adicionando o escoamento o escoamento base.
Confluência		Utilizado para combinar os escoamentos dos elementos hidrológicos localizados a montante da confluência. O escoamento que entra no elemento de confluência pode resultar de um ou mais elementos do tipo sub-bacia ou canal, e o escoamento que sai resulta da combinação de todos os escoamentos que entram.
Saída (secção de referência)		Utilizado para representar a saída da bacia hidrográfica. O escoamento de entrada pode vir de um ou mais elementos. Não há escoamento nulo

A Figura 96 e a Figura 97 representam esquematicamente os elementos hidrológicos aplicados às duas bacias hidrográficas em estudo.

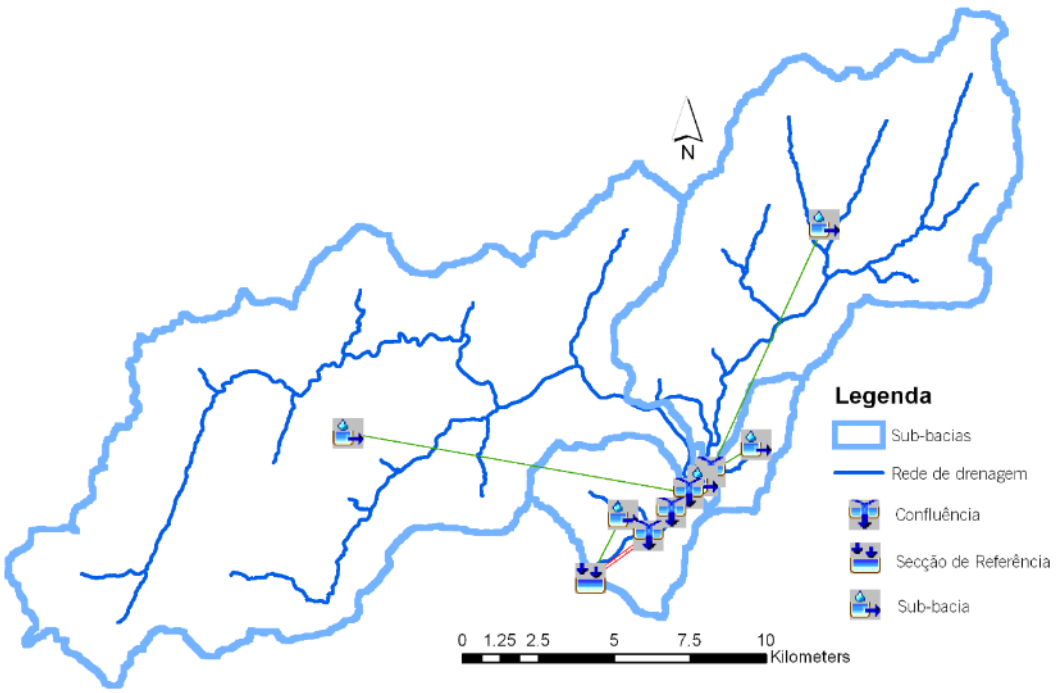


Figura 96 – Representação da informação exportada para o *software* HEC-HMS 4.4.1, da bacia hidrográfica do Zêzere

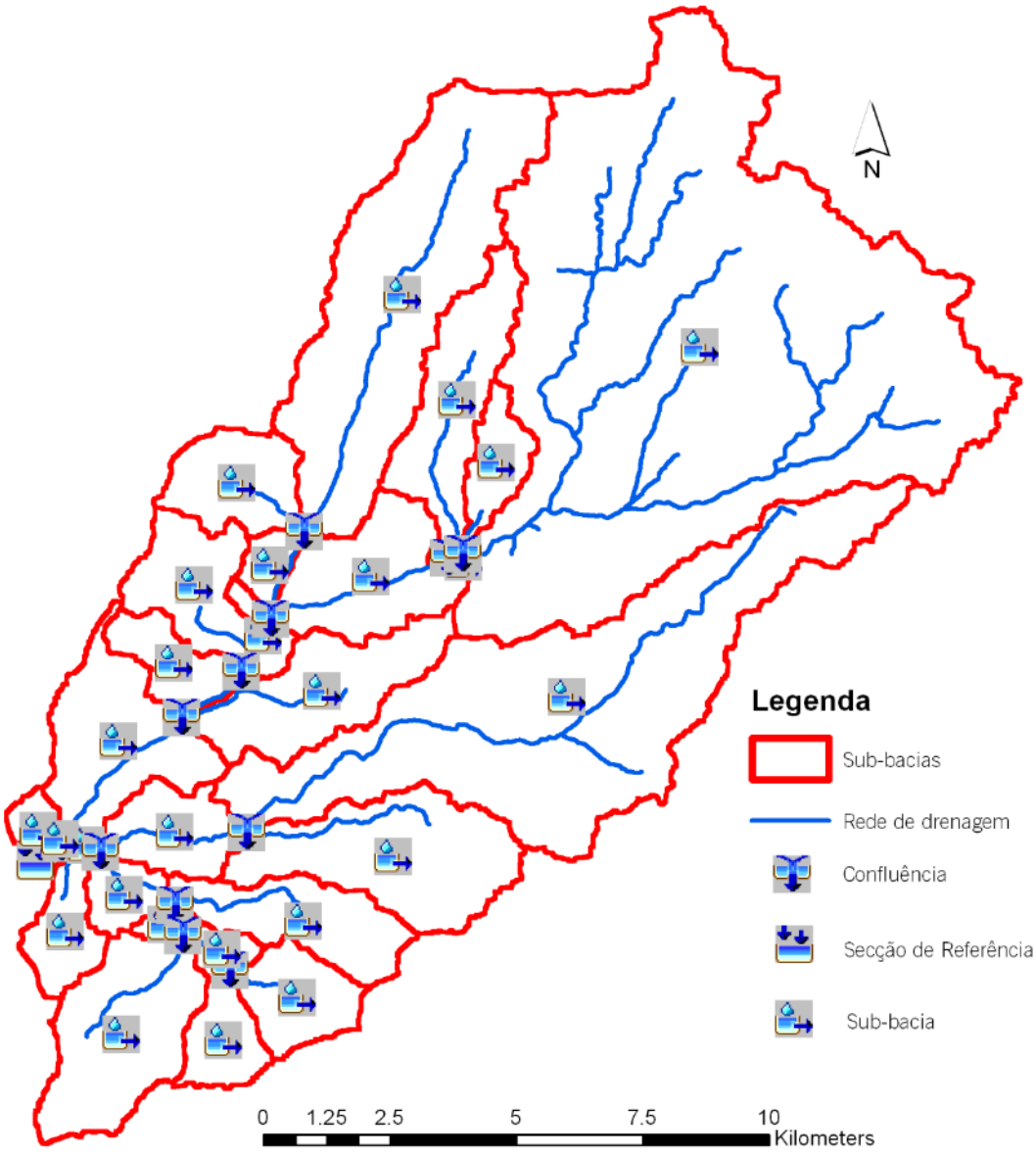


Figura 97 – Representação da informação exportada para o *software* HEC-HMS 4.4.1, da bacia hidrográfica das Inguias.

Na construção dos modelos de bacias existem quatro campos: o *Subbasin*, o *Loss*, o *Transform* e o *Options,* os quais carecem de informação, designadamente:

- Área das bacias;
- Métodos de cálculo:

    i) Método de perdas de Precipitação - Método que quantifica as perdas por infiltração na bacia hidrográfica (SCS *Curve Number*, em *Loss Method*);

O modelo de perdas de precipitação que engloba como parâmetros o número de escoamento (CN), as perdas iniciais (I_a) e a percentagem de área impermeável. Este modelo assume um evento de precipitação como um todo, onde o excesso de precipitação (P_e), ou escoamento direto é sempre menor ou igual à precipitação total (P). Além disso, depois de se iniciar o escoamento superficial, a altura de água que fica retida na bacia (F_a) é menor ou igual ao potencial máximo de retenção de água na bacia (S). Considera-se ainda uma certa quantidade de precipitação para a qual não ocorre escoamento de superfície, de modo que o escoamento potencial é igual a P-I_a (Chow et al., 1998). Assim a hipótese assumida por este modelo é que a razão entre as quantidades de precipitação e de escoamento é igual:

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a}$$

em que:

P_e - Excesso de precipitação;

P - Precipitação total;

F_a - Perdas contínuas;

I_a - Perdas iniciais;

S - Retenção potencial máxima.

Com base em vários estudos o SCS propôs a relação empírica para as perdas iniciais e retenção potencial máxima (Chow et al., 1988):

$$I_a = 0{,}2S \qquad \text{e} \qquad S = \frac{25400}{CN} - 254$$

em que:

CN - Número de escoamento da bacia hidrográfica. Com base nesta relação o excesso de precipitação, ou seja, o escoamento de superfície é então determinado pela seguinte equação:

$$P_e = \frac{(\mathrm{P}\text{-}I_a)^2}{P - I_a + S}$$

A metodologia do *Soil Conservation Service (SCS*), para a determinação do escoamento, baseia-se fundamentalmente no número de escoamento (CN). Esta variável é estimada tendo em conta a combinação do tipo hidrológico do solo, da sua utilização e das condições de superfície no que diz respeito ao potencial para originar escoamento superficial.

Uma vez que o CN é função do tipo e uso do solo, torna-se indispensável identificar essas variáveis para as bacias em estudo.

Os valores de CN encontram-se na carta de números de escoamento pelas condições antecedentes AMCII, disponível em formato *raster* no Atlas da Água (Figura 98). A partir da sobreposição de respetivas sub-bacias com secções de referência.

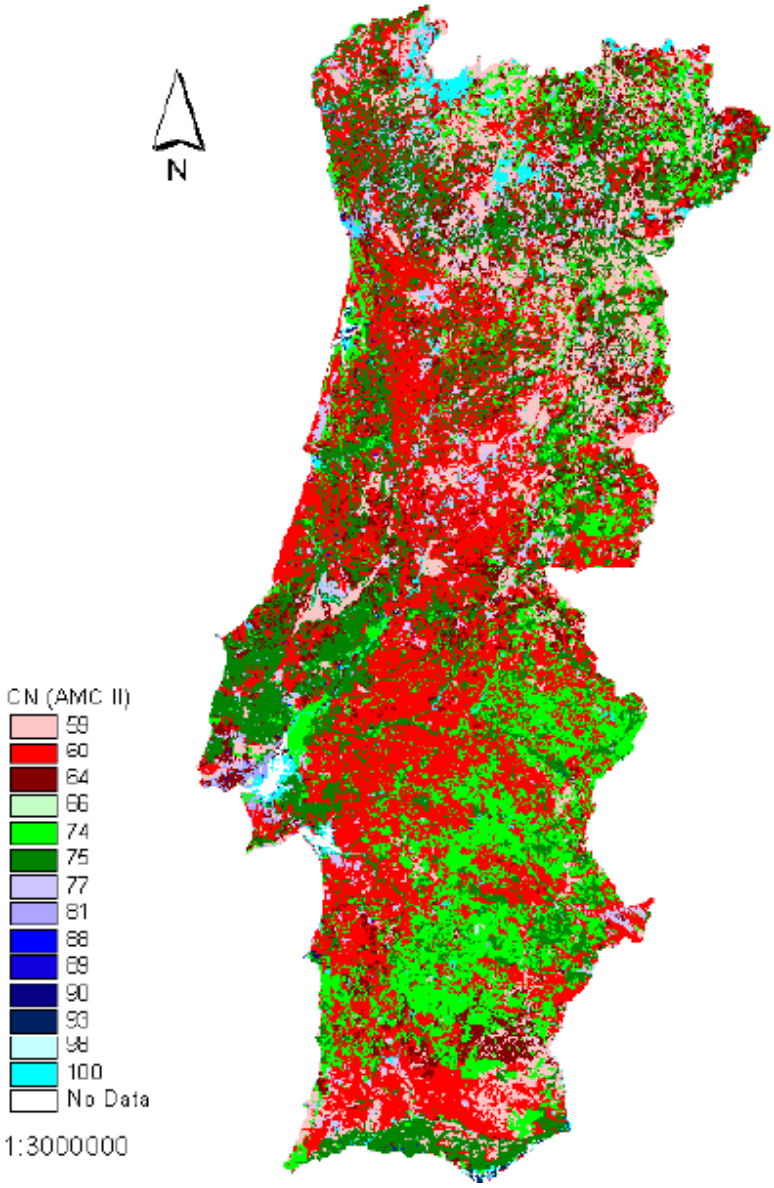


Figura 98 – Carta de número de Escoamento de Portugal Continental
Fonte: Atlas da Água - geo.snirh.pt/AtlasAgua

ii) Método de transformação de precipitação em escoamento - Método que calcula o escoamento superficial na bacia hidrográfica (*SCS Unit hydrograph,* em *Transform Method*).

Para a transformação de precipitação em escoamento o método aplicado foi novamente o do SCS, concretamente o modelo do hidrograma unitário (SCS), que utiliza uma representação discreta do excesso de precipitação e determina o hidrograma de cheia com base no tempo de

resposta da bacia (T_{lag}), em função do tempo de concentração. As Figura 99 e Figura 100 apresentam o ambiente gráfico do *software* HEC-HMS para as duas bacias em estudo.

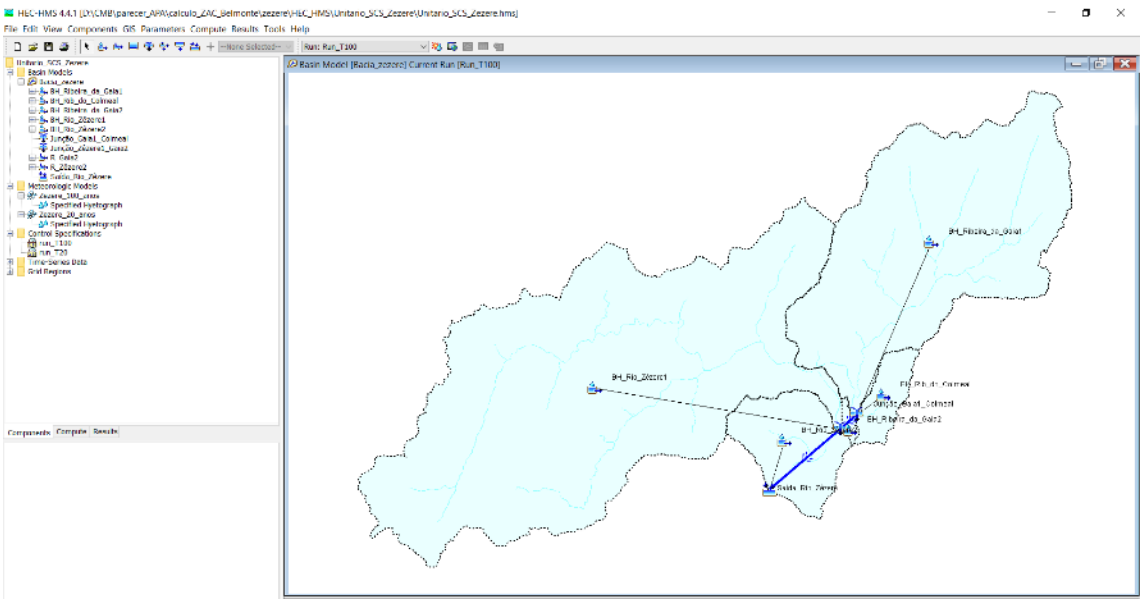


Figura 99 – Ambiente do *software* HEC 4.4.1, no campo modelo da bacia, para a bacia hidrográfica da hidrográfica do Zêzere

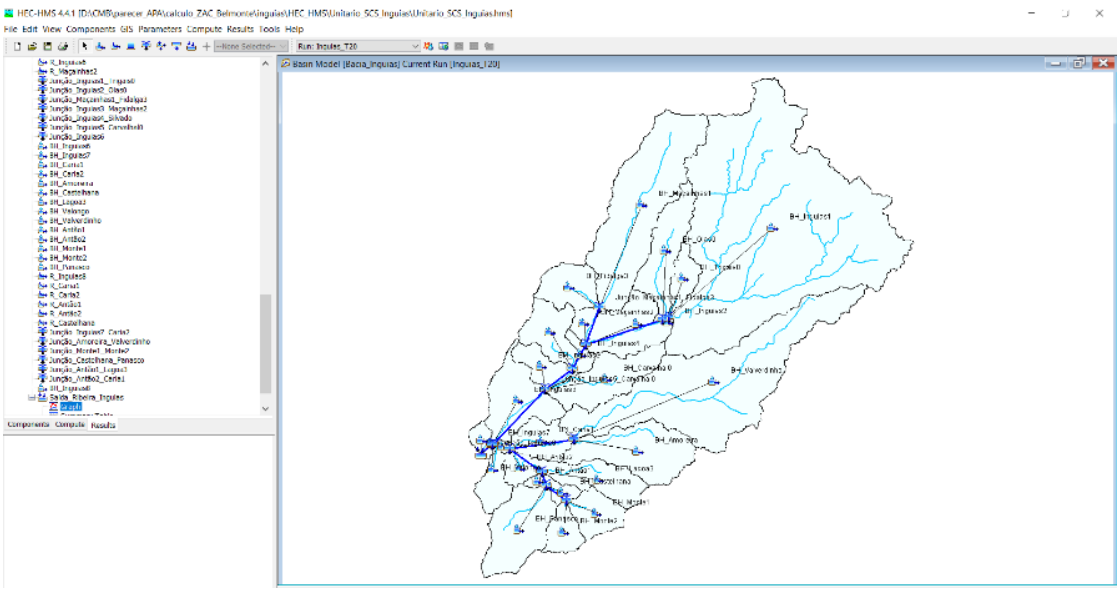


Figura 100 – Ambiente do *software* HEC 4.4.1, no campo modelo da bacia, para a bacia hidrográfica da hidrográfica do Zêzere

b) Modelo Meteorológico

O modelo meteorológico é uma das componentes fundamentais para a simulação de qualquer fenómeno hidrológico. No HEC-HMS são consideradas três componentes: precipitação, evaporação e degelo.

Não foi considerado a fusão de neve nem o degelo dado que as orientações estratégicas de âmbito nacional e regional referem que não são integradas na tipologia da REN. A evapotranspiração também foi desprezada, uma vez que não existem contribuições significativas deste fenómeno devido ao curto intervalo de tempo em que as cheias ocorrem.

Desta forma, o único fenómeno meteorológico considerado é a precipitação. É adotado como método de precipitação o hietograma específico, para os períodos de retorno de 20 e 100 anos.

Para a construção dos hietograma aplicaram-se as expressões de IDF (intensidade-duração-frequência) propostas orientações estratégicas de âmbito nacional e regional, para os períodos de retorno de 20 e 100 anos da estação udográfica da Covilhã para a bacia hidrográfica das Inguias (por uma questão de proximidade) e a estação udométrica das Penhas Douradas para a bacia hidrográfica do Zêzere, para os períodos de retorno de 20 e 100 anos.

Para criação do modelo meteorológico é necessário preencher o campo *Meteorologic Model* e o campo *Basins*, através da operação *Meteorologic Model Manager* do Menu *Components.*

No campo *Meteorology Model*, seleciona-se o método *Specified Hyetograph* na opção *Precipitation* para caracterização da chuvada e seleciona-se o sistema de unidades métrico na opção *Unit System*. No campo Basins inclui no estudo todas as sub-bacias componentes das bacias hidrográficas relativas à secção de referências respetivas.

No Quadro 41 apresentam-se as constantes da curva Intensidade-Duração-Frequência para um período de 20 e 100 anos. Para o tratamento de dados, as curvas IDF são discretizadas e introduzidas na opção *Precipitation* pares de valores de duração da precipitação e correspondente intensidade de precipitação.

Quadro 41 – Curvas de Intensidade-Duração-Frequência (IDF) aplicadas nas bacias hidrográficas em estudo

Bacia hidrográfica	Posto udográfico	Período de retorno	30 mn às 6 h	6h às 48 h
Zêzere	Penhas Douradas	20 anos	$270.74\ t^{-0.545}$	$270.74\ t^{-0.545}$
		100 anos	$270.74\ t^{-0.545}$	$270.74\ t^{-0.545}$

Para o hietograma unitário adimensional considera-se o tempo de duração da precipitação igual a 30 minutos (opção *Time interval*).

c) Especificações de controlo

Estabelece-se o intervalo de tempo em que se pretende realizar a simulação, define-se a data de início e a data de fim da simulação. O programa não impõe limitações quanto ao intervalo de tempo a ser definido.

d) Simulação

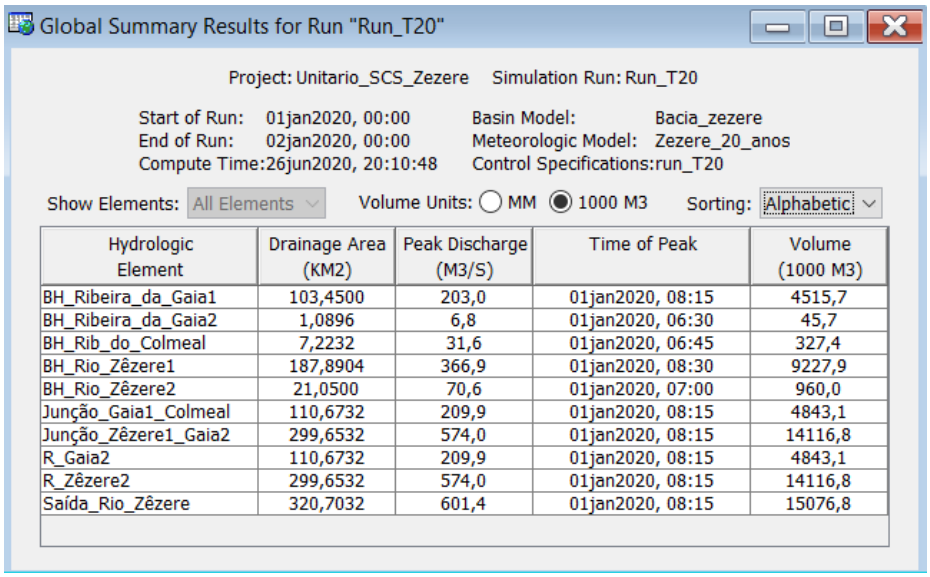
Os resultados das simulações no modelo hidrológico HEC-HMS encontram-se no Quadro 42, para a secção de referência das respetivas bacias hidrográficas. Foi feita a simulação para eventos de precipitação com duração de 24 horas, de modo a garantir que a totalidade da área da bacia hidrográfica contribuía para o escoamento e assim obter valores de caudais para possíveis cenários de cheia. Nas figuras seguintes apresentam-se os hidrogramas de cheias resultantes da simulação efetuada, na secção de referência das bacias analisadas para os períodos de retorno de 100 anos.

Quadro 42 – Valores obtidos na simulação com base no modelo do hidrograma unitário SCS

	Período de retorno T= 20 anos [m³/s]	**Período de retorno T= 100 anos [m³/s]**
Bacia hidrográfica do Zêzere	601,4	708,5
Bacia Hidrográfica das Inguias	366,9	430,9

Da Figura 101 a

Figura 108 apresentam os resultados obtidos para as duas bacias hidrográficas, para os períodos de retorno de 20 e 100 anos, pelo modelo do Hidrograma Unitários do SCS.



Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
BH_Ribeira_da_Gaia1	103,4500	203,0	01jan2020, 08:15	4515,7
BH_Ribeira_da_Gaia2	1,0896	6,8	01jan2020, 06:30	45,7
BH_Rib_do_Colmeal	7,2232	31,6	01jan2020, 06:45	327,4
BH_Rio_Zêzere1	187,8904	366,9	01jan2020, 08:30	9227,9
BH_Rio_Zêzere2	21,0500	70,6	01jan2020, 07:00	960,0
Junção_Gaia1_Colmeal	110,6732	209,9	01jan2020, 08:15	4843,1
Junção_Zêzere1_Gaia2	299,6532	574,0	01jan2020, 08:15	14116,8
R_Gaia2	110,6732	209,9	01jan2020, 08:15	4843,1
R_Zêzere2	299,6532	574,0	01jan2020, 08:15	14116,8
Saída_Rio_Zêzere	320,7032	601,4	01jan2020, 08:15	15076,8

Figura 101 – Valores obtidos nas sub-bacias da B.H. do Zêzere, para o período de retorno de 20 anos

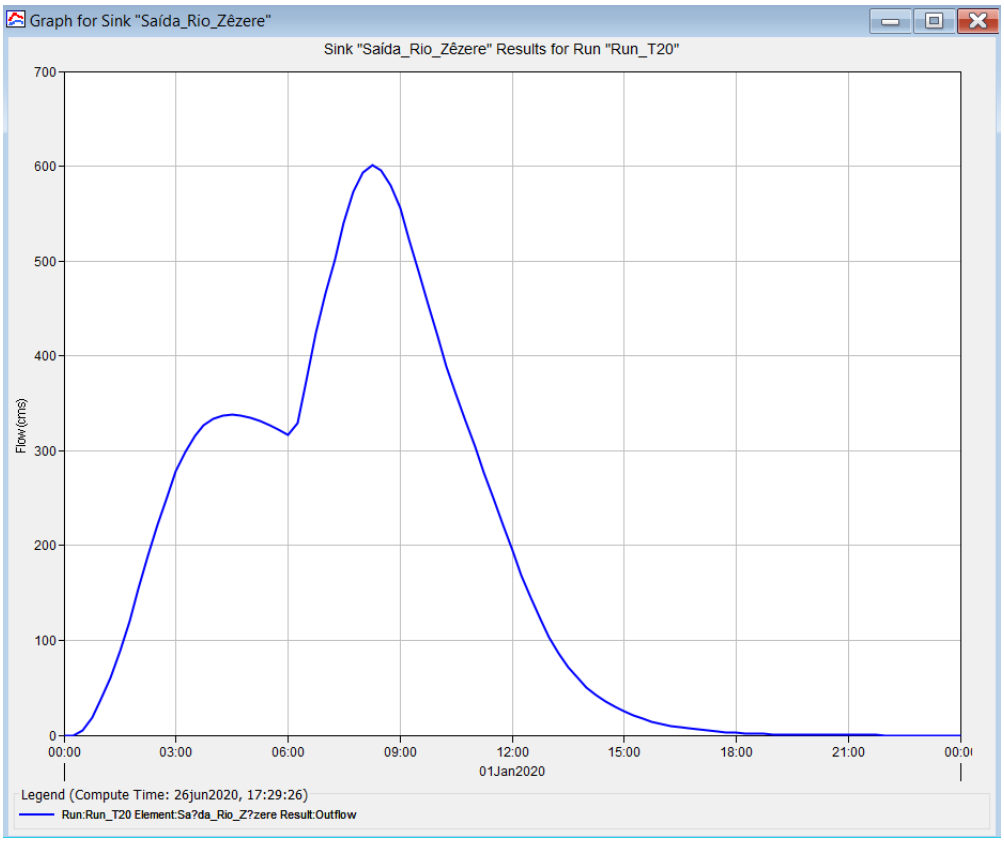


Figura 102 – Hidrograma de cheia, na secção de referência na B.H. do Zêzere, para o período de retorno de 20 anos

Global Summary Results for Run "Run_T100"

Project: Unitario_SCS_Zezere Simulation Run: Run_T100

Start of Run: 01jan2020, 00:00 Basin Model: Bacia_zezere
End of Run: 02jan2020, 00:00 Meteorologic Model: Zezere_100_anos
Compute Time: 26jun2020, 20:08:37 Control Specifications: run_T100

Show Elements: All Elements Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Alphabetic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
BH_Ribeira_da_Gaia1	103,45	237,8	01jan2020, 08:45	5254,0
BH_Ribeira_da_Gaia2	1,0896	7,3	01jan2020, 07:00	53,4
BH_Rib_do_Colmeal	7,2232	34,6	01jan2020, 07:15	379,9
BH_Rio_Zêzere1	187,8904	429,6	01jan2020, 09:15	10644,5
BH_Rio_Zêzere2	21,050	78,5	01jan2020, 07:30	1113,4
Junção_Gaia1_Colmeal	110,6732	248,1	01jan2020, 08:45	5633,9
Junção_Zêzere1_Gaia2	299,6532	675,0	01jan2020, 09:00	16331,7
R_Gaia2	110,6732	248,1	01jan2020, 08:45	5633,9
R_Zêzere2	299,6532	675,0	01jan2020, 09:00	16331,7
Saída_Rio_Zêzere	320,7032	708,5	01jan2020, 09:00	17445,1

Figura 103 – Valores obtidos nas sub-bacias da B.H. do Zêzere, para o período de retorno de 100 anos

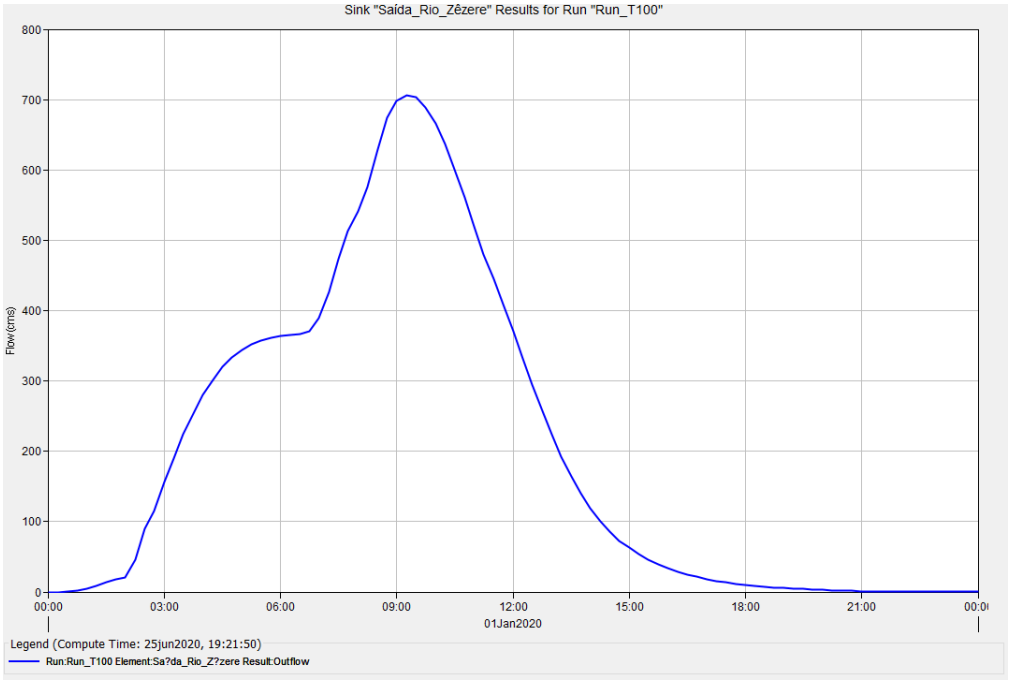
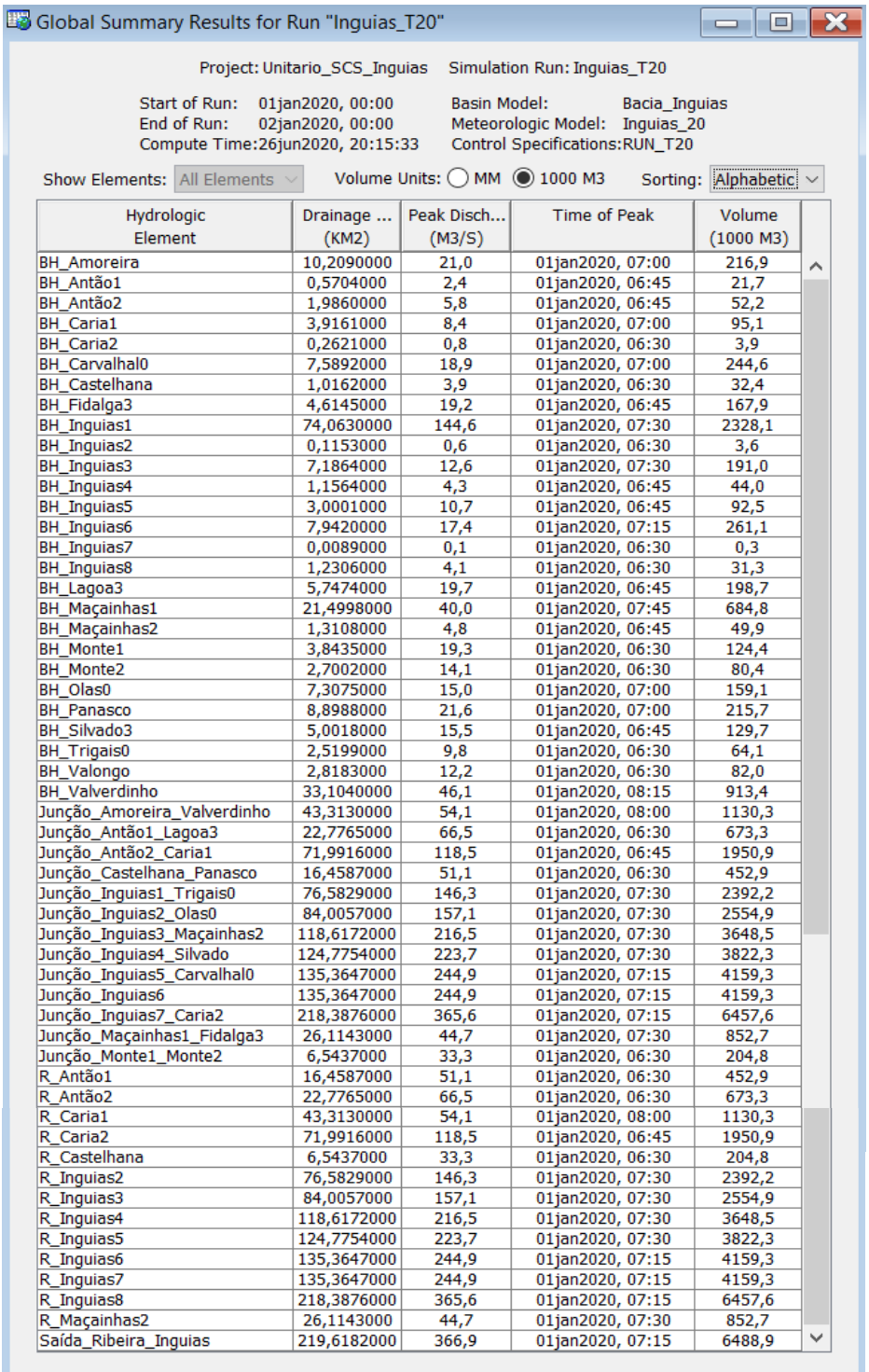


Figura 104 – Hidrograma de cheia, na secção de referência na B.H. do Zêzere, para o período de retorno de 100 anos



Global Summary Results for Run "Inguias_T20"

Project: Unitario_SCS_Inguias Simulation Run: Inguias_T20

Start of Run: 01jan2020, 00:00 Basin Model: Bacia_Inguias
End of Run: 02jan2020, 00:00 Meteorologic Model: Inguias_20
Compute Time: 26jun2020, 20:15:33 Control Specifications: RUN_T20

Show Elements: All Elements Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Alphabetic

Hydrologic Element	Drainage ... (KM2)	Peak Disch... (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
BH_Amoreira	10,2090000	21,0	01jan2020, 07:00	216,9
BH_Antão1	0,5704000	2,4	01jan2020, 06:45	21,7
BH_Antão2	1,9860000	5,8	01jan2020, 06:45	52,2
BH_Caria1	3,9161000	8,4	01jan2020, 07:00	95,1
BH_Caria2	0,2621000	0,8	01jan2020, 06:30	3,9
BH_Carvalhal0	7,5892000	18,9	01jan2020, 07:00	244,6
BH_Castelhana	1,0162000	3,9	01jan2020, 06:30	32,4
BH_Fidalga3	4,6145000	19,2	01jan2020, 06:45	167,9
BH_Inguias1	74,0630000	144,6	01jan2020, 07:30	2328,1
BH_Inguias2	0,1153000	0,6	01jan2020, 06:30	3,6
BH_Inguias3	7,1864000	12,6	01jan2020, 07:30	191,0
BH_Inguias4	1,1564000	4,3	01jan2020, 06:45	44,0
BH_Inguias5	3,0001000	10,7	01jan2020, 06:45	92,5
BH_Inguias6	7,9420000	17,4	01jan2020, 07:15	261,1
BH_Inguias7	0,0089000	0,1	01jan2020, 06:30	0,3
BH_Inguias8	1,2306000	4,1	01jan2020, 06:30	31,3
BH_Lagoa3	5,7474000	19,7	01jan2020, 06:45	198,7
BH_Maçainhas1	21,4998000	40,0	01jan2020, 07:45	684,8
BH_Maçainhas2	1,3108000	4,8	01jan2020, 06:45	49,9
BH_Monte1	3,8435000	19,3	01jan2020, 06:30	124,4
BH_Monte2	2,7002000	14,1	01jan2020, 06:30	80,4
BH_Olas0	7,3075000	15,0	01jan2020, 07:00	159,1
BH_Panasco	8,8988000	21,6	01jan2020, 07:00	215,7
BH_Silvado3	5,0018000	15,5	01jan2020, 06:45	129,7
BH_Trigais0	2,5199000	9,8	01jan2020, 06:30	64,1
BH_Valongo	2,8183000	12,2	01jan2020, 06:30	82,0
BH_Valverdinho	33,1040000	46,1	01jan2020, 08:15	913,4
Junção_Amoreira_Valverdinho	43,3130000	54,1	01jan2020, 08:00	1130,3
Junção_Antão1_Lagoa3	22,7765000	66,5	01jan2020, 06:30	673,3
Junção_Antão2_Caria1	71,9916000	118,5	01jan2020, 06:45	1950,9
Junção_Castelhana_Panasco	16,4587000	51,1	01jan2020, 06:30	452,9
Junção_Inguias1_Trigais0	76,5829000	146,3	01jan2020, 07:30	2392,2
Junção_Inguias2_Olas0	84,0057000	157,1	01jan2020, 07:30	2554,9
Junção_Inguias3_Maçainhas2	118,6172000	216,5	01jan2020, 07:30	3648,5
Junção_Inguias4_Silvado	124,7754000	223,7	01jan2020, 07:30	3822,3
Junção_Inguias5_Carvalhal0	135,3647000	244,9	01jan2020, 07:15	4159,3
Junção_Inguias6	135,3647000	244,9	01jan2020, 07:15	4159,3
Junção_Inguias7_Caria2	218,3876000	365,6	01jan2020, 07:15	6457,6
Junção_Maçainhas1_Fidalga3	26,1143000	44,7	01jan2020, 07:30	852,7
Junção_Monte1_Monte2	6,5437000	33,3	01jan2020, 06:30	204,8
R_Antão1	16,4587000	51,1	01jan2020, 06:30	452,9
R_Antão2	22,7765000	66,5	01jan2020, 06:30	673,3
R_Caria1	43,3130000	54,1	01jan2020, 08:00	1130,3
R_Caria2	71,9916000	118,5	01jan2020, 06:45	1950,9
R_Castelhana	6,5437000	33,3	01jan2020, 06:30	204,8
R_Inguias2	76,5829000	146,3	01jan2020, 07:30	2392,2
R_Inguias3	84,0057000	157,1	01jan2020, 07:30	2554,9
R_Inguias4	118,6172000	216,5	01jan2020, 07:30	3648,5
R_Inguias5	124,7754000	223,7	01jan2020, 07:30	3822,3
R_Inguias6	135,3647000	244,9	01jan2020, 07:15	4159,3
R_Inguias7	135,3647000	244,9	01jan2020, 07:15	4159,3
R_Inguias8	218,3876000	365,6	01jan2020, 07:15	6457,6
R_Maçainhas2	26,1143000	44,7	01jan2020, 07:30	852,7
Saída_Ribeira_Inguias	219,6182000	366,9	01jan2020, 07:15	6488,9

Figura 105 – Valores obtidos nas sub-bacias da B.H. das Inguias, para período de retorno de 20 anos

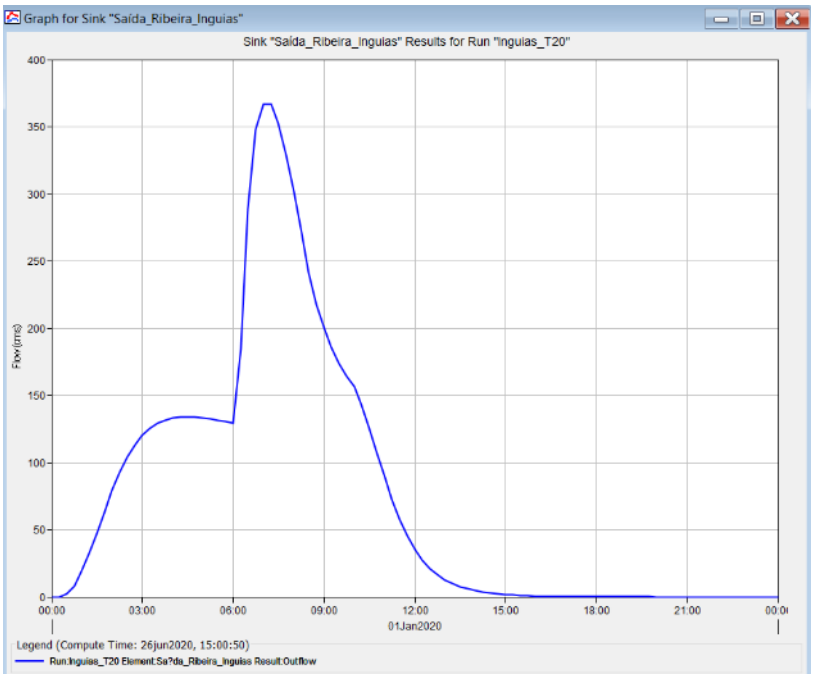
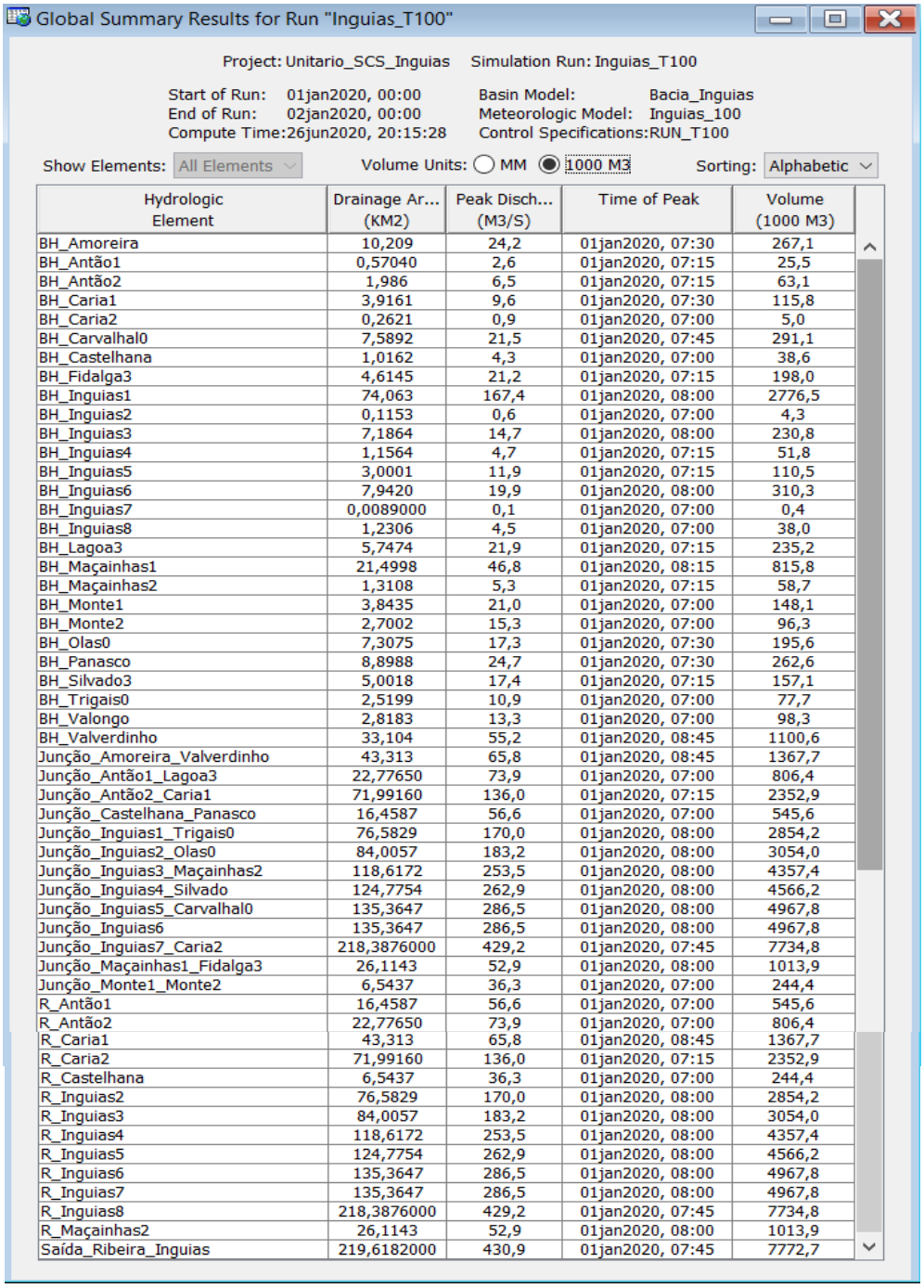


Figura 106 – Hidrograma de cheia, na secção de referência na B.H. das Inguias, para período de retorno de 20 anos



Global Summary Results for Run "Inguias_T100"

Project: Unitario_SCS_Inguias Simulation Run: Inguias_T100

Start of Run: 01jan2020, 00:00 Basin Model: Bacia_Inguias
End of Run: 02jan2020, 00:00 Meteorologic Model: Inguias_100
Compute Time: 26jun2020, 20:15:28 Control Specifications: RUN_T100

Show Elements: All Elements Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Alphabetic

Hydrologic Element	Drainage Ar... (KM2)	Peak Disch... (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
BH_Amoreira	10,209	24,2	01jan2020, 07:30	267,1
BH_Antão1	0,57040	2,6	01jan2020, 07:15	25,5
BH_Antão2	1,986	6,5	01jan2020, 07:15	63,1
BH_Caria1	3,9161	9,6	01jan2020, 07:30	115,8
BH_Caria2	0,2621	0,9	01jan2020, 07:00	5,0
BH_Carvalhal0	7,5892	21,5	01jan2020, 07:45	291,1
BH_Castelhana	1,0162	4,3	01jan2020, 07:00	38,6
BH_Fidalga3	4,6145	21,2	01jan2020, 07:15	198,0
BH_Inguias1	74,063	167,4	01jan2020, 08:00	2776,5
BH_Inguias2	0,1153	0,6	01jan2020, 07:00	4,3
BH_Inguias3	7,1864	14,7	01jan2020, 08:00	230,8
BH_Inguias4	1,1564	4,7	01jan2020, 07:15	51,8
BH_Inguias5	3,0001	11,9	01jan2020, 07:15	110,5
BH_Inguias6	7,9420	19,9	01jan2020, 08:00	310,3
BH_Inguias7	0,0089000	0,1	01jan2020, 07:00	0,4
BH_Inguias8	1,2306	4,5	01jan2020, 07:00	38,0
BH_Lagoa3	5,7474	21,9	01jan2020, 07:15	235,2
BH_Maçainhas1	21,4998	46,8	01jan2020, 08:15	815,8
BH_Maçainhas2	1,3108	5,3	01jan2020, 07:15	58,7
BH_Monte1	3,8435	21,0	01jan2020, 07:00	148,1
BH_Monte2	2,7002	15,3	01jan2020, 07:00	96,3
BH_Olas0	7,3075	17,3	01jan2020, 07:30	195,6
BH_Panasco	8,8988	24,7	01jan2020, 07:30	262,6
BH_Silvado3	5,0018	17,4	01jan2020, 07:15	157,1
BH_Trigais0	2,5199	10,9	01jan2020, 07:00	77,7
BH_Valongo	2,8183	13,3	01jan2020, 07:00	98,3
BH_Valverdinho	33,104	55,2	01jan2020, 08:45	1100,6
Junção_Amoreira_Valverdinho	43,313	65,8	01jan2020, 08:45	1367,7
Junção_Antão1_Lagoa3	22,77650	73,9	01jan2020, 07:00	806,4
Junção_Antão2_Caria1	71,99160	136,0	01jan2020, 07:15	2352,9
Junção_Castelhana_Panasco	16,4587	56,6	01jan2020, 07:00	545,6
Junção_Inguias1_Trigais0	76,5829	170,0	01jan2020, 08:00	2854,2
Junção_Inguias2_Olas0	84,0057	183,2	01jan2020, 08:00	3054,0
Junção_Inguias3_Maçainhas2	118,6172	253,5	01jan2020, 08:00	4357,4
Junção_Inguias4_Silvado	124,7754	262,9	01jan2020, 08:00	4566,2
Junção_Inguias5_Carvalhal0	135,3647	286,5	01jan2020, 08:00	4967,8
Junção_Inguias6	135,3647	286,5	01jan2020, 08:00	4967,8
Junção_Inguias7_Caria2	218,3876000	429,2	01jan2020, 07:45	7734,8
Junção_Maçainhas1_Fidalga3	26,1143	52,9	01jan2020, 08:00	1013,9
Junção_Monte1_Monte2	6,5437	36,3	01jan2020, 07:00	244,4
R_Antão1	16,4587	56,6	01jan2020, 07:00	545,6
R_Antão2	22,77650	73,9	01jan2020, 07:00	806,4
R_Caria1	43,313	65,8	01jan2020, 08:45	1367,7
R_Caria2	71,99160	136,0	01jan2020, 07:15	2352,9
R_Castelhana	6,5437	36,3	01jan2020, 07:00	244,4
R_Inguias2	76,5829	170,0	01jan2020, 08:00	2854,2
R_Inguias3	84,0057	183,2	01jan2020, 08:00	3054,0
R_Inguias4	118,6172	253,5	01jan2020, 08:00	4357,4
R_Inguias5	124,7754	262,9	01jan2020, 08:00	4566,2
R_Inguias6	135,3647	286,5	01jan2020, 08:00	4967,8
R_Inguias7	135,3647	286,5	01jan2020, 08:00	4967,8
R_Inguias8	218,3876000	429,2	01jan2020, 07:45	7734,8
R_Maçainhas2	26,1143	52,9	01jan2020, 08:00	1013,9
Saída_Ribeira_Inguias	219,6182000	430,9	01jan2020, 07:45	7772,7

Figura 107 – Valores obtidos nas sub-bacias da B.H. das Inguias, para período de retorno de 100 anos

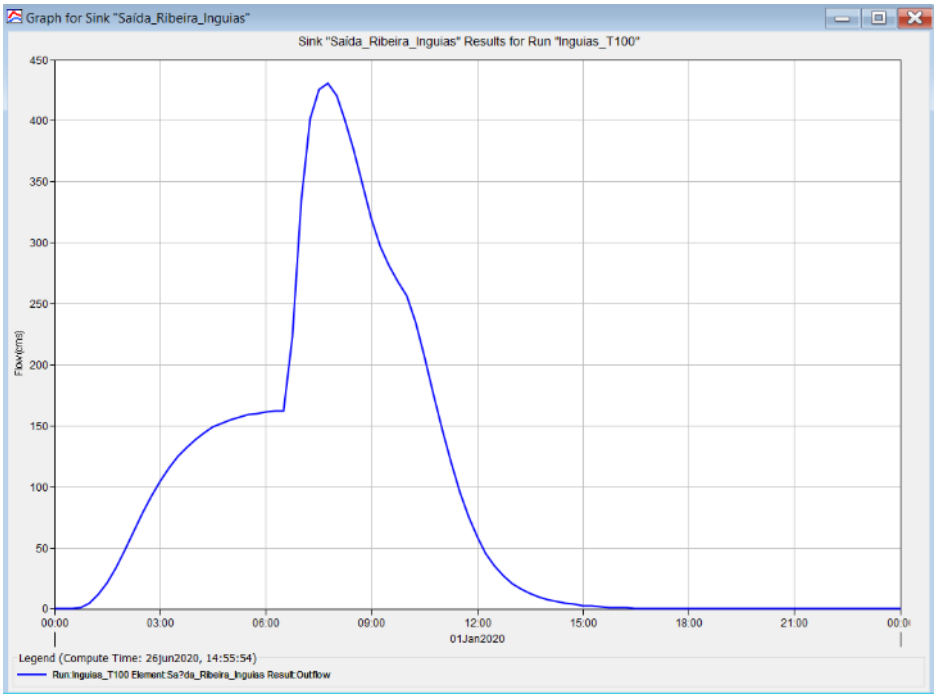


Figura 108 – Hidrograma de cheia, na secção de referência na B.H. das Inguias, para período de retorno de 100 anos

3.2.2.5.14. Valores adotados

No Quadro 43 e

De acordo com as orientadores da Agência Portuguesa do Ambiente, em virtude da natureza empírica das formulas de cálculo utilizadas na determinação do caudal de ponta de cheia, excluiu-se o maior e o menor valor dos resultados obtidos pelas 10 fórmulas de cálculo, efetuando a média das restantes 8 fórmulas de cálculo. Assim, para bacia do Zêzere, excluiu o valor de 2264,51 m3/s obtido pela fórmula de Pagliaro, correspondente ao maior valor; e o valor de 582,39 m3/s obtido pela fórmula de Loureiro (1984), referente ao menor valor. O valor médio obtido do caudal de ponta de cheia para bacia do rio Zêzere é de **821,32 m3/**s. Considera-se um valor congruente quando comparado com o valor de calculo de ponta de cheia obtido na estação hidrométrica de Manteigas de 688,52 m3/s, para um período de retorno de 100 anos. Sendo esta a única estação hidrométrica localizada dentro da bacia hidrográfica do Zêzere, localizada a montante da bacia, nas proximidades da nascente do rio Zêzere, bastante afastada da secção de estudo apesar do número reduzido de registos do caudal anual máximo instantâneo. Quanto a correlação com o valor obtido pela estação hidrométrica do Cabril, não é viável análise comparativa dado que se situa bastante afastada da secção em estudo, por outro lado a área da sua bacia é sete vezes superior à bacia em estudo

Quadro 44 43 apresentam-se, resumidamente, os valores obtidos em função das formulas e do modelo hidrológico apresentado no ponto anterior, para a bacia hidrográfica do Zêzere e das Inguias, respetivamente.

Quadro 43 – Caudais de ponta de cheia com período de retorno de 20 e 100 anos na secção de referência obtidos por diversos métodos, bacia do rio Zêzere

Método/Fórmula	***T=20*** $Q_{secção}$ **[m³/s]**	***T=100*** $Q_{secção}$ **[m³/s]**
Transposição a partir da Estação hidrométrica de Manteigas	556,63	688,85
Transposição a partir da Estação hidrométrica de Cabril	387,85	602,37
Formulação de Loureiro (1984)	~~582,39~~ ↓	
Fórmula de Whistler	868,18	
Fórmula de Forti	1005,83	
Fórmula de Pagliaro	~~2264.51~~↑	
Fórmula de Giandotti	1110,99	1362,26
Fórmula Racional	598,65	736,74
método SCS, dos EUA	435,53	597,85
Hidrograma unitário do SCS	601,4	708,5

Dado que os caudais de ponta de cheia para um período de 100 anos são superiores ao período de retorno de 20 anos, o estudo focar-se-á somente no período de retorno de 100 anos, por outro lado as diretivas existentes são no sentido que o estudo das zonas ameaçadas pelas cheias seja para um período de retorno de 100 anos.

De acordo com as orientadores da Agência Portuguesa do Ambiente, em virtude da natureza empírica das formulas de cálculo utilizadas na determinação do caudal de ponta de cheia, excluiu-se o maior e o menor valor dos resultados obtidos pelas 10 fórmulas de cálculo, efetuando a média das restantes 8 fórmulas de cálculo. Assim, para bacia do Zêzere, excluiu o valor de 2264,51 m^3/s obtido pela fórmula de Pagliaro, correspondente ao maior valor; e o valor de 582,39 m^3/s obtido pela fórmula de Loureiro (1984), referente ao menor valor. O valor médio obtido do caudal de ponta de cheia para bacia do rio Zêzere é de **821,32 m^3/s**. Considera-se um valor congruente quando comparado com o valor de calculo de ponta de cheia obtido na estação hidrométrica de Manteigas de 688,52 m^3/s, para um período de retorno de 100 anos. Sendo esta a única estação hidrométrica localizada dentro da bacia hidrográfica do Zêzere, localizada a montante da bacia, nas proximidades da nascente do rio Zêzere, bastante afastada da secção de estudo apesar do número reduzido de registos do caudal anual máximo instantâneo. Quanto a correlação com o valor obtido pela estação hidrométrica do Cabril, não é viável análise comparativa dado que se situa bastante afastada da secção em estudo, por outro lado a área da sua bacia é sete vezes superior à bacia em estudo

Quadro 44 – Caudais de ponta de cheia com período de retorno de 20 e 100 anos na secção de referência obtidos por diversos métodos, na bacia hidrográfica das Inguias

Método/Fórmula	*T=20* $Q_{secção}$ [m^3/s]	*T=100* $Q_{secção}$ [m^3/s]
Transposição a partir da Estação hidrométrica de Manteigas	346,08	428,07
Transposição a partir da Estação hidrométrica de Cabril	375.30	582,86
Formulação de Loureiro (1984)	504,53	
Fórmula de Whistler	715,99	
Fórmula de de Forti	857,07	
Fórmula de de Pagliaro	~~2054,60*~~ ↑	
Fórmula de Giandotti	727,17	869,86
Fórmula Racional	394,93	473,61
método SCS, dos EUA	219,5	~~295,20~~ ↓
Hidrograma unitário do SCS	366,9	430,9

Para a bacia hidrográfica das Inguias exclui-se o valor maior obtido pela fórmula de Pagliaro de 2054,60 m^3/s e o menor de 295,20 m^3/s referente ao método SCS, dos EUA. A média das 8 fórmulas de cálculo de caudal de ponta de cheia é de **607,86** m^3/s.

A estação hidrométrica da bacia da ribeira das Inguias é a de Manteigas, contudo, está não está localizada dentro da bacia da ribeira do Zêzere, o que não permite fazer uma analogia direta. Porém, em termos de leitura de valores, a correlação do caudal de ponta de cheia para a bacia de Inguias é de 428,07 m^3/s, o que leva a crer que o valor de 607,86 m^3/s é coerente considerando a geomorfologia da bacia de Inguias ao ser menos acidentada que a bacia do rio Zêzere.

Quadro 45 – Quadro resumo dos caudais de ponta de cheia adotados, com período de retorno de 100 anos na secção de referência obtidos por diversos métodos, na bacia do rio Zêzere e da ribeira de Inguias

	Período de retorno [anos]	Q_p [m^3/s]
Bacia hidrográfica do Zêzere	100	**821,32**
Bacia hidrográfica das Inguias		**607,86**

Em síntese, o estudo hidrológico apresentado incorpora mais do que uma metodologia específica para obtenção do caudal de ponta de cheia

3.2.2.6. Estudo Hidráulico

Procedeu-se até então à modelação hidrológica, cuja componente principal é o do caudal de ponta de cheia, valor esse a introduzir no estudo hidráulico.

Os caudais de ponta de cheios obtidos para as várias sub-bacias dentro de cada bacia hidrográfica em estudo são introduzidos na modelação hidráulica, com recurso ao software HEC-RAS, onde serão extraídas as alturas de água de modo a delimitar as áreas inundáveis. A Figura 109 exemplifica resumidamente a metodologia aplicada.

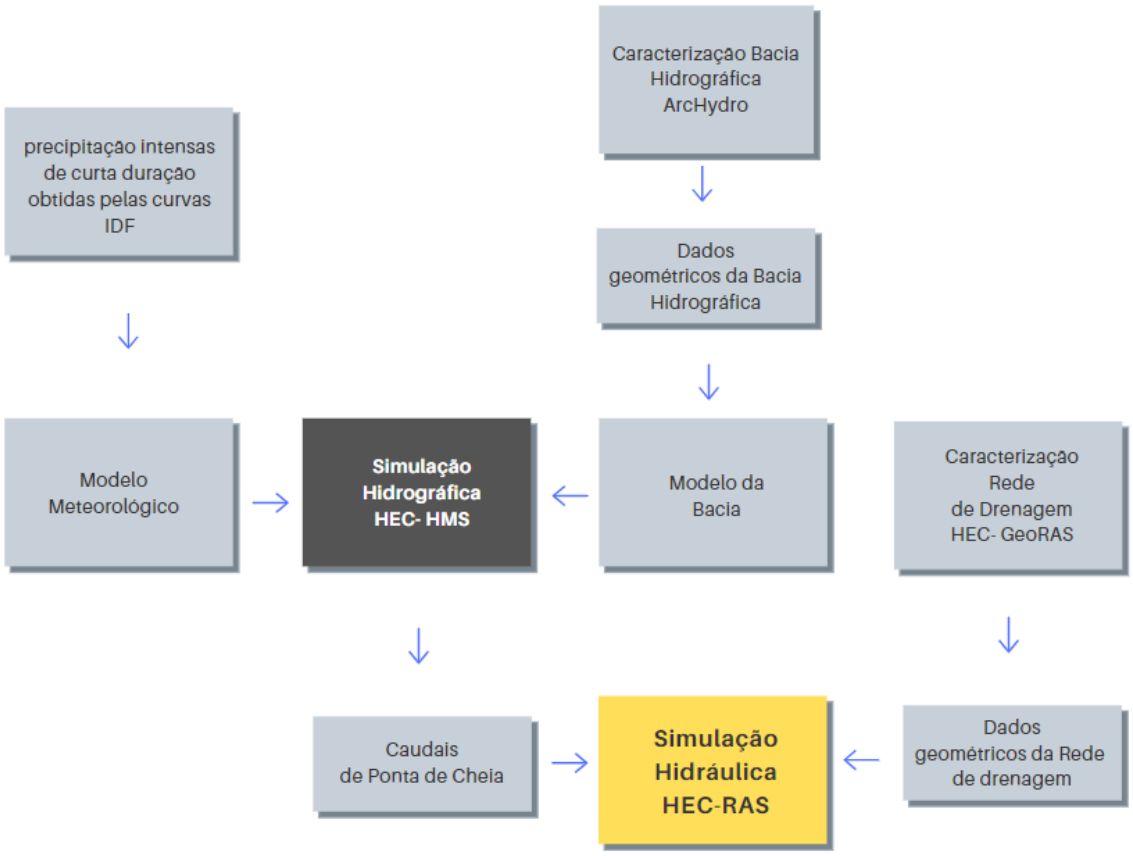


Figura 109 – Fluxograma da metodologia aplicada

O HEC-RAS, versão 5.07, é um modelo hidráulico que permite simular o escoamento unidimensional permanente uniforme ou variável ao longo de um curso de água. Este programa devolve altura de água e velocidade de escoamento para um considerado valor de caudal de ponta de cheia, numa determinada secção do curso de água.

No escoamento permanente a velocidade pode variar de secção para secção transversal, mas, em cada secção transversal, mantêm-se constante ao longo do tempo. Um escoamento uniforme é um movimento permanente em que a velocidade é constante ao longo de uma mesma trajetória (em módulo, direção e sentido). Considera-se que o escoamento é uniforme se as trajetórias forem retilíneas e paralelas. E ainda, se a área da secção líquida, S, a velocidade média, V, forem invariáveis com o tempo para a secção transversal considerada. Esta situação não existem

em cursos de água, nem mesmo em estio quando a vazão é quase constante, porque a profundidade varia ao longo do curso de água.

Segundo Gribbin (2009) refere que um escoamento pode ser considerado permanente e uniforme quando as variações nos valores de vazão, área da secção transversal e declividade são mínimas e tendem a ser desprezíveis ao longo do tempo. Além disso, o escoamento pode ser dito permanente se variar lentamente em função do tempo, o que ocorre comummente em alguns troços dos cursos de água.[2]

Ainda de acordo com autor Ven Te Chow, 1941, um escoamento é dito uniforme se sua profundidade, área molhada, velocidade e vazão permanecem constantes ao longo do tempo, além disso, um fator importante é que a linha de energia deste escoamento, a linha de superfície da água e o fundo do canal devem ser linhas paralelas (Chow, 1941, pp. 89).

Apesar destas condições serem extremamente raras em canais naturais, no caso de estudo considerou-se para efeito de cálculo zonas ameaçadas pelas cheias o escoamento permanente, dado que se pretende determinar alturas de águas e consequentemente as cotas de cheias atingidas. Aplicabilidade deste regime de escoamento deve-se ao facto de que os cursos de água com secções transversais e de rugosidades variáveis escoam com altura de água acima da margem em condições de inundação, altura essa que pode ser calculada a partir da equação de Manning. Razão pelo qual se optou a computação do *software* HEC-RAS em escoamento permanente em regime misto em que as condições de contorno são definidas a montante e a jusante, na sequência das mudanças de inclinação ao longo do curso de água.

Para a realização de uma simulação em regime de escoamento permanente, e necessário facultar algumas informações necessárias ao calculo das alturas de água nas secções estabelecidas. Basicamente, estas informações consistem em inserir a geometria da bacia estudada, designadamente perfis transversais com informação altimétrica e batimétrica distribuída ao longo do curso de água, que representem o canal em termos morfométricos e altimétricos., os troços dos curso de água, coeficientes de Manning-Strickler (n) para cada tipo de material constituinte do leito do curso de água, condições de contorno, regime do fluxo e os caudais de ponta de cheia que serão utilizadas para o cálculo da cota de inundação.

O *software*, para apresentar os resultados, necessita de resolver uma série de equações, baseando-se na equação de conservação de energia (Quadro 46 e Figura 110) segundo condições de fluxo unidirecional (1D) no processamento da simulação hidráulica.

[2] https://cad.cursosguru.com.br/escoamento-permanente-em-canais-naturais-no-hec-ras/

Quadro 46 – Fórmulas resolvidas pelo *software* para determinar a altura da coluna de água

Nome	Fórmula	Descrição das variáveis
Equação de Energia	$Z_2 + Y_2 + \frac{a_2 V_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \frac{a_1 V_1^2}{2g} + h_e$	Z_1, Z_2 – Cotas do Canal de escoamento; Y_1, Y_2 – Profundidade da água nas secções transversais; a_1, a_2 – Coeficientes de velocidade ponderados; g – Aceleração gravitacional; h_e – Perdas de energia;
Perda de Carga (Energia)	$h_e = L\overline{S}_f + C\left\lvert\frac{a_2 V_2^2}{2g} - \frac{a_1 V_1^2}{2g}\right\rvert$	h_e – Perdas de energia; L – Caudal ponderado pela distância entre secções; $\overline{S}_f$ – Ângulo de atrito entre duas secções transversais; C – Coeficiente de perda de expansão ou contração;
Distância Ponderada Entre Secções Transversais	$L = \frac{L_{lob}\overline{Q}_{lob} + L_{ch}\overline{Q}_{ch} + L_{rob}\overline{Q}_{rob}}{\overline{Q}_{lob} + \overline{Q}_{ch} + \overline{Q}_{rob}}$	$L_{lob}; L_{ch}; L_{rob}$ -Comprimento específico entre secções transversais na margem esquerda, canal de escoamento e margem direita respetivamente. $\overline{Q}_{lob} + \overline{Q}_{ch} + \overline{Q}_{rob}$ – Média aritmética do escoamento entre secções transversais na margem esquerda, canal de escoamento e margem direita respetivamente.

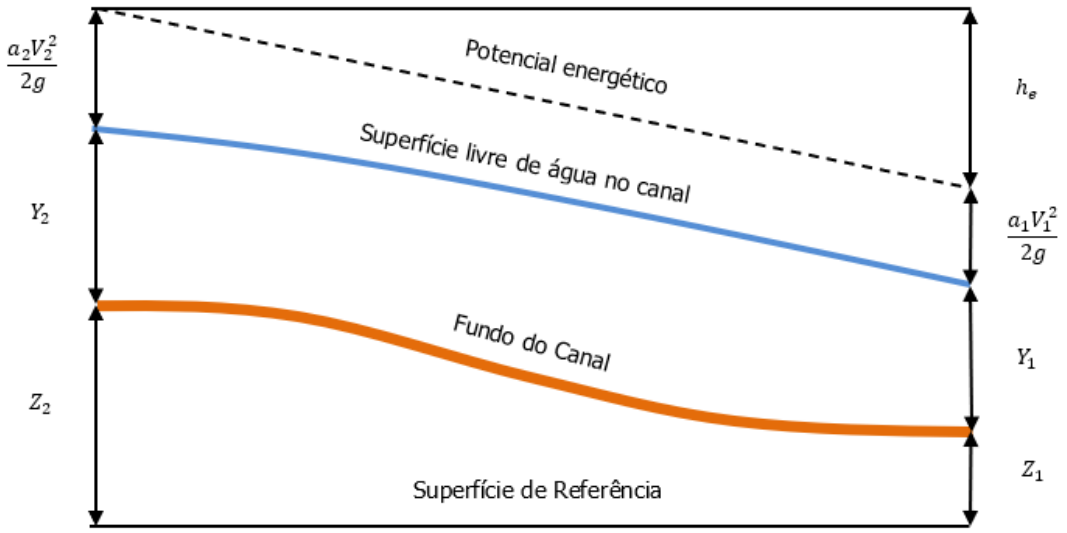
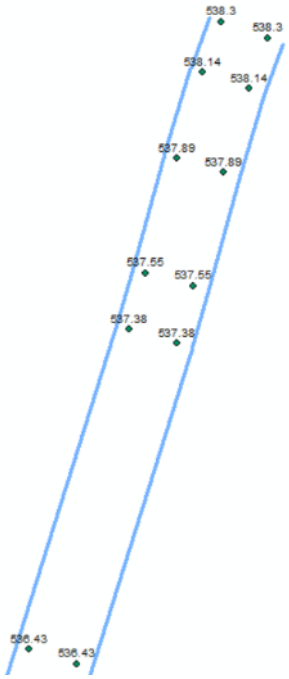


Figura 110 – Representação gráfica da equação de energia

O estudo foi feito sobre cartografia 1:10000, homologada pela DGT. O fundo do leito foi obtido com recurso ao levantamento no local em locais previamente selecionados, os restantes perfis foram obtidos por meio de interpolação entre curvas de nível, para ambas as bacias.

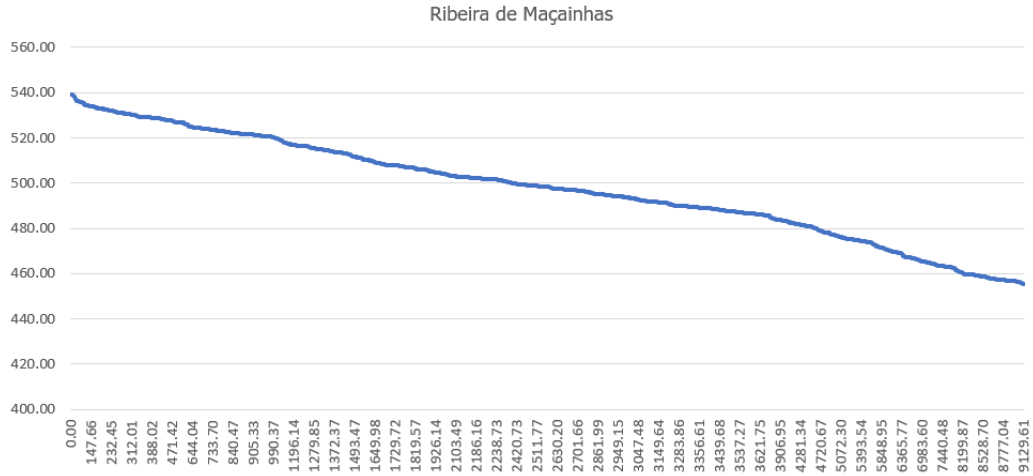
A

Figura 111 esquematiza o processo de cálculo das cotas do fundo do leito. Criaram-se pontos de inflexão tanto na margem direita como na esquerda, com recurso a uma folha de cálculo, foi feita a interpolação dos pontos existentes entre duas curvas consecutivas, e por fim validadas as cotas interpoladas pelo perfil da linha de água em análise. Este



V29

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	wkt_geom	Entity	River	Reach	ID	X	Y	Z	distância_parcial	distância acumulada	declive entre curvas de nível	Cota corrigida
2	Point (72043.1800000001821899		Bacia_Inguias	Macainhas1	0	72043.18	82998.75	539.3488	0	0		539.3487549
3	Point (72041.9000000000960426		Bacia_Inguias	Macainhas1	1	72041.9	82995.26	539.3404	3.717324307	3.717324307		539.1931474
4	Point (72040.1400000008143251		Bacia_Inguias	Macainhas1	2	72040.14	82989.48	539.3207	6.04201953	9.759343836		538.940228
5	Point (72038.0300000003044260		Bacia_Inguias	Macainhas1	3	72038.03	82981.69	539.2844	8.070700094	17.83004393		538.602388
6	Point (72036.9000000001105945		Bacia_Inguias	Macainhas1	4	72036.9	82977.82	539.2698	4.031600179	21.86164411		538.4336249
7	Point (72030.0899999993998790		Bacia_Inguias	Macainhas1	5	72030.09	82955.98	539.6203	22.8770999	44.73874401		537.4759878
8	Point (72023.4600000003410968		Bacia_Inguias	Macainhas1	6	72023.46	82934.96	537.987	22.04080988	66.77955389		536.5533579
9	Point (72022.2199999996228143		Bacia_Inguias	Macainhas1	7	72022.22	82930.49	537.6403	4.638803725	71.41835761		536.3591773
10	Point (72021.7200000007433118		Bacia_Inguias	Macainhas1	8	72021.72	82928.23	537.5227	2.314649001	73.73300662		536.2622859
11	Point (72021.1600000005710171		Bacia_Inguias	Macainhas1	9	72021.16	82924.8	537.4448	3.475413644	77.20842026		536.1168048
12	Point (72020.8600000007863855		Bacia_Inguias	Macainhas1	10	72020.86	82921.36	537.3604	3.453056617	80.66147688		535.9722596
13	Point (72020.8199999991920776		Bacia_Inguias	Macainhas1	11	72020.82	82919.64	537.3161	1.720465053	82.38194193		535.9002408
14	Point (72020.8400000011024531		Bacia_Inguias	Macainhas1	12	72020.84	82917.26	537.2594	2.380084032	84.76202596		535.8006103
15	Point (72021.0300000003626337		Bacia_Inguias	Macainhas1	13	72021.03	82912.49	537.0754	4.773782567	89.53580853		535.6007795
16	Point (72021.3799999993643723		Bacia_Inguias	Macainhas1	14	72021.38	82907.73	536.0447	4.772850301	94.30865883		535.4009876
17	Point (72022.3499999998311977		Bacia_Inguias	Macainhas1	15	72022.35	82898.2	535	9.579237966	103.8878968	-0.041860072	535
18	Point (72024.1099999991129152		Bacia_Inguias	Macainhas1	16	72024.11	82883.77	535	14.53693572	118.4248325		534.6726616
19	Point (72025.1600000005564652		Bacia_Inguias	Macainhas1	17	72025.16	82876.58	535	7.266264515	125.691097		534.509042
20	Point (72026.3200000002834713		Bacia_Inguias	Macainhas1	18	72026.32	82870.19	535	6.49443608	132.1855331		534.3628023
21	Point (72027.0400000001827720		Bacia_Inguias	Macainhas1	19	72027.04	82867.04	535	3.231238153	135.4167713		534.2900422
22	Point (72028.3499999998020939		Bacia_Inguias	Macainhas1	20	72028.35	82862.35	535	4.86951743	140.2862887		534.1803919
23	Point (72029.9699999990407377		Bacia_Inguias	Macainhas1	21	72029.97	82857.72	535	4.905231901	145.1915206		534.0699373
24	Point (72030.9000000001396983		Bacia_Inguias	Macainhas1	22	72030.9	82855.43	535	2.471639132	147.6631597		534.0142817
25	Point (72031.9099999999743886		Bacia_Inguias	Macainhas1	23	72031.91	82853.2	535	2.448060457	150.1112202		533.959157
26	Point (72034.1300000009941868		Bacia_Inguias	Macainhas1	24	72034.13	82848.9	535	4.839256141	154.9504763		533.8501881
27	Point (72036.6299999998736893		Bacia_Inguias	Macainhas1	25	72036.63	82844.79	535	4.81062366	159.7611		533.7418639
28	Point (72038.4400000005989568		Bacia_Inguias	Macainhas1	26	72038.44	82842.16	535	3.192647804	162.9537478		533.6699728
29	Point (72041.0300000002898741		Bacia_Inguias	Macainhas1	27	72041.03	82838.78	535	4.258227331	167.2119751		533.5740873



processo é necessário para a modelação tridimensional do fundo do leito, de modo a criar perfis transversais.

Figura 111 – Exemplo de cálculo das cotas de fundo de leito da ribeira de Maçainhas

Com as cotas de fundo do leito e das margens foi criado dois modelos tridimensionais (MDT) para cada bacia. As

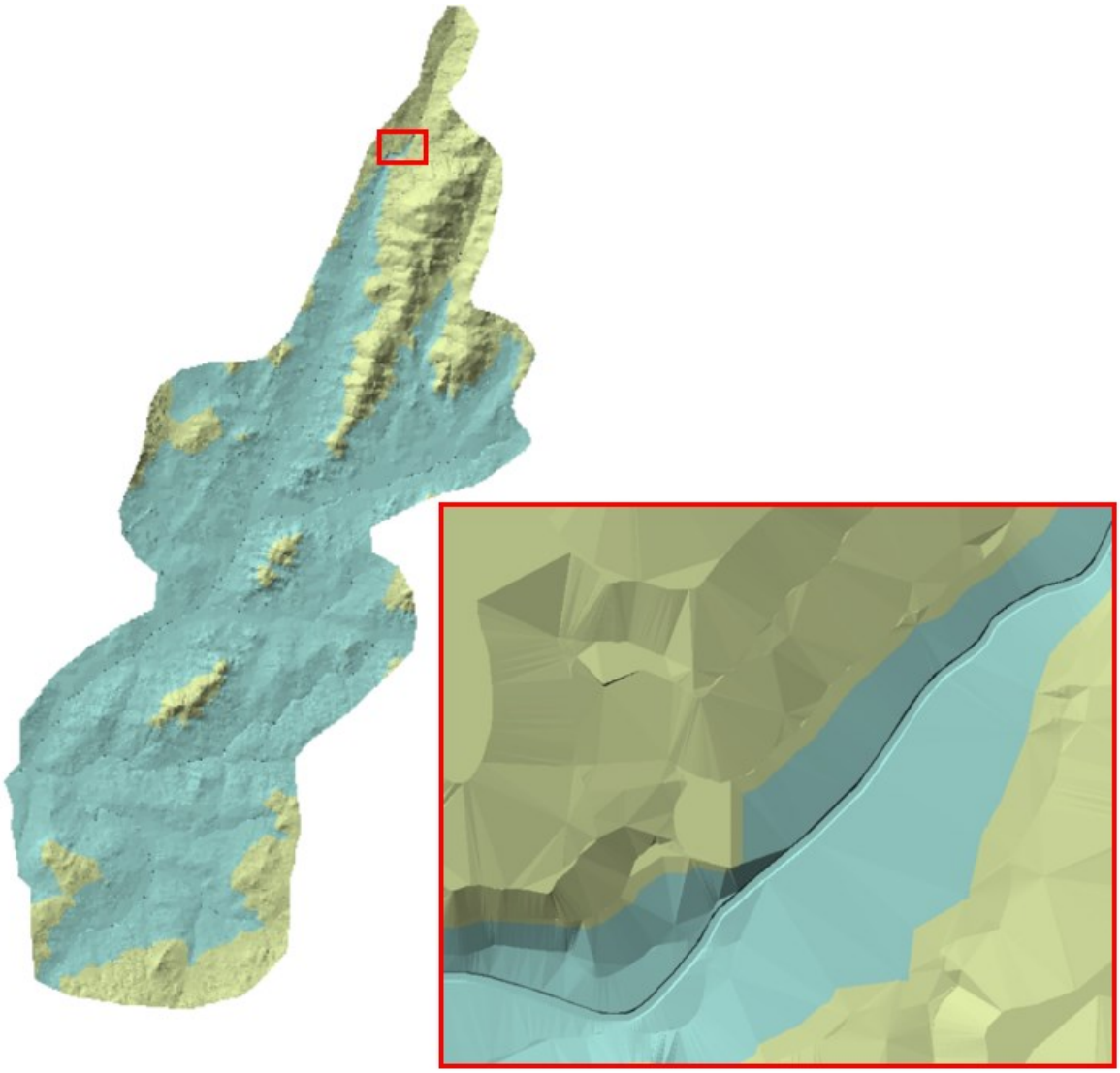


Figura 112 e Figura 113 representam, respetivamente, o modelo tridimensional da bacia de Inguias e do Zêzere, que inclui o leito das linhas de água.

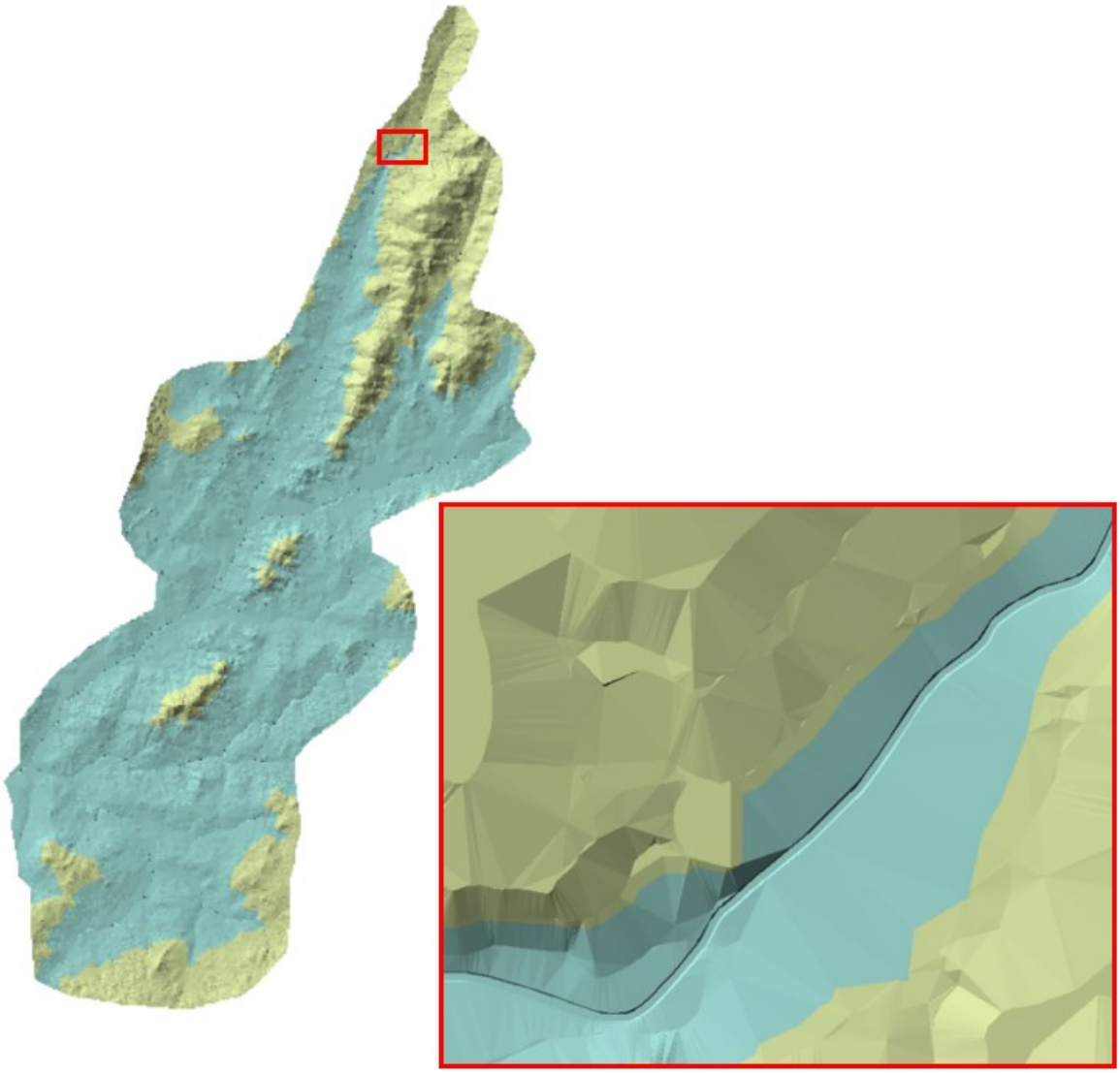


Figura 112 – Modelo tridimensional da bacia de Inguias com pormenor da ribeira de Maçainhas

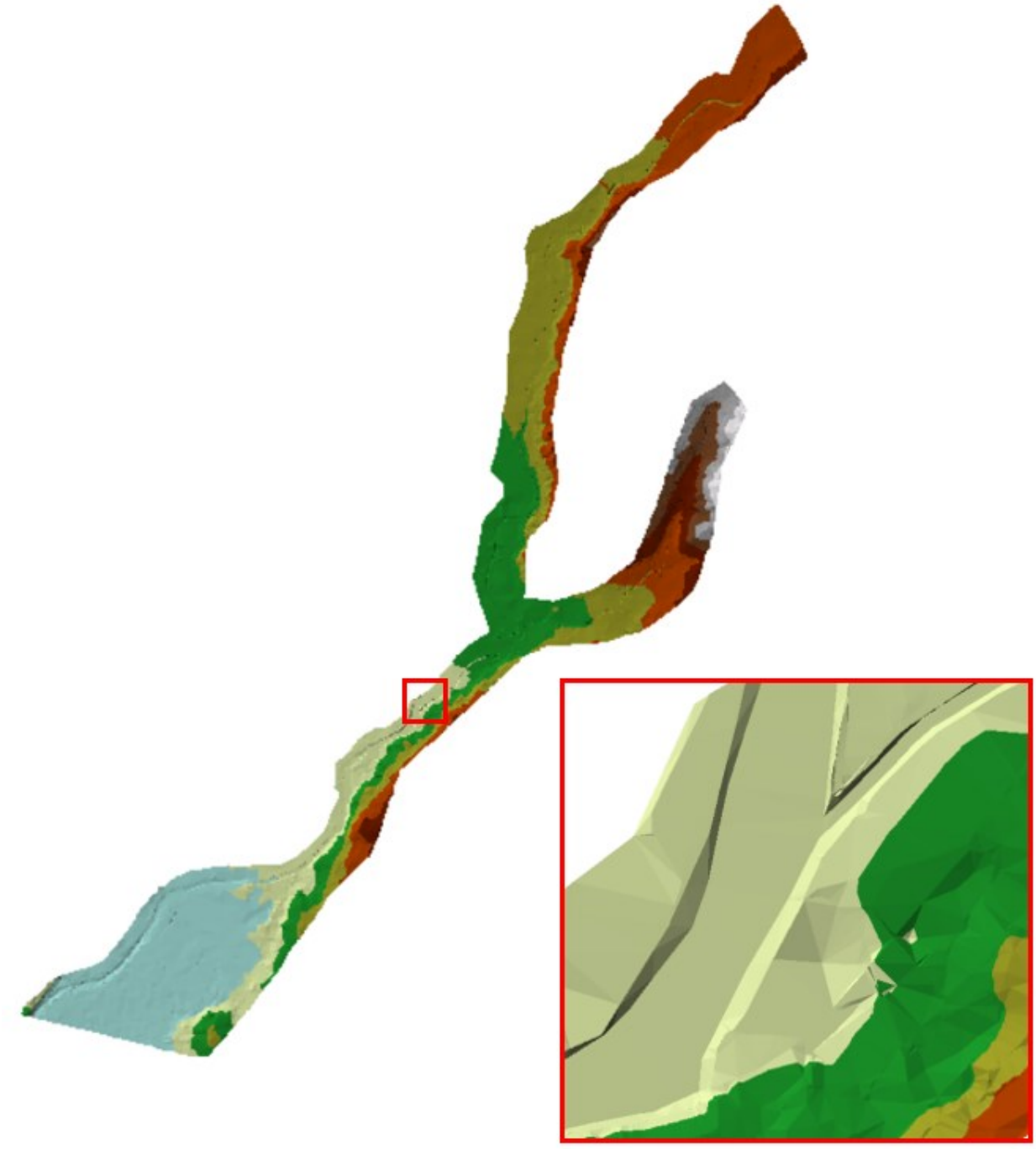


Figura 113 – Modelo tridimensional da bacia de Zêzere, com pormenor da confluência entre ribeira da Gaia e rio Zêzere

A extensão HEC-GeoRAS no software ArcMap cria, vectoriza e define os atributos dos elementos que irão ser incluídos no modelo HMS-RAS, onde são criados vários *layers*, os quais são organizados numa *Geodatabase*.

3.2.2.6.1. Caracterização Geomorfológica

É de salientar que o procedimento aplicado foi idêntico para ambas as bacias em estudo, apresenta-se genericamente a metodologia aplicada na definição dos atributos no HEC-GeoRAS:

1) A primeira *layer* de informação a criar corresponde ao centro geométrico da linha de água, ou como é descrito no *software*, o *river centerline*. Esta linha define o centro geométrico do canal ou dos canais, sendo utilizada para identificar a existência de um segmento de uma linha de água. Considerou-se, para ambas as bacias, a linha que define o eixo na cartografia 1:10000, homologada pela DGT.

   Além de assinalar o eixo central do canal de escoamento, este elemento ainda contém informação topológica, onde se define o início e o fim de cada segmento. Este eixo permite ainda a possibilidade de conversão da linha para 3D, através da extração das cotas do modelo digital do terreno. No final da vetorização do elemento deve ser atribuído um nome e uma tipologia aos segmentos criados.

   Algumas regras foram tidas em consideração, nomeadamente:

   - O centro geométrico do canal deve ser sempre vetorizado de montante para jusante;
   - No caso de confluência, e para modelação do afluente, foi vetorizado o canal principal até ao ponto de confluência, vetorizou-se o afluente até ao ponto de intersecção com o canal principal, tendo a certeza que o último vértice final do afluente corresponde ao último vértice do canal principal;
   - Este tipo de elemento não pode intercetar outro do mesmo tipo.

	Shape_Leng	HydroID	RiverCode	ReachCode	FromNode	ToNode	ArcLength	FromSta	ToSta
1	228.87660958	1	Rio_Zezere	Zerere1	1	2	228.877	4442.57000000...	4671.45000000...
2	6114.39937047	2	Rib_Gaia	Gaia1	3	4	6114.4	1111.14000000...	7225.54000000...
3	3180.35700093	3	Rib_Colmeal	Colmeal	5	4	3180.36	0	3180.36000000...
4	1111.14057206	4	Rib_Gaia	Gaia2	4	2	1111.14	0	1111.14000000...
5	4442.56861805	5	Rio_Zezere	Zezere2	2	6	4442.57	0	4442.57000000...

Figura 114 – Dados tabelares da configuração geométrica da bacia hidrográfica do Zêzere

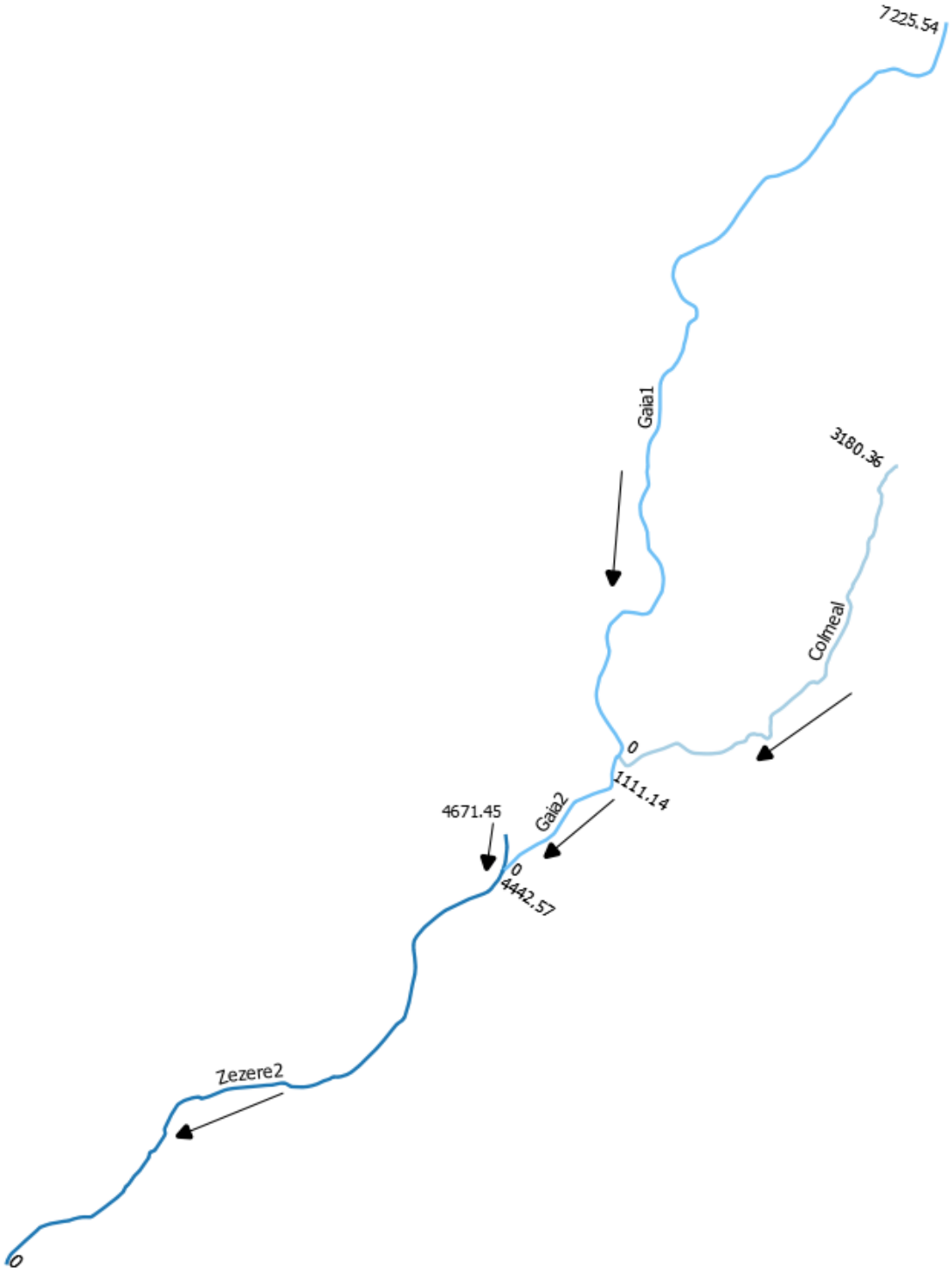


Figura 115 – Centro geométrico do canal da bacia do Zêzere

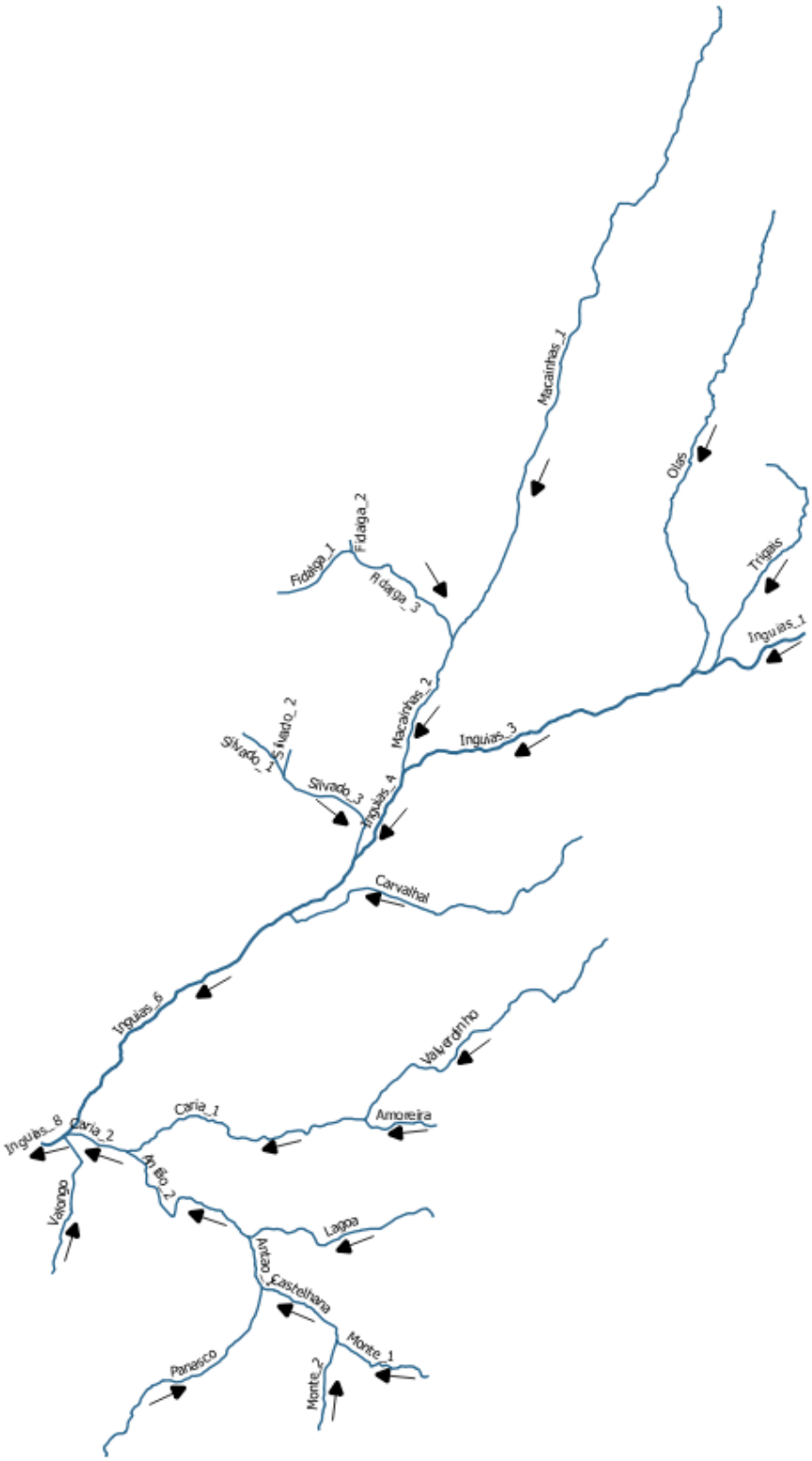


Figura 116 – Centro geométrico do canal da bacia do Zêzere

	Shape_Leng	HydroID	RiverCode	ReachCode	FromNode	ToNode	ArcLength	FromSta	ToSta
1	1364.37593882	1	Inguias	Inguias_1	1	2	1364.38	10986.8000000...	12351.1000000...
2	3281.4383508	2	Trigais	Trigais	3	2	3281.44	0	3281.44000000...
3	268.281614353	3	Inguias	Inguias_2	2	4	268.282	10718.5000000...	10986.8000000...
4	6511.55104974	4	Olas	Olas	5	4	6511.55	0	6511.55000000...
5	3947.70212202	5	Inguias	Inguias_3	4	6	3947.7	6770.77000000...	10718.5000000...
6	9141.54846294	6	Macainhas	Macainhas_1	7	8	9141.55	1815.69000000...	10957.2000000...
7	1088.91373957	7	Fidalga	Fidalga_1	9	10	1088.91	1844.81000000...	2933.72000000...
8	127.964358203	8	Fidalga	Fidalga_2	11	10	127.964	0	127.96400000000
9	1844.80698894	9	Fidalga	Fidalga_3	10	8	1844.81	0	1844.81000000...
10	1815.69269498	10	Macainhas	Macainhas_2	8	6	1815.69	0	1815.69000000...
11	1253.26204456	11	Inguias	Inguias_4	6	12	1253.26	5517.51000000...	6770.77000000...
12	728.825887509	12	Silvado	Silvado_1	13	14	728.826	1673.27000000...	2402.10000000...
13	308.57263383	13	Silvado	Silvado_2	15	14	308.573	0	308.57300000000
14	1673.2739356	14	Silvado	Silvado_3	14	12	1673.27	0	1673.27000000...
15	1116.8016826	15	Inguias	Inguias_5	12	16	1116.8	4400.71000000...	5517.51000000...
16	4444.04483201	16	Carvalhal	Carvalhal	17	16	4444.04	0	4444.04000000...
17	4072.51339974	17	Inguias	Inguias_6	16	18	4072.51	328.19400000000	4400.71000000...
18	4282.52165278	18	Valverdinho	Valverdinho	19	20	4282.52	0	4282.52000000...
19	966.09135819	19	Amoreira	Amoreira	21	20	966.091	0	966.09100000000
20	3378.4133327	20	Caria	Caria_1	20	22	3378.41	800.07100000000	4178.48000000...
21	2566.54290976	21	Lagoa	Lagoa	23	24	2566.54	0	2566.54000000...
22	1348.63598773	22	Monte	Monte_1	25	26	1348.64	0	1348.64000000...
23	1137.58700496	23	Monte	Monte_2	27	26	1137.59	0	1137.59000000...
24	1235.01974103	24	Castelhana	Castelhana	26	28	1235.02	0	1235.02000000...
25	3157.14583699	25	Panasco	Panasco	29	28	3157.15	0	3157.15000000...
26	667.857465293	26	Antao	Antao_1	28	24	667.857	2342.71000000...	3010.57000000...
27	2342.71350965	27	Antao	Antao_2	24	22	2342.71	0	2342.71000000...
28	800.07103933	28	Caria	Caria_2	22	18	800.071	0	800.07100000000
29	35.4329779844	29	Inguias	Inguias_7	18	30	35.433	292.76100000000	328.19400000000
30	1862.48458369	30	Valongo	Valongo	31	30	1862.48	0	1862.48000000...
31	292.761197695	31	Inguias	Inguias_8	30	32	292.761	0	292.76100000000

Figura 117 – Dados tabelares da configuração geométrica da bacia da ribeira das Inguias

2) Após a definição dos eixos centrais dos canais, define-se um novo tipo de elemento linear: as margens do rio, denominadas como *bankLines* pelo *software*. Embora este elemento geométrico não seja obrigatório para a construção do modelo, são um elemento importante pois definem o leito menor. Estes elementos provieram também da cartografia 1:0000, homologada pela DGT. Teve-se em consideração os seguintes aspetos:

- A vetorização das margens é feita de montante para jusante, da direita para a esquerda;
- Os perfis transversais não podem cruzar mais que duas linhas de margem (direita e esquerda);
- As margens podem ser vetorizadas de forma contínua ou descontinuada;

Figura 118 – Exemplo da delimitação das margens na bacia hidrográfica do Zêzere (a vermelho)

3) A direção do fluxo de água é outro tipo de elemento linear ou descontinuada (*flowpaths*), que consistem em linhas que definem o centro de massa do escoamento fluvial que ocorre no leito maior, na margem esquerda e direita da linha de água. Assim foi necessário desenhar 3 linhas, uma correspondente à margem direita, outra correspondente à esquerda e a terceira linha corresponde ao centro geométrico do canal traçado anteriormente.

Figura 119 – Exemplo da delimitação da direção do fluxo na bacia hidrográficado Zêzere (a azul)

4) Os perfis transversais (*XSCutLines*) preconizados no *software cross-sectional cut lines* representam a morfologia do vale em corte transversal. As linhas do perfil transversal agregam informação tal como: os valores de rugosidade de Manning-Strickler para o uso do solo, cotas de elevação retirados do MDT, extração dos pontos representativos das margens e nomes dos rios e afluentes. É um elemento essencial, é com base

nas secções transversais que o *software* HEC-RAS irá criar os perfis de relevo tem como base gerar os perímetros de inundação, alturas da coluna de água e velocidade da água.

As secções transversais são muito importantes na correta representação do terreno, o número de secções incluídas em determinado modelo, faz com que a área inundada varie, ou seja, quanto mais secções transversais forem incluídas no modelo, melhor irá ser representado o terreno e maior será o rigor na definição da área abrangida pela inundação. No estudo, optou-se pela execução de perfis de afastamento de 50 metros em 50 metros.

Este elemento geométrico pode ser vetorizado de forma automática ou manual.

A vetorização efetuada, neste trabalho foi feita de forma automática e manual. Foi pedido ao *software* que criasse uma rede de perfis transversais apenas com 200 metros de comprimento e com um espaçamento de 50 metros entre si, com posterior correção tendo em consideração as seguintes regras:

- Os perfis transversais são vetorizados da margem esquerda para margem a direita e no sentido de jusante;
- Os perfis transversais são desenhados perpendicularmente à direção do fluxo;
- Não deve haver interceção entre perfis transversais;
- Os perfis transversais só podem intersetar o canal, cada uma das margens e as linhas de direção de fluxo apenas uma vez;
- Este elemento não deve ser vetorizado em áreas sem dados (fora dos limites do MDT);
- Existindo infraestruturas (como edifícios ou pontes) é essencial que se implemente um perfil longitudinal, quer a montante, quer a jusante da estrutura para esta ser corretamente representada quando os perfis forem importados para o HEC-RAS.

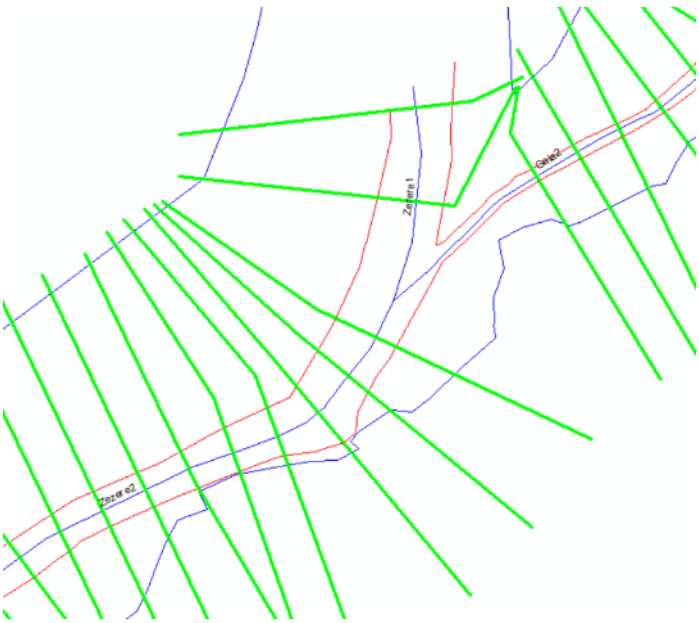


Figura 120 – Exemplo da definição dos perfis transversais da bacia hidrográfica do Zêzere (a verde)

5) Os próximos elementos a serem vetorizados são as pontes ou passagens hidráulicas, como descrito no *software* por *bridge e culverts*.

   A inclusão destes elementos é importante, na medida em que a sua adição proporciona um maior realismo ao modelo. Para uma correta vetorização deste elemento foram tidas em consideração as seguintes regras:

   - A vetorização (como no caso dos perfis transversais) deve ser efetuada da esquerda para a direita em direção a jusante;
   - Devem ser removidos no MDT os pontos cotados assinalados nas pontes;
   - O vértice inicial e final da linha que define o tabuleiro da ponte deve estar sempre à cota do tabuleiro da ponte;
   - É necessário definir alguns atributos neste elemento como o nome do rio ou tributário, margens e elevação (extraído automaticamente), assim como o nome do elemento, largura, etc.
   - É necessário editar o elemento posteriormente no *software* HEC-RAS, para definir propriedades adicionais;

Figura 121 – Exemplo da definição de ponte na bacia hidrográfica das Inguias (a vermelho espesso)

6) Outro elemento incorporado no modelo hidráulico foi as áreas sem movimentação de água ou como referidas no manual *ineffective flow area*. Estas podem ser definidas como áreas onde a água tem velocidade zero. Este tipo de elemento é particularmente útil porque define áreas, que na eventualidade de serem atingidas por uma cheia, a água nesses locais terá uma velocidade próxima do zero. Considerou-se a jusante e montante das pontes, quando a água atinge determinada cota, a água estagna.

Este tipo de elemento é extraído para uma tabela com base nos perfis longitudinais, sendo que nem todas as áreas introduzidas podem ser utilizadas pelo *software.*

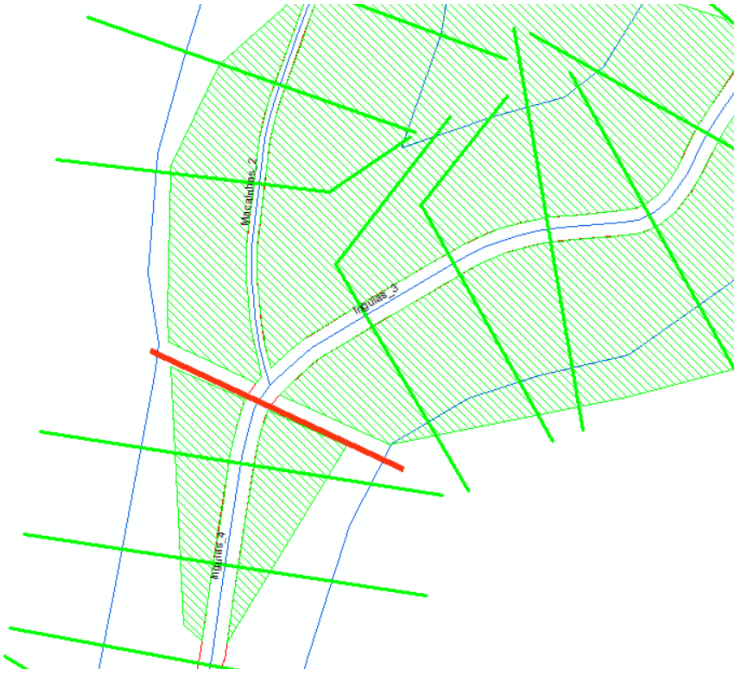


Figura 122 – Exemplo da delimitação das áreas sem movimento de velocidade na bacia hidrográfica das Inguias (trama verde)

7) Decidiu-se utilizar como obstruções todos os edifícios que poderiam ser eventualmente afetados por uma cheia. Para tal, separou-se a informação relativa ao edificado e adicionaram-se os edifícios como obstruções ou como referido no programa *blockedobs.*

   Este elemento é particularmente útil pois permite ao *software* identificar porções de terreno onde não pode existir escoamento. Os edifícios, além de serem incorporados diretamente no *software*, através da construção deste elemento, serão adicionados ao MDT. Este elemento, do tipo poligonal, é exportado como tabela, que contém informações como a sua posição relativamente aos perfis transversais.

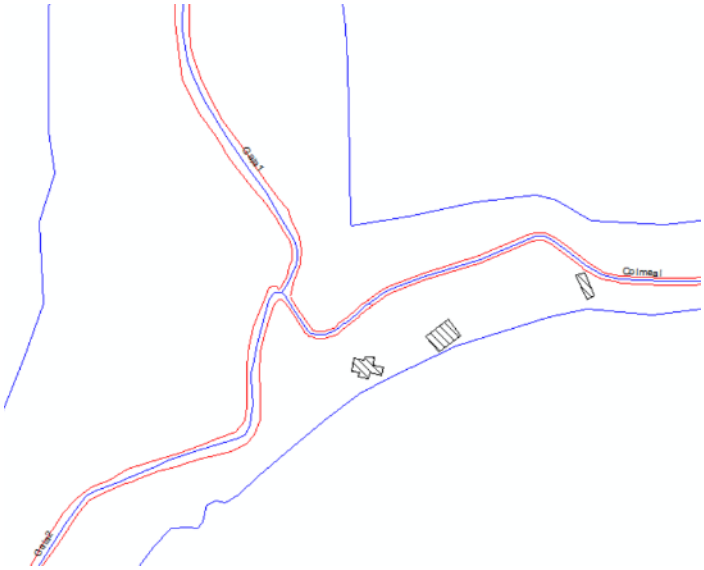


Figura 123 – Exemplo de obstruções na bacia hidrográfica do Zêzere (trama fechada a preto)

8) Por fim, utilizou-se a carta de ocupação do solo (COS) de 2018 disponibilizada no portal da DGT, importada para a *layer* relativa ao uso do solo referida *no software* *landuse*. Este elemento é essencial pois armazena o valor de rugosidade de Manning-Strickler. Este valor é utilizado pelo *software* HEC-RAS para definir diferentes rugosidades, aos diferentes usos do solo, o que interfere diretamente na velocidade de escoamento.

   Estes valores, embora sejam inseridos como polígonos associados a um uso do solo, serão extraídos para uma tabela, onde constará também informação relativa a cada um dos perfis longitudinais que intersetam cada um dos diferentes usos de solo.

   O Quadro 47 representa os valores de rugosidade de Manning-Strickler utilizados neste trabalho.

   Optou-se para o leito do rio o valor de 0.040 que representa um canal limpo, com alguma sinuosidade, com existências de rápidos, com a presença de vegetação e pedras. A Ribeira da Gaia possui um troço com 600 metros lineares cujas margens são revestidas com alvenaria de pedra seca, sendo considerado o valor de 0,033.

   Para os restantes valores representativos da realidade adaptou-se as constantes que exercem uma influência significativa no cálculo das zonas ameaçadas pelas cheias.

Quadro 47 – Valores de Rugosidade de Manning-Strickler aplicado no *software* HEC-RAS

Código de Uso Solo	Nomenclatura	Valores de Rugosidade de Manning
1.1	Tecido urbano	0.050
1.2	Indústria, comércio e transportes	0.050
1.3	Áreas de extração de inertes, áreas de deposição de resíduos e estaleiros de construção	0.050
2.1	Culturas temporárias	0.035
2.2	Culturas permanentes	0.040
2.3	Pastagens permanentes	0.030
2.4	Áreas agrícolas heterogéneas	0.040
3.1	Florestas	0.060
3.2	Florestas abertas e vegetação arbustiva e herbácea	0.025
3.3	Zonas descobertas e com pouca vegetação	0.020
N.A.	Canal	0.040
N.A.	Alvenaria pedra seca	0.033
N.A.	Betão	0.016

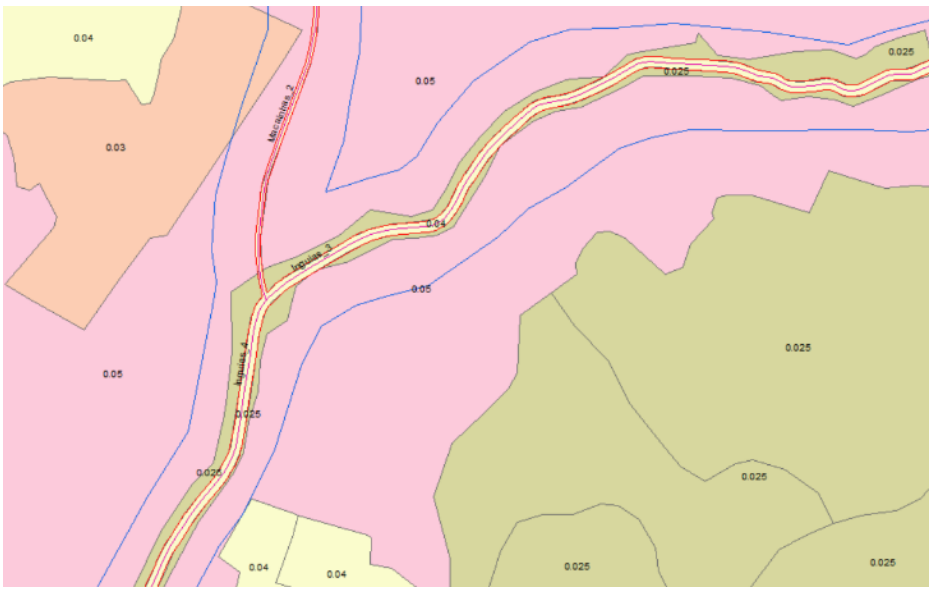


Figura 124 – Exemplo da sobreposição da COS na bacia hidrográfica das Inguias

A Figura 125 representa a geometria aplicada na bacia das Inguias, estando incluídos neste todos os elementos geométricos e relativos ao canal de escoamento.

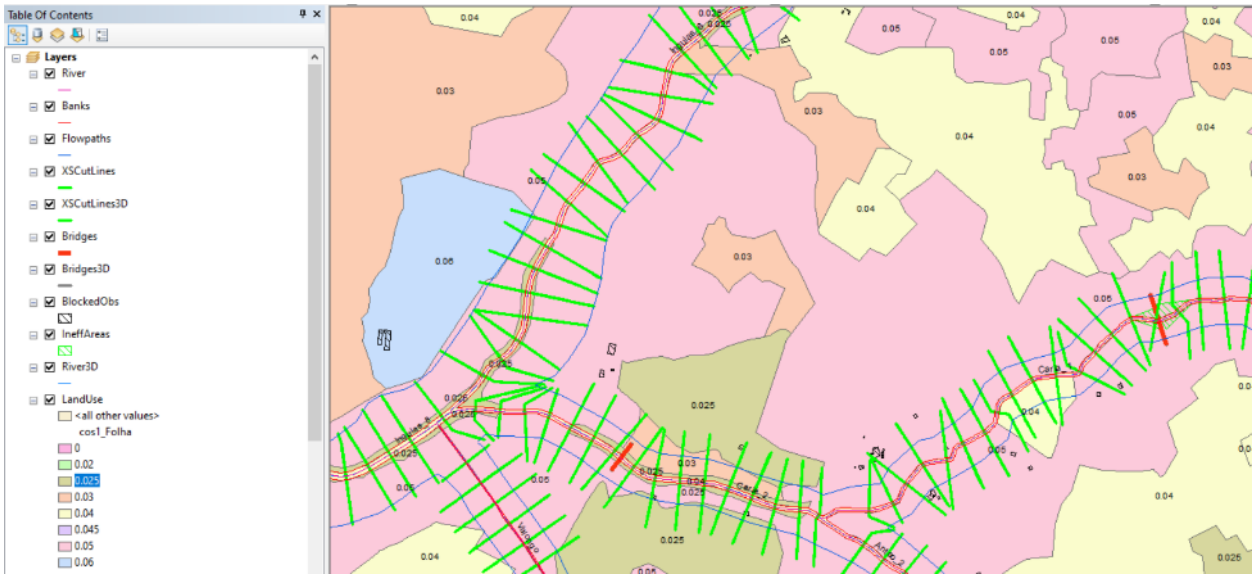


Figura 125 – Pormenor das variáveis que compõe o modelo hidráulico (confluência do ribeiro do Colmeal com a Ribeira da Gaia, na B.H. do rio Zêzere

3.2.2.6.2. Modelação Hidráulica HEC-RAS

Com os dados prontos para serem utilizados, é necessário previamente expor os dados para a integração no HEC-RAS, a partir da extensão HEC-GeoRAS, no ARCMAP.

Previamente identificou-se no *software* quais as camadas de informação que se pretende exportar através de um assistente que nos guia no processo de escolha. Após a seleção da informação, fez-se a exportação dos dados geométricos e tabulares, com todos os elementos que se trabalharam para o *software* HEC-RAS.

O ficheiro de exportação é do tipo XML, ou *extensible markup language*, onde todos os dados são guardados de forma hierárquica. Este ficheiro apenas representa a parte geométrica do projeto.

Definiu-se as unidades, do HEC-RAS, como métricas, criou-se um novo projeto e foi adicionado a este o ficheiro de geometria exportado anteriormente.

A Figura 126 esquematiza com os dados são representados no HEC-RAS, através da janela *Geometric data*, em *cross section data*

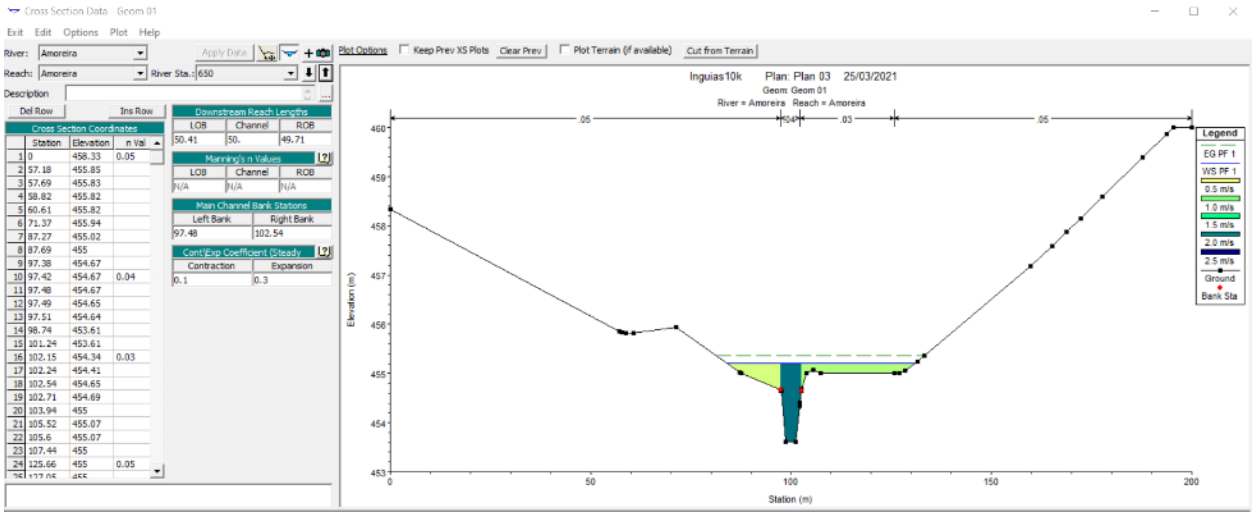


Figura 126 – Visualização do perfil transversal da ribeira da Amoreira, bacia hidrográfica das Inguias

Procedeu-se à inclusão de dados estruturais essenciais para representação das pontes e passagens hidráulicas (Figura 127), como a altura do tabuleiro, os pilares e distância entre estes. A correta representação das pontes torna-se essencial para um aprimoramento dos cálculos efetuados pelo programa, dado que as pontes podem ser um obstáculo à livre circulação da água, estas situações acarretam a definição de áreas onde a velocidade da água é zero.

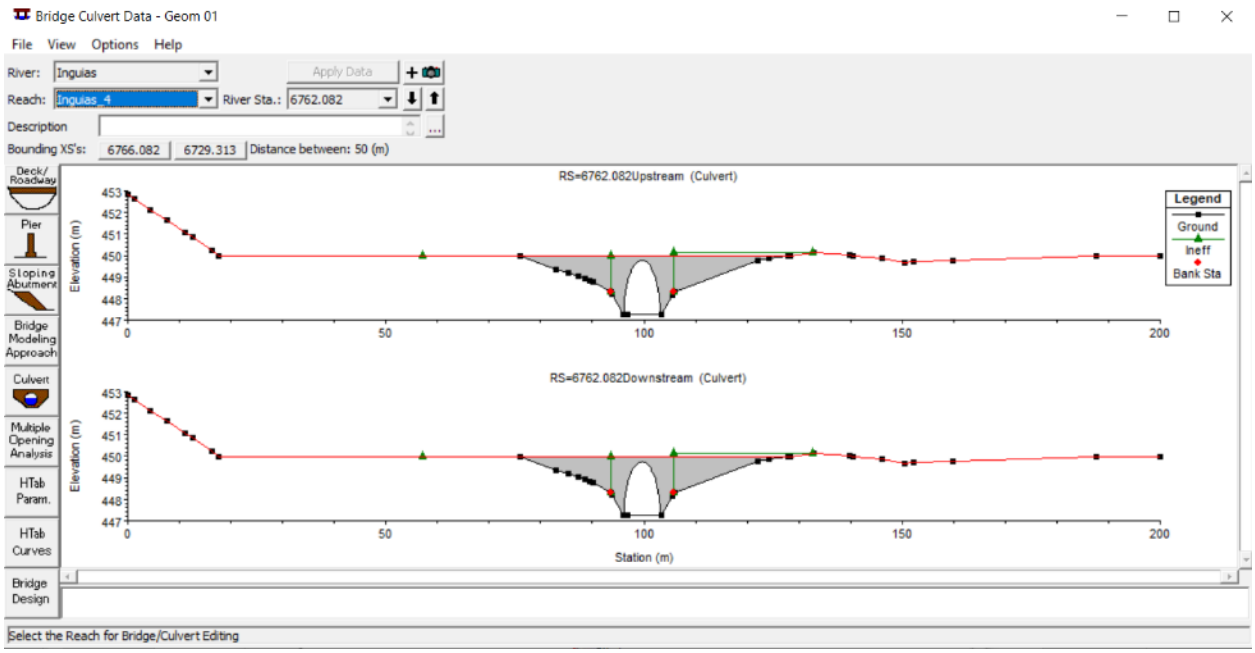


Figura 127 – Exemplo de dados estruturais da ponte sobre a Ribeira das Inguias, B.H. das Inguias

Concluído o procedimento ao nível geométrico, o próximo passo foi criar um ficheiro relativo ao escoamento, que entre outros dados terá os caudais de ponta de cheia que adotados (Figura 128 e Figura 129).

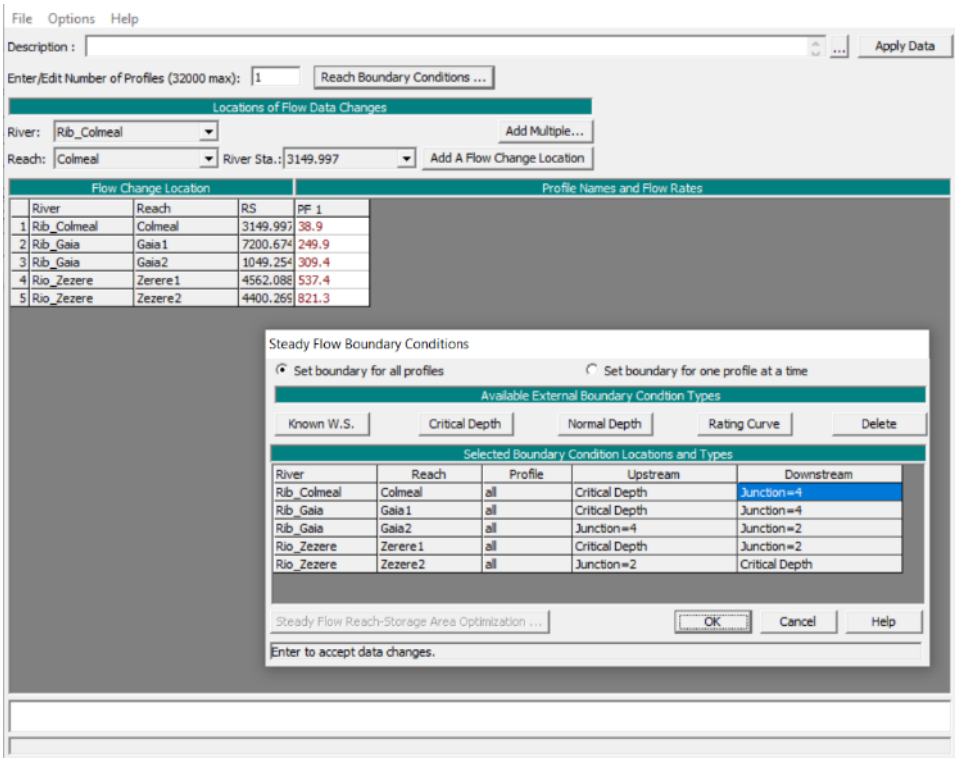


Figura 128 – Dados de escoamento uniforme e das condições de fronteira da B.H. do Zêzere

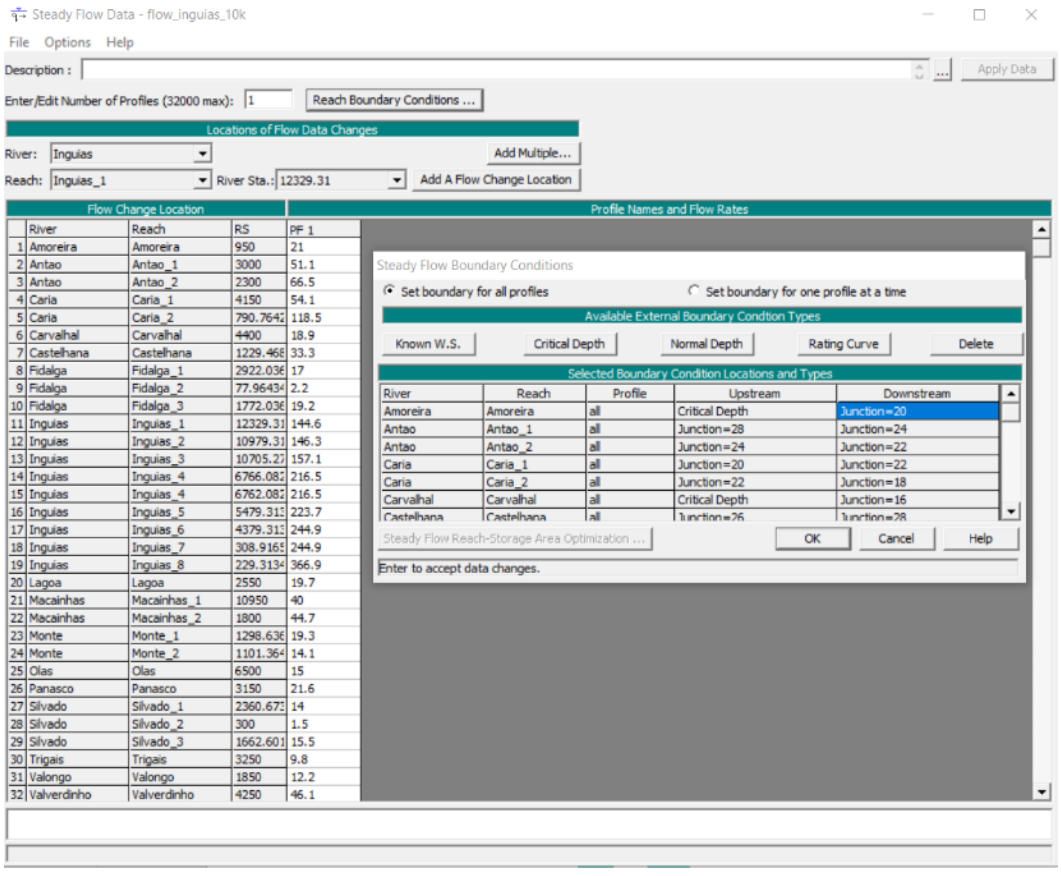


Figura 129 – Dados de escoamento uniforme e das condições de fronteira da B.H. das Inguias

Na simulação foi definido o modo de fluxo permanente (*steady flow)*. Para se realizar a simulação, o *software* requer que sejam introduzidos os caudais de ponta de cheia para cada sub-bacia hidrográfica, nas junções dos cursos de água e na secção. Posteriormente é definido as condições de descarga, optou-se pela *critical depth*, não é necessário a introdução de nenhum dado, sendo o *software* a calcular a profundidade crítica e a utilizar esse valor como limiar para cada uma das secções transversais.

O módulo RAS-Mapper disponível no HEC-RAS, não possui uma qualidade desejável à visualização dos resultados da simulação, optou-se então pelo processo de avaliação da informação em ambiente SIG no qual se procedeu à análise e correção dos dados obtidos.

A apresentação dos resultados em ArcMap requerer que estes sejam convertidos de SDF para XML, e seguidamente de XML para uma *Geodatabase*, para onde são convertidos e armazenados os ficheiros trabalhados, a saber:

- Limite de inundação – polígono
- Margem – pontos
- Velocidade da água – linha
- Centro geométrico do canal – linha
- TIN representativo das cotas da água – TIN

O HEC-RAS exporta dois tipos de resultados: o limite vetorial com o perímetro de inundação e as alturas da água em formato TIN, que é posteriormente convertido em *raster* e subtraído ao MDT em formato *raster* original com as cotas de terreno. Este processo devolve a diferença entre as alturas observadas e o relevo, devolvendo um *raster* com as alturas da coluna de água. Permitiu ainda à obtenção dos dados referentes à velocidade de água para a extensão do perímetro de inundação.

As plantas no anexo 3, apresentam os valores obtidos, para cada secção, a velocidade de escoamento e às respetivas alturas da lâmina de água em função do caudal de cálculo.

3.2.2.7. Validação dos resultados obtidos

A aplicabilidade da metodologia a determinação das zonas ameaçadas pelas cheias só é possível com a resolução do MDT.

O ArcMap associado ao modelo HEC-HMS e ao modelo hidráulico HEC-RAS revelaram-se uma poderosa ferramenta na simulação da hidrodinâmica dos canais naturais de forma relativa célere à representação da realidade fluvial, na obtenção da área inundável, correspondente as Zonas Ameaçadas pelas Cheias no concelho de Belmonte.

Em síntese, para o período de retorno igual a 100 anos, conclui-se que as bacias hidrográficas em estudo são delimitadas por uma zona inundável com a área descrita no Quadro 48 e representada na Figura 130).

Quadro 48 – Áreas ameaçadas pelas cheias em função do caudal de ponta de cheia

Bacia hidrográfica	Caudal de ponta de cheia [m³/s]	Zonas Ameaçadas pelas Cheias [ha]
do Zêzere	821,32	223.25
das Inguias	607,86	548.51

Figura 130 – Área proposta pelas Zonas Ameaçadas pelas Cheias, no concelho de Belmonte (sem escala)

3.2.2.7.1. Confrontação dos resultados obtidos em pontos críticos e secções singulares

No concelho de Belmonte quando ocorrem ocorrência de cheias fluviais, estas não têm conduzido a consequências prejudicais significativas, sem registo de perda de vidas humanas, de risco de segurança de pessoas ou bens. Não obstante, no que diz respeito a salvaguarda de bens estes refletem, sobretudo, em termos da produção agrícola. Contudo, estas cheias traduzem-se benéficas devido a componente de fertilização do solo, desde que não ocorra erosão do solo. Da leitura dos resultados, as inundáveis são maioritariamente zonas agrícolas, sem pontos nevrálgicos em solo dito urbano. Todavia, apresenta-se seguidamente perfis transversais de locais mais críticos e secções singulares (a montante de passagens superiores: ponte) que atestam que que o estudo apresentado é válido quando comparado com cotas recolhidas em locais cujo limite de inundação é conhecido, por marcas existentes ou por testemunho de populares. A informação recolhida foi maioritamente recolhida por testemunhos , que ocorreu no dia 9 de julho de 2020, em locais diferentes em cada uma das bacias hidrográficas.

Este processo de recolha da cota foi feito com recurso a um GPS, manipulado pelo técnico de topografia Sr. José Augusto Marques, que presta serviços ao Município de Belmonte. Aplicou-se o equipamento e características abaixo descristas:

- Rover: Spectra Precision EPOCH 35 RTK GNSS (GPS+GLONASS);
- Controladora: NOMAD 800 X;
- Base: RENEP Guarda e Penamacor;
- Datum: ETRS89;
- Datum Altimétrico: Marégrafo de Cascais.

A. Bacia hidrográfica do Zêzere

i. Secção transversal 7100.561 - Ribeira da Gaia– ao limite do concelho a Norte

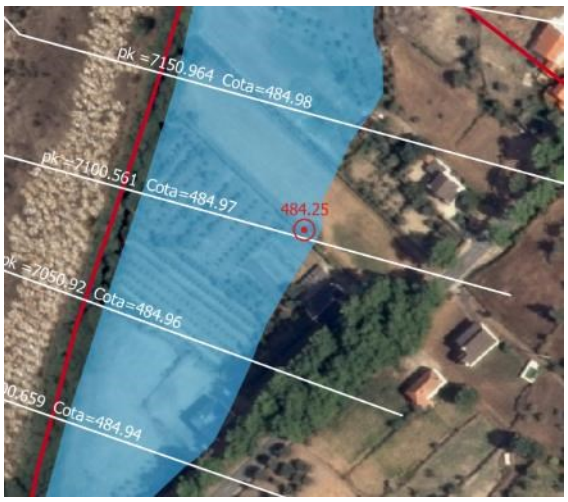
Localização	Fotografia do local
	

Figura 131 - Localização da secção transversal 7100.561, ribeira da Gaia

O senhor Armindo dos Santos, de 70 anos (no ano 2020), residente no local, identificou o sítio onde chegou a última cheia. Esta cheia ocorreu em dezembro de 2019, pela depressão "Elsa", cuja cota identificada é de 484.25 metros, inferior a cota de cálculo de 484.97 metros. Contudo, foi reportado que é possível que a cheia venha subir mais do que atualmente, devido alteração da topografia, bem como de obras feitas na margem direita com recurso a enrocamento com blocos de granito, no concelho da Guarda. Este empedrado acompanha o leito com altura superior e desenvolve-se perpendiculamente ao curso do leito (Figura 132). Isto faz com que a área inundável seja desviada para a margem esquerda, no concelho de Belmonte, tendencialmente fará subir a cota nesta margem. O Sr. Armindo dos Santos afirmou verbalmente que a intervenções feitas na margem direita da ribeira da Gaia já foi reportado à Agência Portuguesa do Ambiente, Direcção Regional da Agricultura, Ministério Público e Guarda Nacional Republicana.

Figura 132 - Enrocamento na margem direita da ribeira da Gaia

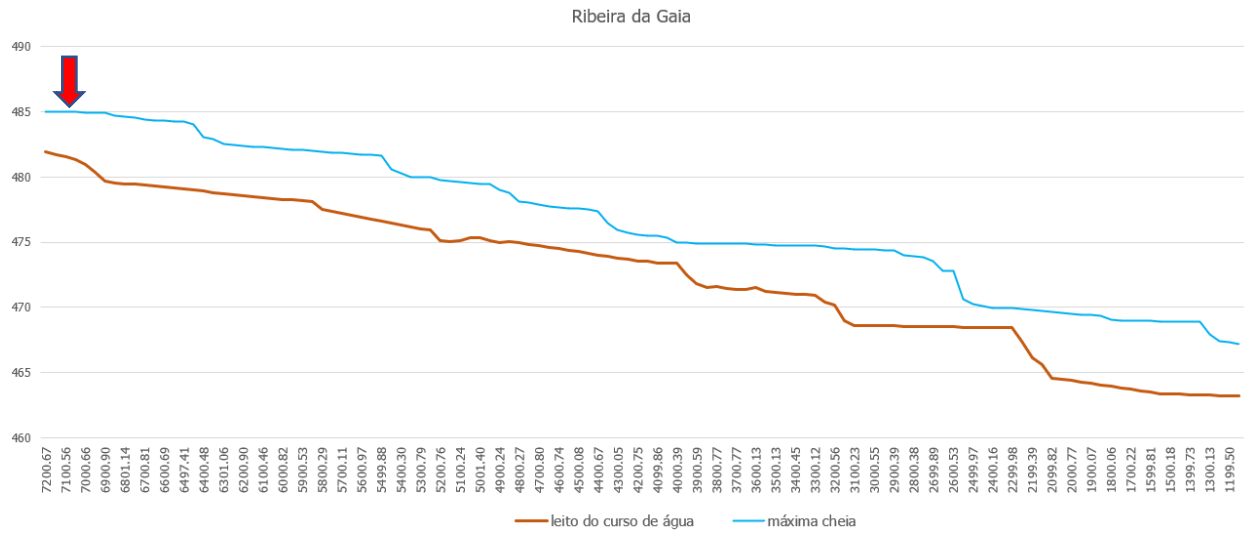


Figura 133 - Perfil longitudinal da ribeira da Gaia, com localização do perfil 7100.561

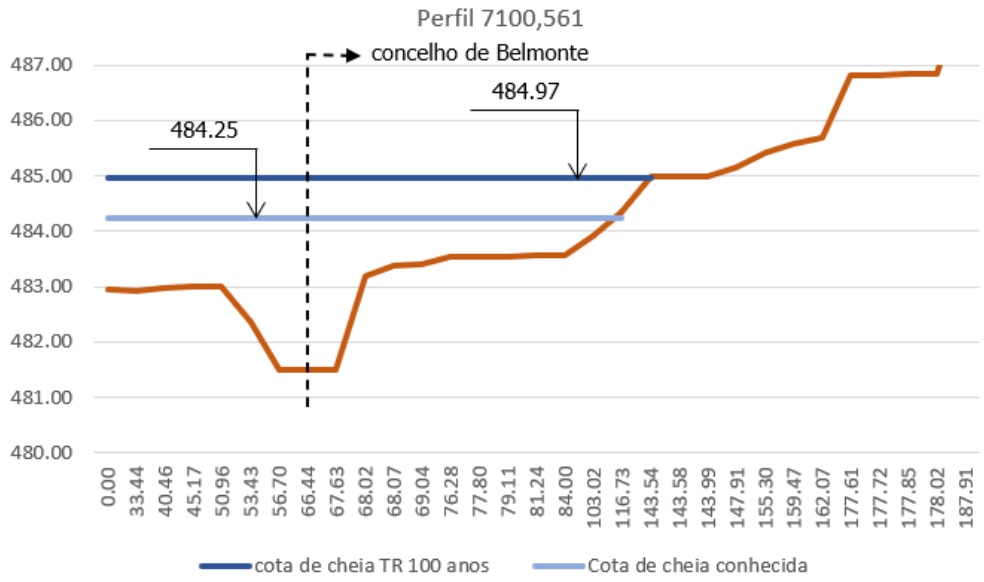


Figura 134 - Perfil transversal esquemático da secção transversal 7100.561, ribeira da Gaia

ii. Secção transversal 2950.52, Ribeira da Gaia– Jardina

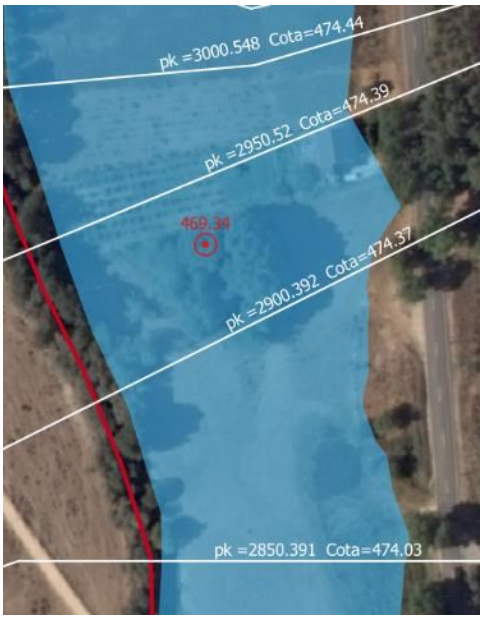
Localização	Fotografia do local
	

Figura 135 - Localização da secção transversal 2950.52, ribeira da Gaia

O Senhor José Soeira identificou o local de maior cheia junto ao local denominado por Jardina, cuja cota é 469.34 metros, cuja cota cheia de calculo é de 473,38 metros. No local apresenta sempre um lençol de água junto à Estrada Nacional 18, que contorna uma moradia aí existente. Contudo, não existe registo de que os atuais residentes da moradia, bem como os anteriores tivessem sido evacuados ou prejuízos de maior.

Perfil longitudinal do troço

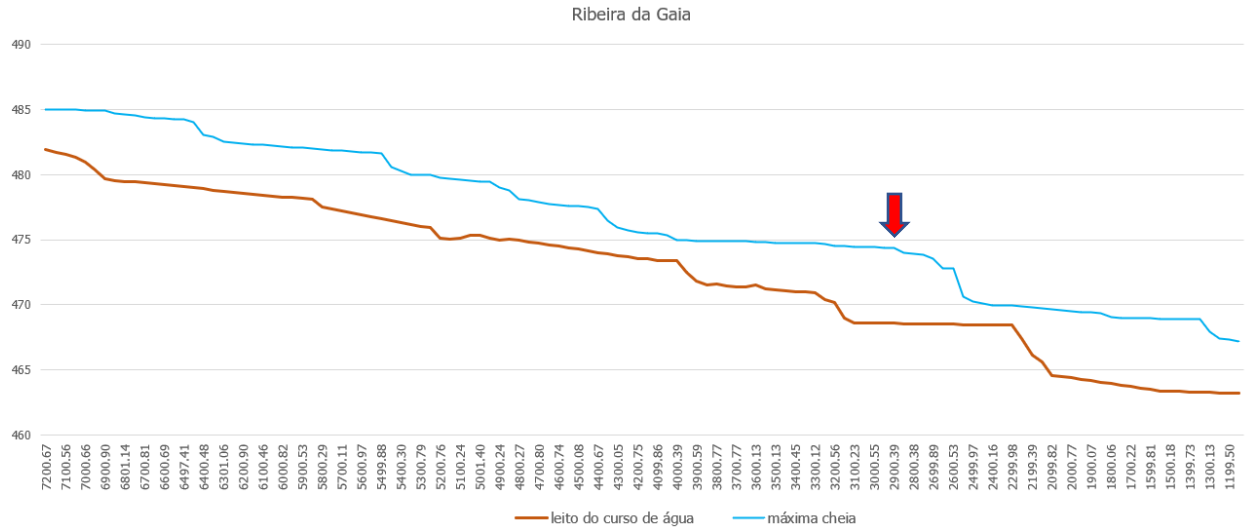


Figura 136 - Perfil transversal da secção transversal 2950.52, ribeira da Gaia

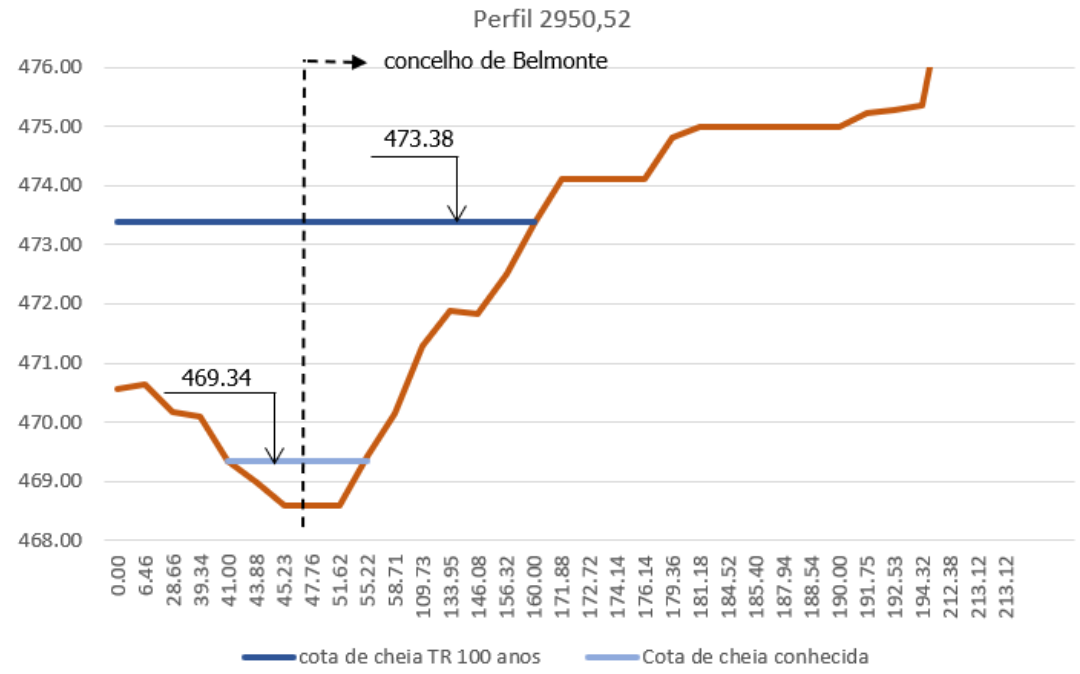


Figura 137 - Perfil transversal esquemático da secção transversal 2950.52, ribeira da Gaia

iii. Secção transversal 1650.126, Ribeiro do Colmeal da Torre– Ponte do Colmeal da Torre

Localização	Fotografia do local

Figura 138 - Localização da secção transversal 1650.126, ribeiro do Colmeal da Torre

O Senhor José Vaz, de 66 anos (no ano 2020), proprietário de um prédio rústico confinante com o ribeiro do Colmeal da Torre, onde prática há vários agricultura sutentável, identificou o local da última cheia cuja cota é de 480.40 metros, sendo a cotra de cheia calculada de 481.45 metros. Contudo, foi garantido pelo testumunhante que o seu terreno nunca foi inundado apesar de confinar com a ribeira.

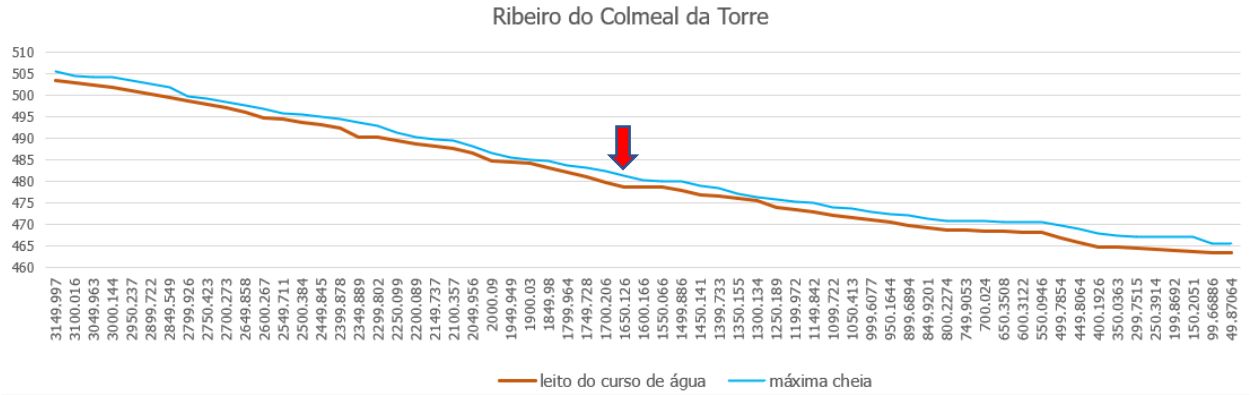


Figura 139 - Perfil longitudinal do ribeiro do Colmeal da Torre, com referência a secção transversal 1650.126

Perfil transversal

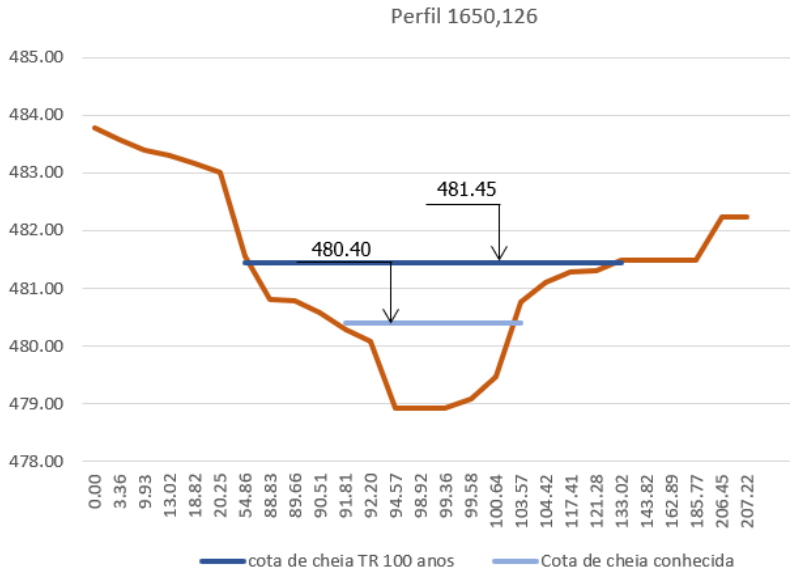


Figura 140 - Perfil transversal esquemático da secção transversal 1650.126, ribeiro do Colmeal da Torre

iv. Secção transversal 4322.48, Rio Zêzere – Ponte de Belmonte

Localização	Fotografia do local

Figura 141 - Localização da secção transversal 4322.48, rio Zêzere

Como já foi referido no historial de cheia, a única marca registada de cheia é na Ponte de Belmonte, sobre o rio Zêzere que possui a data de 8 janeiro de 1996. A cota de cheia foi de 459.59 metros, inferior a cota de cálculo de cheia de 462.31 metros.

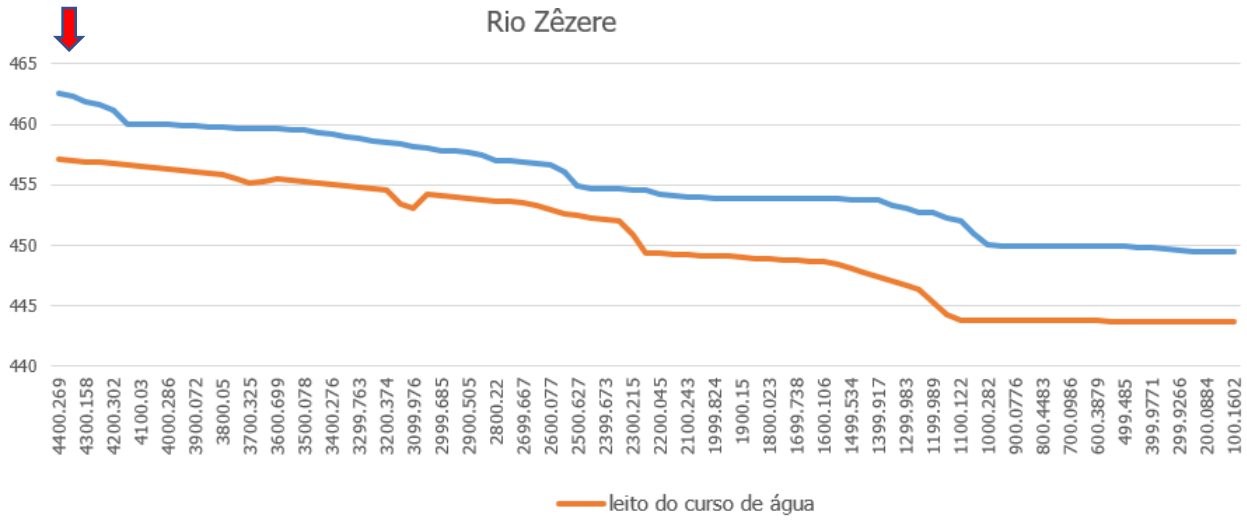


Figura 142 - Perfil longitudinal do rio Zêzere, com referência a secção transversal 4322.84

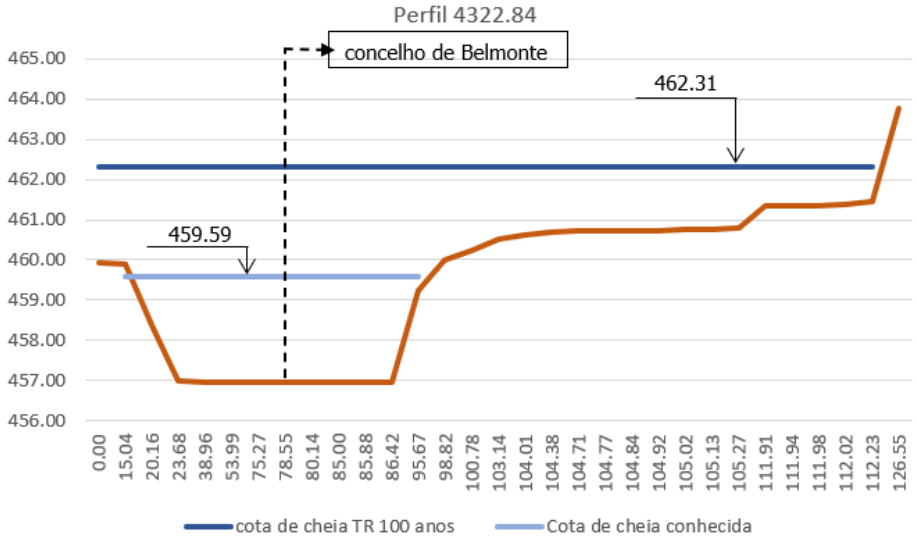


Figura 143 - Perfil transversal esquemático da secção transversal 4322.84, rio Zêzere

B. Bacia hidrográfica das Inguias

i. Secção transversal 2029.31, Ribeira das Inguias – Ponte de São Sebastião

Localização	Fotografia do local

Figura 144 - Localização da secção transversal 2029.31, ribeira das Inguias

O antigo presidente da Junta de Freguesia de Caria, com mandatos entre os anos de 1998 a 2013, Senhor Victor Alves, de 68 anos (no ano 2020), nascido e residente junto à ponte de São Sebastião identificou o local de maior cheia nos últimos anos, cuja cota é 436.74 metros. Recordou que na sua infância a ribeira das Inguias estava assoreada com areias, nos anos 80 foi feita a extracção dessas areias, o leito afundou cerca 1,5 metros. A partir da dragagem, a cheia nunca passou a estrada EM 345. Segundo o testemunhante, recordou que em criança que a cheia chegou atinguir o edifício da moagem cuja cota é 438.15 metros. A cota de cálculo é de 437.95 metros muito superior à cota conhecida de 436.74 metros.

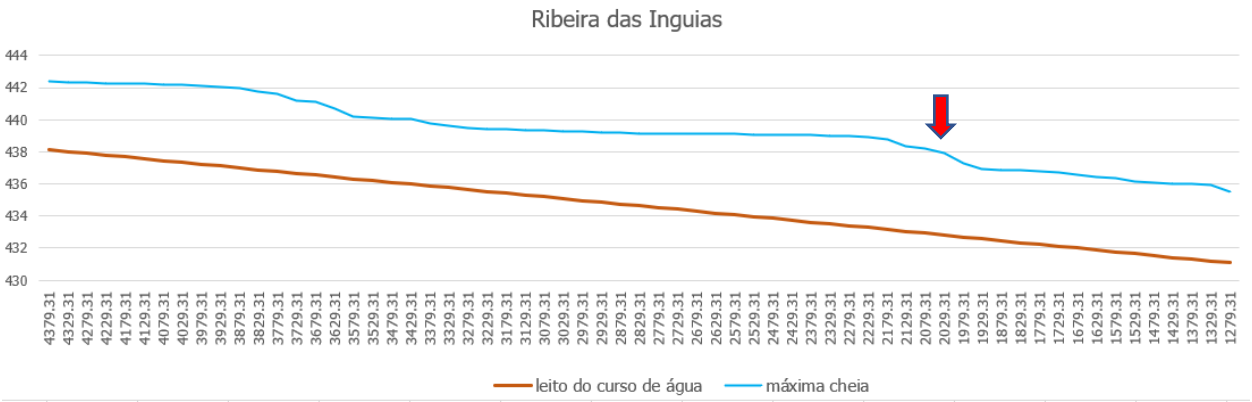


Figura 145 - Perfil longitudinal da ribeira das Inguias , com referência a secção transversal 2029.31

ii. Secção transversal 8075.45, Ribeiro de Maçainhas – a jusante da ponte

Localização	Fotografia do local

Figura 146 - Localização da secção transversal 8075.45, ribeira de Maçainhas

O ex-presidente da Junta de Freguesia de Maçainhas, Senhor Carlos Teixeira, com 64 anos (no ano 2020), com os mandatos entre os anos de 1997 a 2013, identificou a cota de cheia observável de 496.38 metros, a jusante da ponte, cuja cota de cheia de calculo é de 497,25 metros. Por vezes, ocorre inundação dentro do Lagar de Azeite, não está relacionado com o transbordo do curso de água, mas sim de uma levada de água que outrora fazia movimentar o moinho do lagar. Existe uma comporta a montante a qual deve estar fechada, caso contrário propriciará que água entre dentro do edifício.

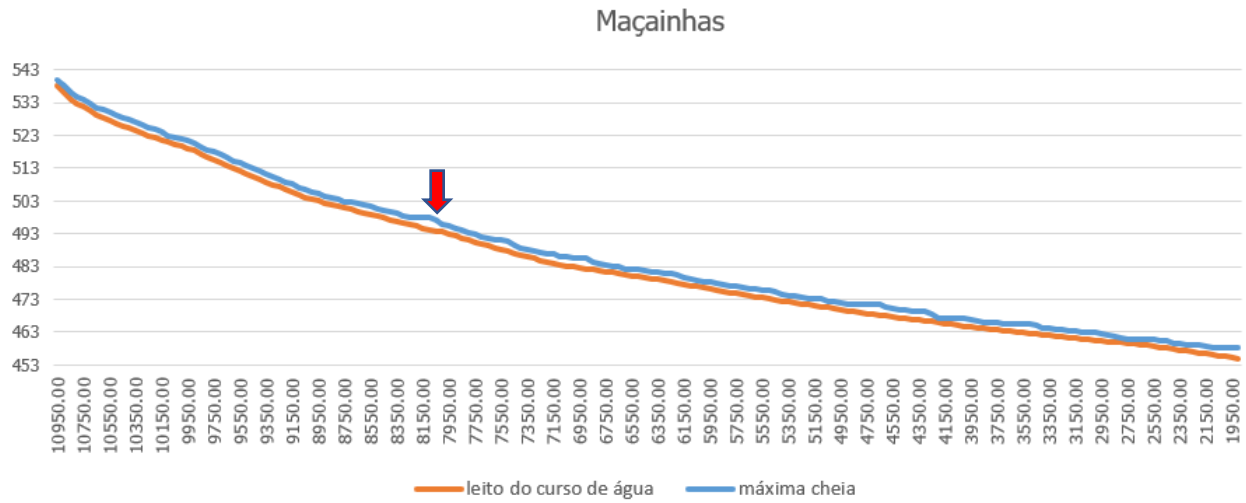


Figura 147 - Perfil longitudinal da ribeira de Maçainhas, com referência a secção transversal 8075.45

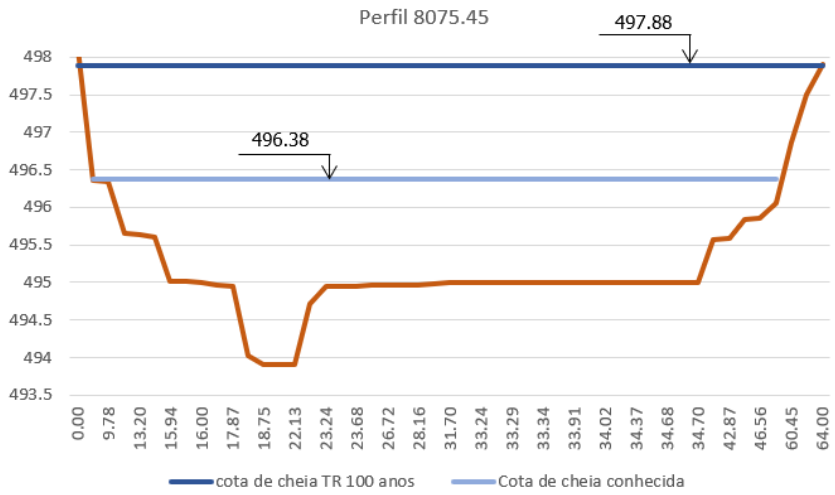


Figura 148 - Perfil transversal esquemático da secção transversal 8075.45, ribeira de Maçainhas

iii. Secção transversal 6789, Ribeira das Inguias – na confluência das ribeiras de Maçainhas e das Inguias

Localização	Fotografia do local

Figura 149 - Localização da secção transversal 6789, ribeira das Inguias

O Senhor Manuel Cameira identificou junto da ponte do carvalhal, na junção da ribeira de Maçainhas e das Inguias, o local onde é de costume chegar cheia, cuja cota é 449.69, inferior a cota de cheia calculada de 450,87 metros..

Perfil longitudinal do troço

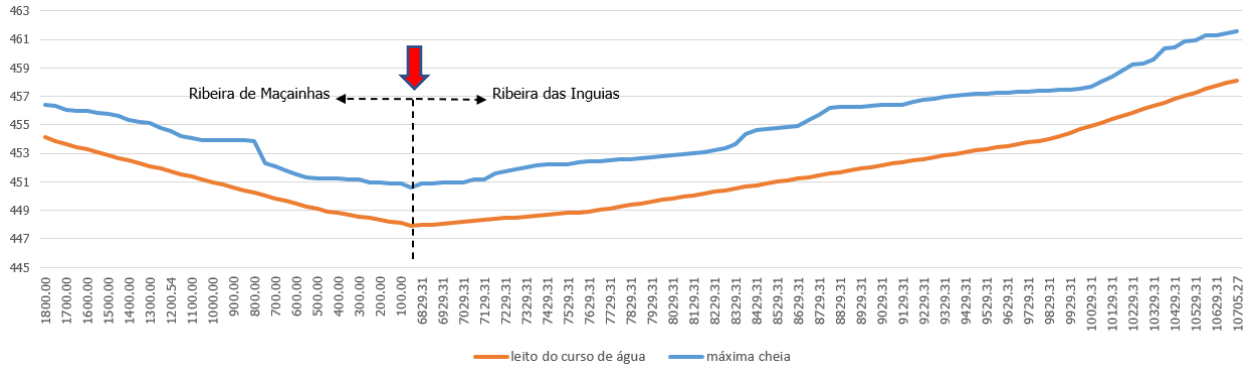


Figura 150 - Perfil longitudinal da ribeira das Inguias, com referência a secção transversal 6789

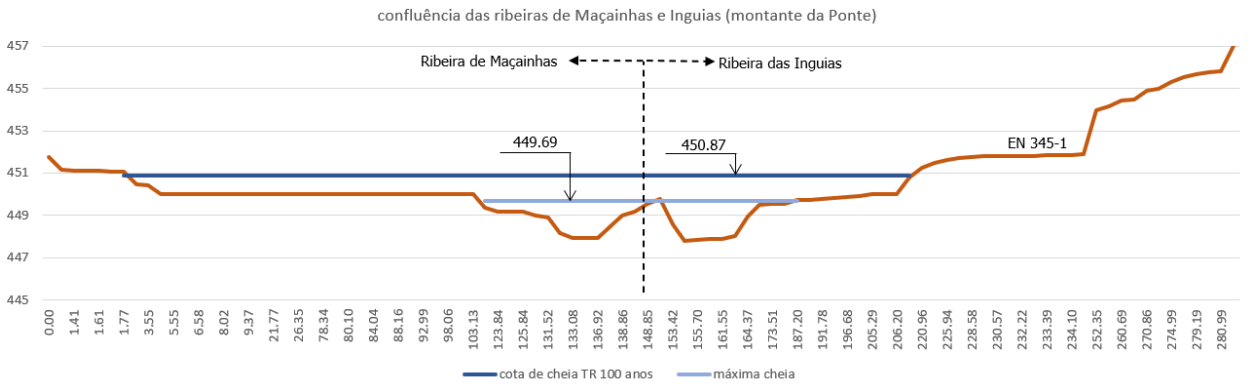


Figura 151 - Perfil transversal esquemático da secção transversal 6789, confluência entre a ribeira de Maçainhas e das Inguias a montante da ponte

3.2.2.7.2. Verificação das confluências das margens

Em relação aos pontos confluência apresentam-se dois exemplos, um para a bacia hidrográfica do Zêzere e outra Bacia hidrográfica das Inguias.

Em relação a bacia hidrografia do rio Zêzere existe apenas um ponto de confluência, entre a ribeira da Gaia com o ribeiro do Colmeal da Torre. A cota de cheia da junção da margem esquerda da ribeira da Gaia com o ribeiro do Colmeal da Torre é de 467.12metros (Figura 152 e Figura 153).

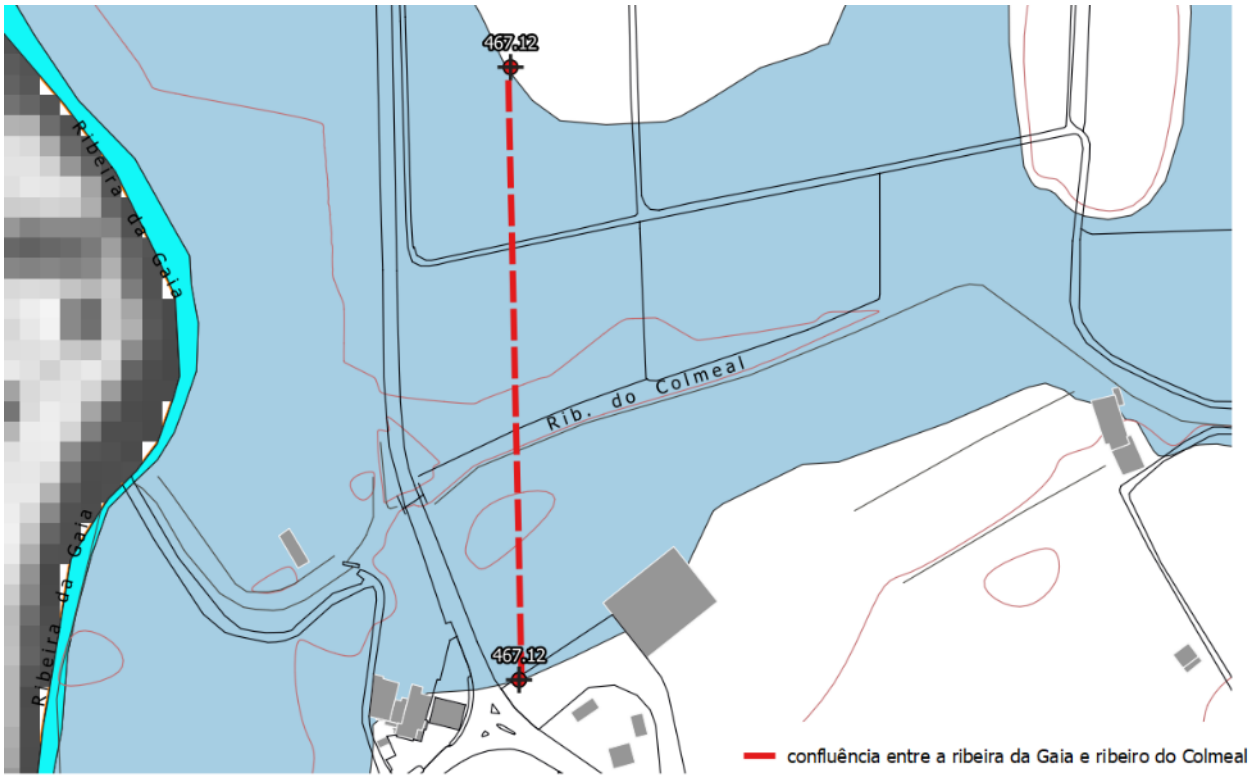


Figura 152 - Localização da confluência entre a Ribeira da Gaia e Ribeiro do Colmeal da Torre

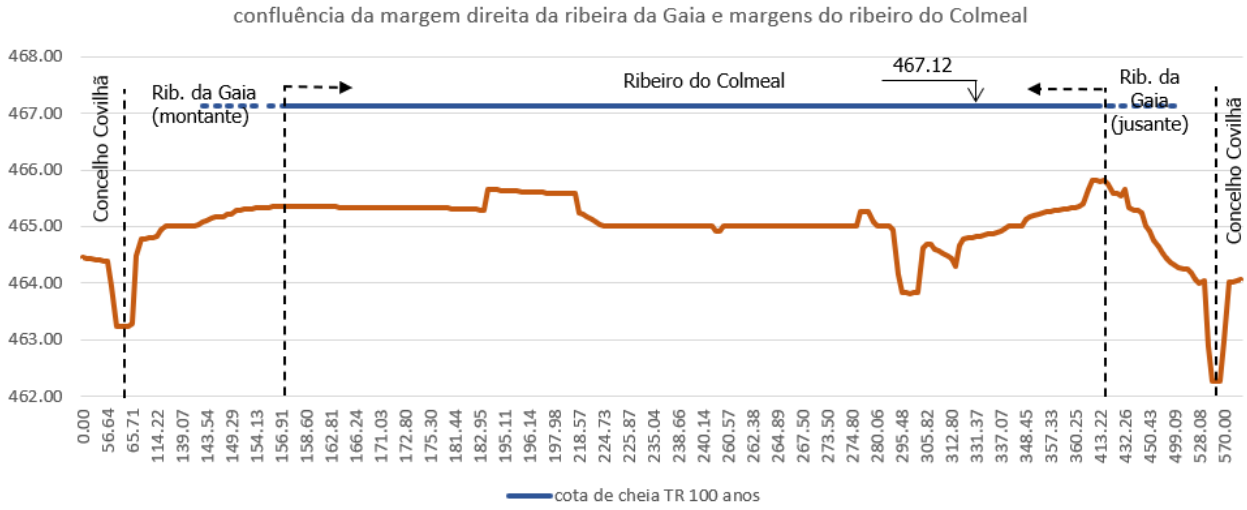


Figura 153 - Perfil transversal esquemático da confluência entre a Ribeira da Gaia e Ribeiro do Colmeal da Torre

Em relação a bacia hidrográfica das Inguias apresenta-se a confluência da ribeira das Inguias com a ribeira de Maçainhas. A junção entre a margem esquerda da ribeira de Maçainhas e a margem direita da ribeira das Inguias é a cota de 451.18 metros (Figura 154 e Figura 155).

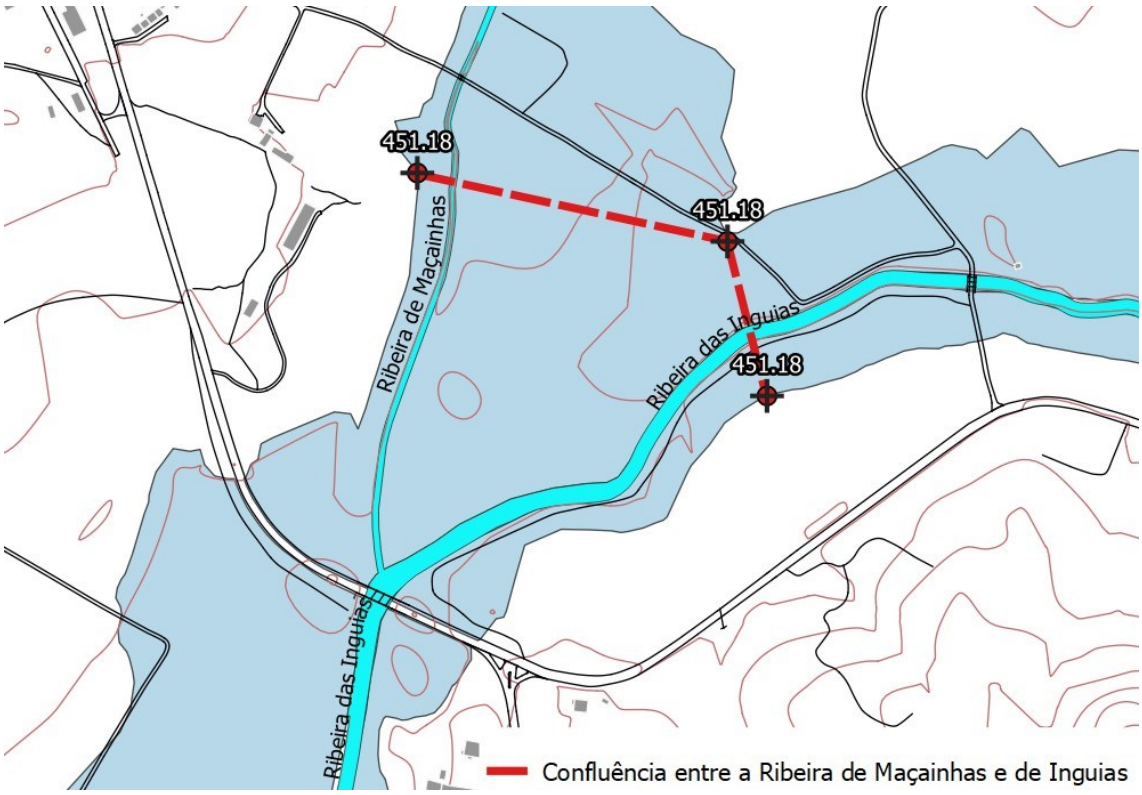


Figura 154 - Localização da confluência entre a Ribeira das Inguias e Ribeira de Maçainhas

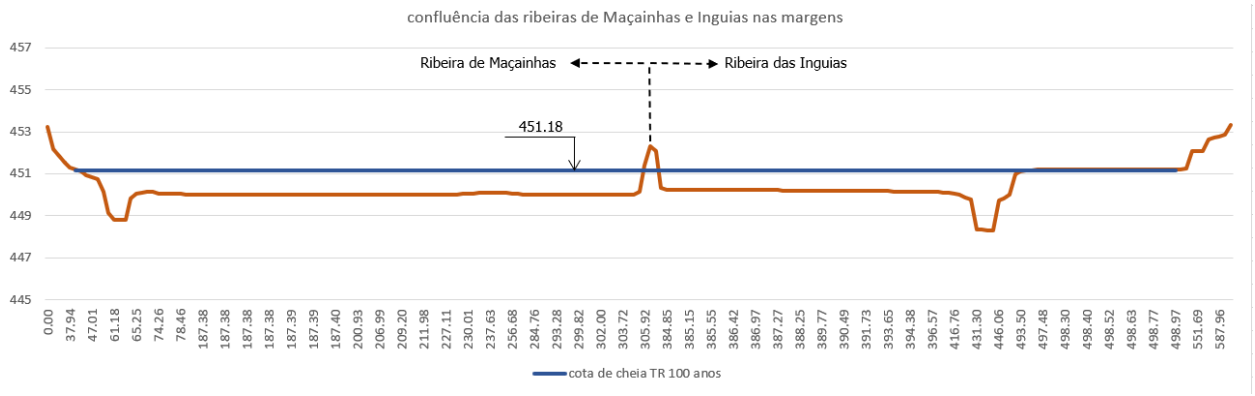


Figura 155 - Perfil transversal da confluência entre a Ribeira das Inguias e Ribeira de Maçainhas

3.2.2.7.3. Comparabilidade com a REN em vigor

Verifica-se uma diminuição considerável da área inundável em relação a REN aprovada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 76/96, de 27 de maio, e consequentes alterações. Este diferencial deve-se ao facto não ter sido levado em consideração a aplicabilidade de estudo hidrológico e hidráulico no cálculo dos Leitos de cursos de Água e Zonas Ameaçadas pelas Cheias delimitados ao abrigo do Decreto-Lei nº 93/90, de 19 de março. O Quadro 49 apresenta a diferença de áreas obtidas para as duas bacias.

Quadro 49 – Quadro comparativo das áreas ameaçadas pelas cheias em função do caudal de ponta de cheia

Bacia hidrográfica	**Zona Ameaçada pelas Cheias** nos termos OENR **[ha]**	**Leitos de Cursos de Águas e Zona Ameaçada pelas Cheias** nos termos D.L. nº 93/90, de 19 de março, incluindo correção material (Despacho n.º 6663/2018) **[ha]**	**Diferencial em Percentagem** **%**
do Zêzere	223.25	375.03	-40.47
das Inguias	548.51	1787.58	-69.32

A Figura 156 apresenta a sobreposição entre Leitos de Cursos de Água e Zonas Ameaçadas pelas Cheias ao abrigo do Decreto-Lei nº 93/90, de 19 de março e o estudo das Zonas Ameaçadas pelas Cheias aqui exposto ao abrigo da Orientações Estratégicas de Âmbito Nacional e Regional.

Confrontado a figura 156 e o quadro 49 é notória a redução significativa das zonas ameaçadas pelas cheias relativamente a que se encontra em vigor, para a bacia do rio Zêzere é um diferencial de -40.47% e na bacia da ribeira das Inguias é de -69.32%. Ou seja, para o concelho de Belmonte, há uma redução de cerca de 64% das zonas ameaçadas pelas cheias pelo estudo apresentado. Uma das razões deve-se pelo facto da não existência, aquando da delimitação, de critério definidos no Decreto-Lei n.º 93/90, de 19 de Março, a delimitação foi feita empiricamente, por técnicos com conhecimento abstrato da realidade e também por falta de meios tecnológicos adequados ao cálculo

hidrológico e hidráulico. Ao longo da vigência das ZAC os técnicos municipais, por várias vezes, detetaram erros delimitação, em que a mancha definidas jamais atingiriam determinados locais por se localizaram a cotas manifestamente elevadas, um desses casos traduziu-se na correção material ao abrigo do Despacho n.º 6663/2018, 9 de Julho.

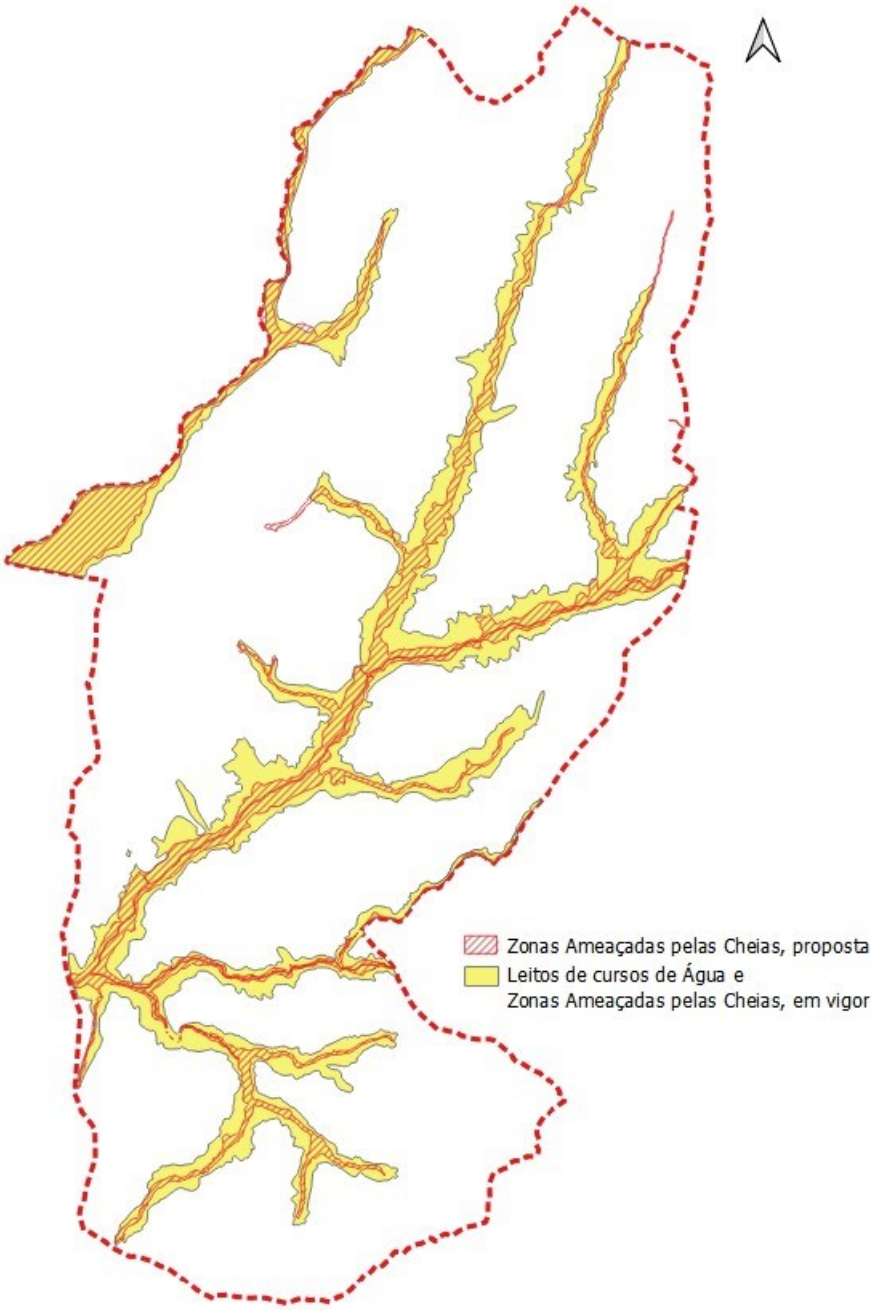


Figura 156 – Zona limitada por Zona Ameaçadas pelas Cheias, no concelho de Belmonte (sem escala)

Na planta no anexo 3 constam os resultados para as secções estudadas com apresentação dos caudais adotados, cotas de máxima cheia, alturas de água da bacia do rio Zêzere e da bacia da ribeira das Inguias, respetivamente.

3.2.2.8. Compatibilização de Zonas Ameaçadas pelas Cheias entre concelhos limítrofes com o concelho de Belmonte

De seguida apresenta o justificativo da não compatibilização entre REN dos concelhos limítrofes ao concelho de Belmonte: a Norte com o concelho da Guarda, de Nascente com o concelho de Sabugal, do Poente com o concelho da Covilhã, e do Sul com o concelho do Fundão. Contudo, não é possível aferir corretamente as divergências entre concelhos confinantes, dado que as Zonas Ameaçadas pelas Cheias aqui apresentadas tem como base o cálculo sobre a cartografia 1:10000, enquanto os concelhos confinantes tem como base cartográfica a escala 1:25000.

Concelhos: Belmonte versus Fundão

Em relação entre o concelho de concelho Belmonte versus Fundão, em termos de Zonas Ameaçadas pelas Cheias não existe quaisquer conflitos, estes dois concelhos são separados fisicamente por cumeeiras, consequentemente possuem escoamento para sub-bacias diferentes (figura 157).

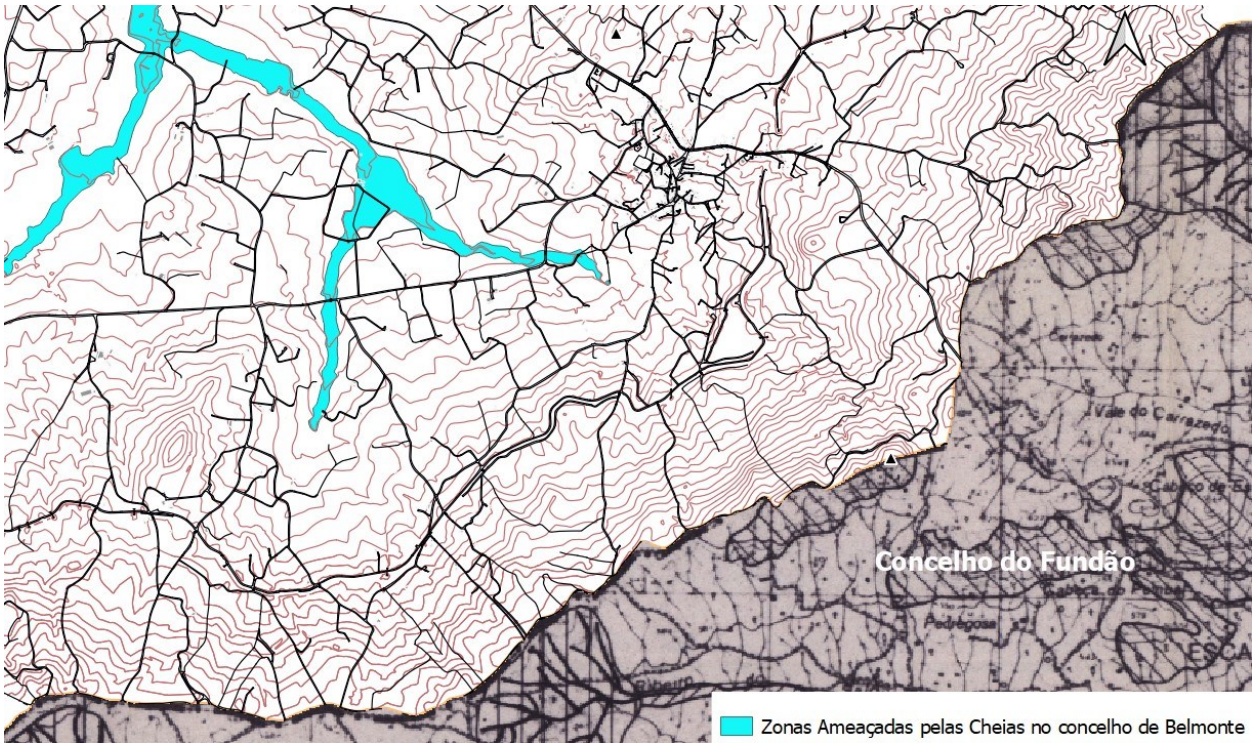


Figura 157 – Fronteira entre o Concelho de Belmonte com o concelho do Fundão

Concelhos: Belmonte versus Covilhã

O limite de fronteira entre o concelho de Belmonte e Covilhã existem algumas divergências, na transição entre a ribeira das Inguias e o rio Zêzere, justificável pelo facto da REN da Covilhã ter sido publicada pela Resolução de Conselho de Ministros n.º 98/98, de 4 de agosto, parcialmente alterada pela Portaria nº 499/2010, de 14 de julho, e pela Portaria nº 18/2012, de 20 de janeiro, cuja sua aprovação foi ao abrigo do RJREN, consagrado pelo Decreto-Lei nº 93/90, de

19 de março, cuja metodologia e critério diferem cientificamente dos atuais previstos nas Orientações Estratégicas de âmbito Nacional e Regional (OENR).

Em relação a ribeira das Inguias o limite das ZAC's é menor em relação à representação das ZAC's do concelho da Covilhã, contudo as cartografias de base são diferentes (figura 158).

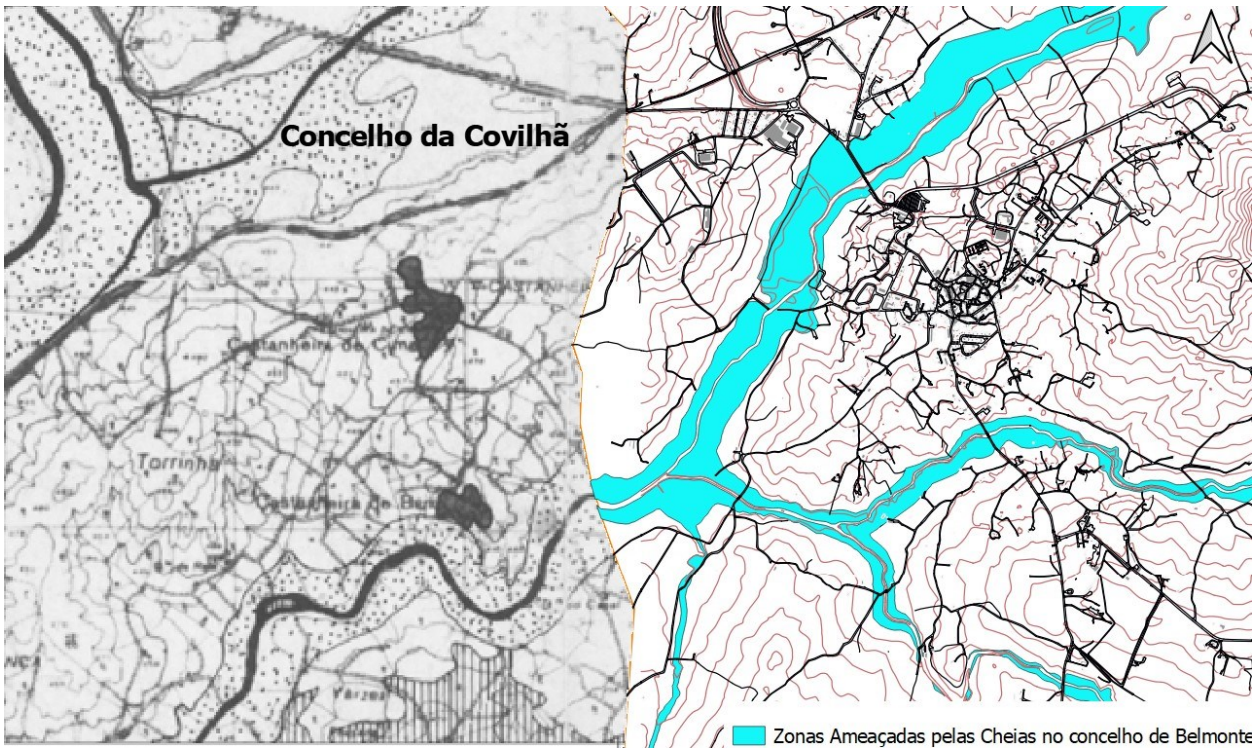


Figura 158 – Fronteira entre o Concelho de Belmonte com o concelho de Covilhã, na junção da continuidade da Ribeira das Inguias

No rio Zêzere, na margem direita, no concelho da Covilhã, verifica-se em termos planimétricos, um maior afastamento das ZAC´s em relação a margem esquerda ,concelho de Belmonte, conforme a figura 159.

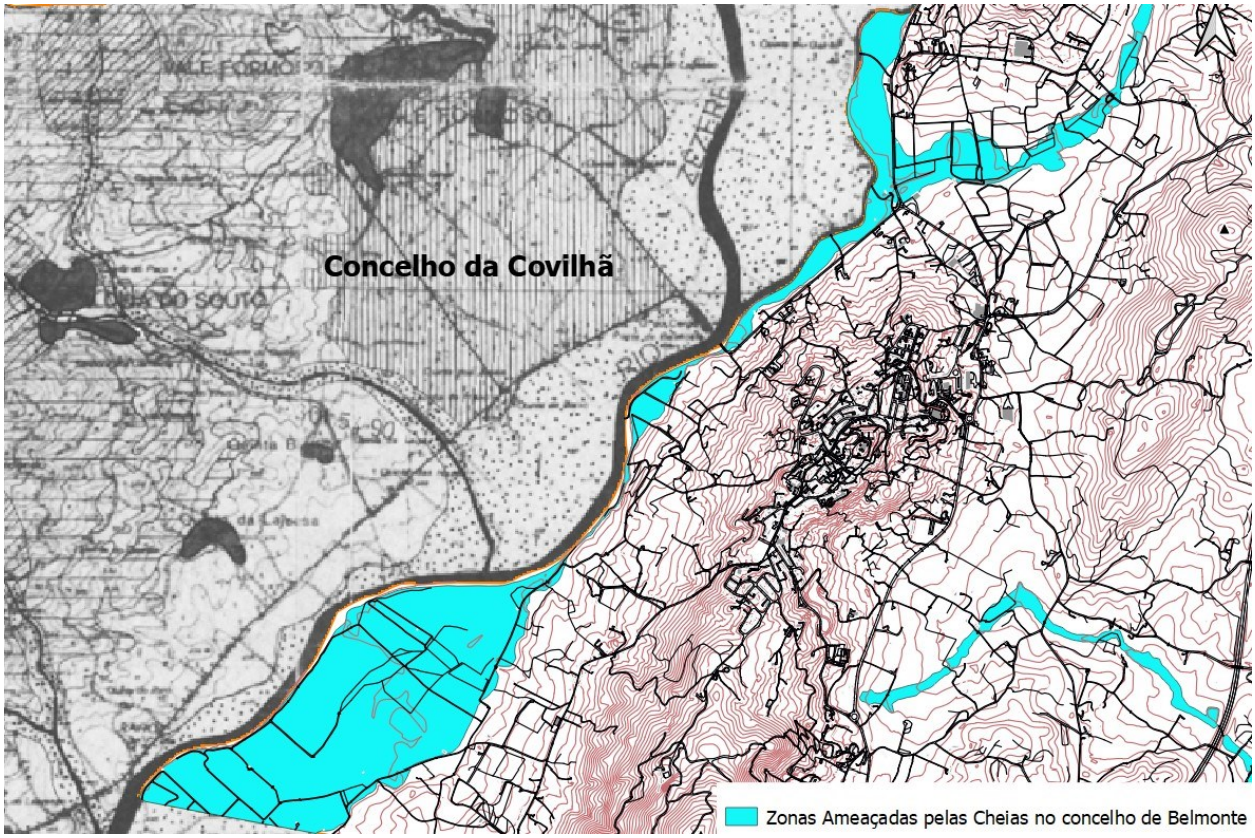


Figura 159 – Fronteira entre o Concelho de Belmonte com o concelho de Covilhã, nas margens do rio Zêzere

Concelhos: Belmonte versus Guarda

A ribeira da Gaia e a ribeira de Maçainhas são comuns ao concelho de Belmonte e Guarda, com origem no concelho da Guarda. A transição entre concelho, as Zonas Ameaçadas pelas Cheias não são coincidentes com o estudo aqui apresentado em virtude da carta da REN da Guarda, publicada pela Portaria n.º 86/94 de 7 de fevereiro, alterada pela RCM n.º 97/2007, de 24 de julho, pelo Despacho n.º 9848/2014, de 31 de julho, pelo Despacho n.º 10767/2014, de 21 de agosto, e ainda pelo Despacho n.º 13286/2014, de 3 de novembro, ter sido elaborada a luz do anterior Regime Jurídico da Reserva Ecológica Nacional, cujos critérios diferiam dos atualmente impostos pelas Orientações Estratégicas de âmbito Nacional e Regional (OENR).

Verifica-se ainda na ribeira da Gaia, as Zonas Ameaçadas pelas Cheias no concelho de Belmonte possuem uma menor amplitude em relação à representação gráfica no concelho da Guarda (figura 160).

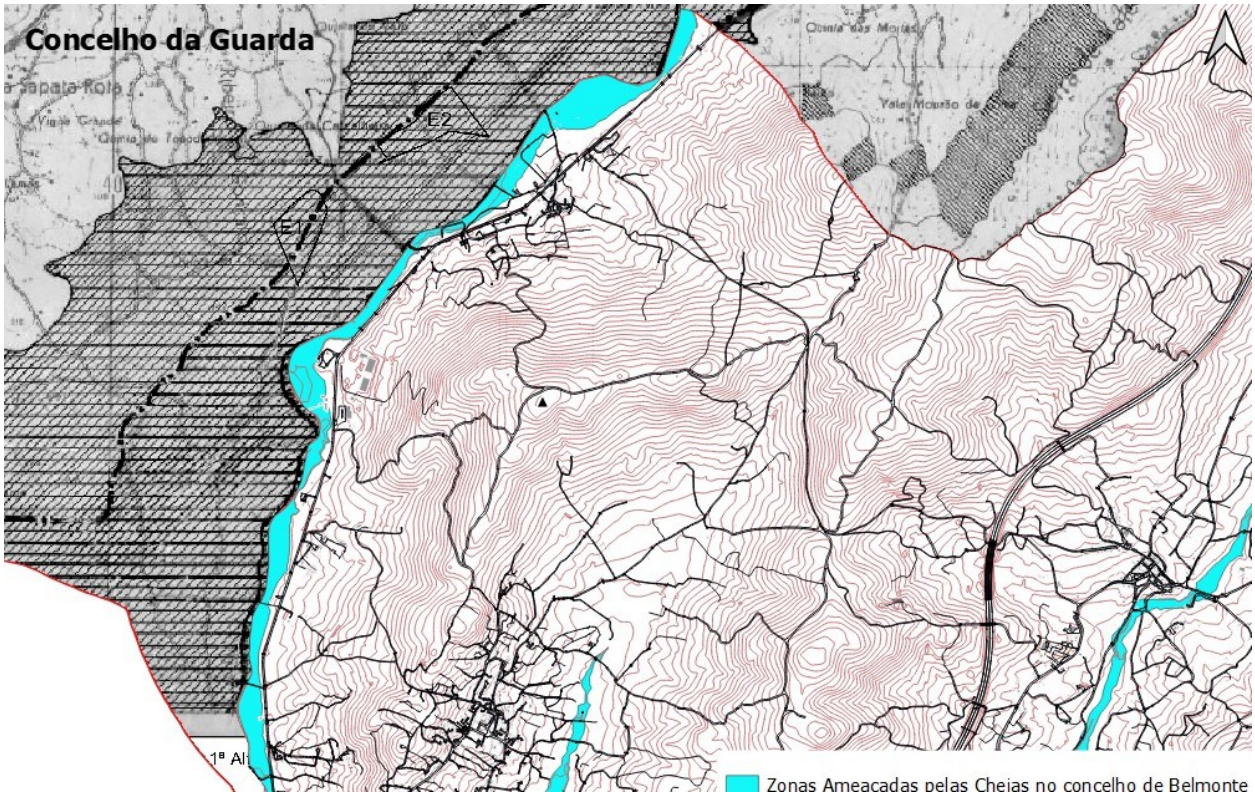


Figura 160 – Fronteira entre o Concelho de Belmonte com o concelho da Guarda, na junção da continuidade da ribeira da Gaia

O concelho da Guarda não possui representação da delimitação de Zonas Ameaçadas pelas Cheias na Ribeira de Maçainhas pelo que não há transição desta tipologia entre os concelhos (figura 161)

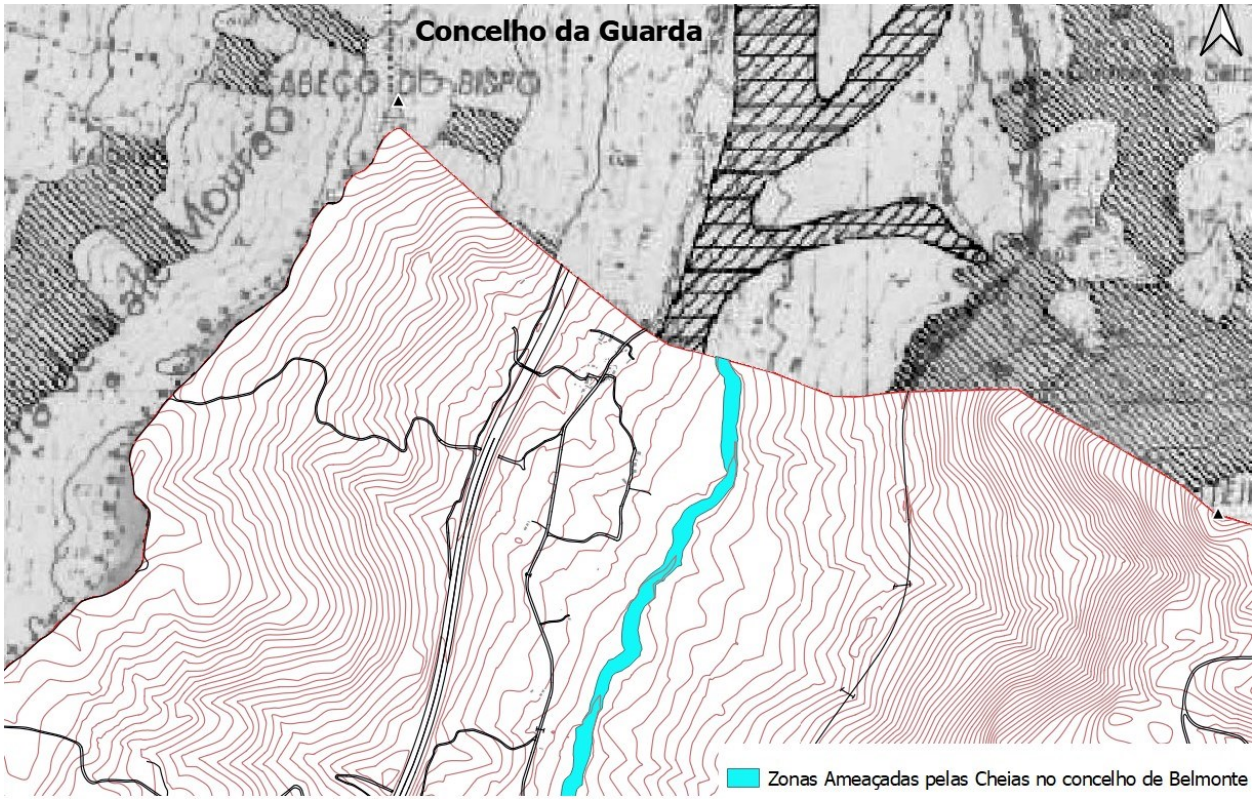


Figura 161 – Fronteira entre o Concelho de Belmonte com o concelho da Guarda, na junção da continuidade da ribeira de Maçainhas

Concelhos: Belmonte versus Sabugal

As Zonas Ameaçadas pelas Cheias da ribeira das Inguias, da ribeira de Valverdinho e do ribeiro das Amoreiras, com nascente no concelho de Sabugal, que desaguam no concelho de Belmonte não apresentam continuidade. A Carta da REN do concelho do Sabugal, publicada pela Portaria. n.º 102/2016, de 21 de abril (só produziu efeitos com a publicação da 1.ª revisão do PDM, a partir de 17 de julho de 2018), foi aprovada e publicada ao abrigo do regime transitório previsto no n.º 2 da Resolução de Conselho de Ministros n.º 81/2012, de 3 de outubro; tendo a metodologia e critérios adotados para a delimitação da REN, por base, o Decreto-Lei nº 93/90, de 19 de março. A metodologia aplicada para a delimitação das Zonas Ameaçadas pelas Cheias teve como base a representação da cota da maior cheia conhecida, determinada a partir de marcas de cheia, registos fotográficos, inquérito a pessoas idóneas e dados cartográficos disponíveis e com validação no terreno e consulta ao PMEPC, em vigor do concelho do Sabugal.

Verifica-se grande divergência na definição do limite de proteção das Zonas Ameaçadas pelas Cheias, no ponto de entrada das águas fluviais da ribeira das Inguias no concelho de Belmonte (figura 162). Verifica-se sobredimensionamento das Zonas Ameaçadas pelas Cheias entre os dois concelhos, segundo a Carta da REN do concelho de Sabugal em vigor.

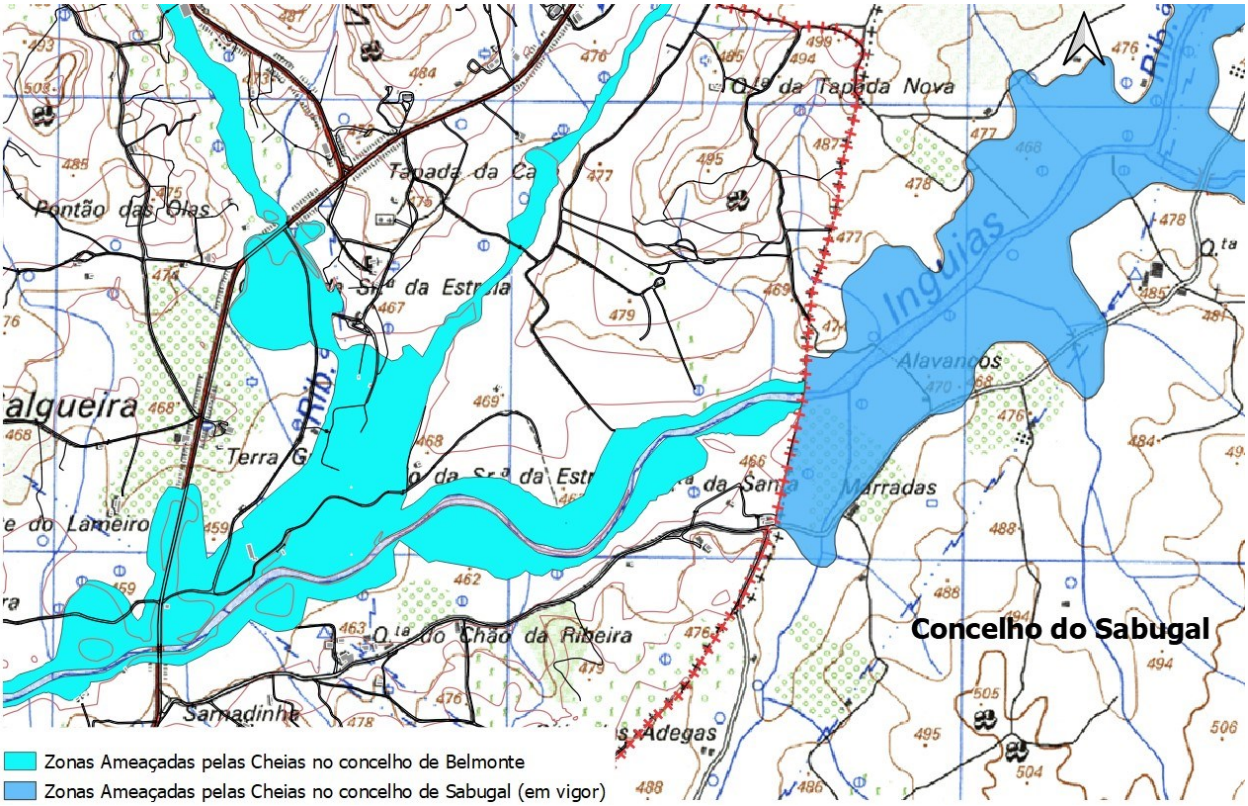


Figura 162 – Fronteira entre o Concelho de Belmonte com o concelho do Sabugal, na junção da continuidade da ribeira das Inguias

A margem esquerda do ribeira do Valverdinho, concelho do Sabugal, pela leitura da cartografia dá entender que a cota de cheia acompanha a cota constante de 460 metros desde montante até jusante. Na margem direita, concelho de Belmonte, a cota de cheia é variável a medida que o curso de água atinge a confluência com a ribeira de Caria (figura 163).

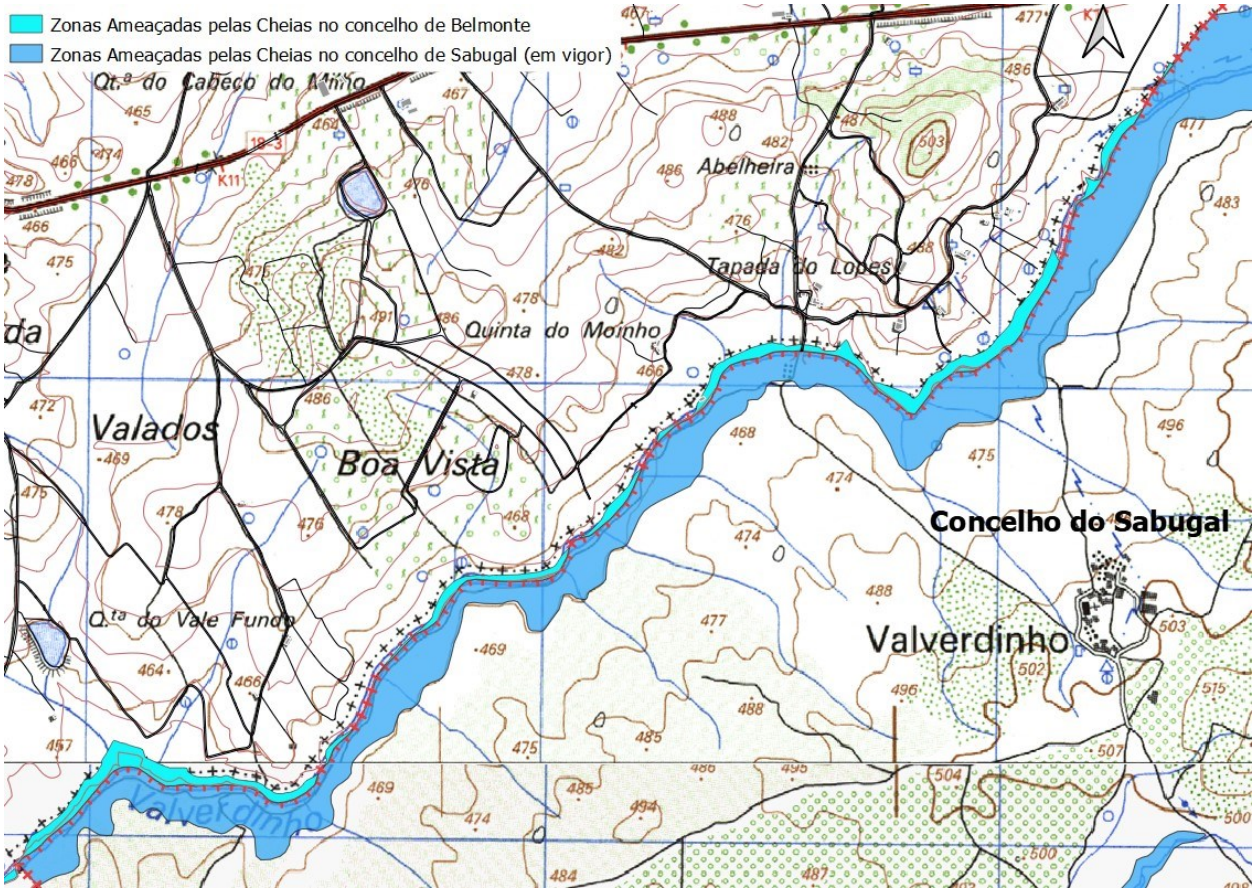


Figura 163 – Fronteira entre o Concelho de Belmonte com o concelho do Sabugal, na junção da continuidade da ribeira de Valverdinho

Em relação ao ribeiro das Amoreiras, verifica-se que entre os concelhos a não continuidade pelo estudo apresentado, para o concelho de Belmonte (figura 164) Verifica que a delimitação da Zonas Ameaçadas pelas Cheias, no concelho de Sabugal, não acompanha o traçado da curva de nível, existe um afastamento praticamente constante ao longo da linha de água.

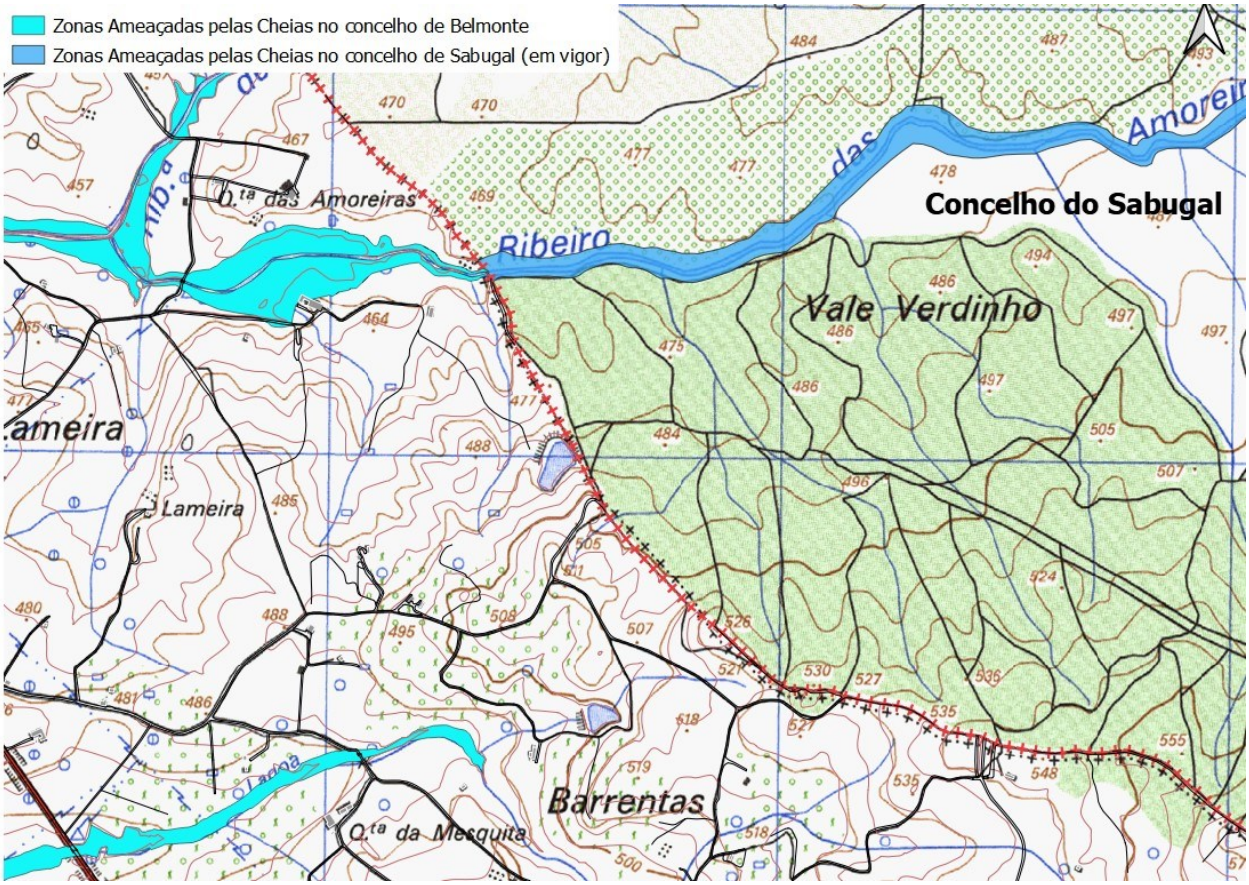


Figura 164 – Fronteira entre o Concelho de Belmonte com o concelho do Sabugal, na junção da continuidade do ribeiro das Amoreiras

As zonas ameaçadas pelas cheias dos concelhos vizinhos com o concelho de Belmonte foram delimitadas a luz do Decreto-Lei n.º 93/90, de 19 de Março, razão pela qual da não compatibilização das zonas ameaçadas pelas cheias do concelho de Belmonte, sendo que estas obedecem as orientações estratégicas de âmbito nacional e regional (OENR), diretrizes e critérios de delimitação previstas no RJREN. Assim, é recomendável que nos processos de revisão do PDM da Covilhã, Sabugal, Guarda e Fundão que seja considerada a compatibilização com a ZAC do concelho de Belmonte.

3.2.2.9. Zonas Ameaçadas pelas Cheias e Zona Adjacente

As zonas Adjacentes ao rio Zêzere foram classificadas ao abrigo da Portaria n.º 849/87, de 3 de novembro, com intuito de salvaguardar as suas várzeas. Com base em novos estudos e levantamentos, estes foram transpostos na Portaria n.º 1053/93, de 19 de março. A cartografia de base utilizada foi a existente à época, escala 1:25 000, a qual ainda se mantém. Nos termos do ponto 3.1 da secção II da Portaria n.º Portaria n.º 336/2019, de 26 de setembro alterada pela Portaria n.º264/2020, de 13 de novembro, "as zonas adjacentes são consideradas para efeito de delimitação da REN até serem atualizadas por zonas ameaçadas pelas cheias validadas pela entidade competente. Uma vez validadas, as zonas ameaçadas por cheias passam a ser as únicas para efeitos de delimitação da REN". A Zonas Ameaçadas pelas Cheias apresentadas, diz respeito a uma cartografia 1:10000, dado a maior pormenorização do que a escala

1:25000, contudo não é possível compatibilizar estas duas cartografias de base. Isso é notário quando sobreposta as Zonas Adjacentes, ainda em vigor, sobre cartografia homologada à 1:10000, estas não acompanham as curvas de nível, aliás verificável mesmo à escala 1:25000.

As Zonas Adjacentes ao abrigo da Portaria n.º 1053/93, de 19 de março, ocupam uma área de 638,14, distribuída por 229,82 ha na bacia do Zêzere e 408,32 ha na bacia das Inguias. Nos termos do ponto 3.1 da revisão das Orientações Estratégicas Nacionais e Regionais previstas no Regime Jurídico da Reserva Ecológica Nacional (REN), "são consideradas para efeito de delimitação da REN até serem atualizadas por zonas ameaçadas pelas cheias validadas pela entidade competente. Uma vez validadas, as zonas ameaçadas por cheias passam a ser as únicas para efeitos de delimitação da REN".

Considerando analogia com mesmas linhas de água que têm como condicionante a Zona Adjacente, a bacia do Zêzere verifica uma redução de 51,31 ha, ou seja 20,94%, de 244,92 ha para 193,61 ha (Figura 170). Fazendo o mesmo raciocínio para a bacia das Inguias a redução é substancial de 409,39 para 205,57 ha, um declínio de 203.82 ha, ou seja 49,49%.

Na bacia do Zêzere a redução não é tão significativa como na bacia das Inguias, justificável pelo facto de que a proposta da Zona Adjacente acompanha maioritariamente o traçado em vigor, com excepção entre a Jardina e o aglomerado de Gaia, deixa de ter como limite a EN 18, e acompanha as curvas de nível mais junto à ribeira da Gaia.

Dá-se a título de exemplo o estudo pormenorizado na zona junto à Quinta da Bica pela Figura 165, no perfil PK4950.736 a cota de cálculo de cheia é de 479,80 m, enquanto que a Zona Adjacente de acordo com a referida portaria acompanha a rede viária EN 18, cuja cota para o perfil em questão ronda 484,20m , ou seja uma diferença de 4,40 metros, o que é manifestamente impossível que cheia atinga a cota da rasante, para este local, da EN 18, devido a topografia acentuada.

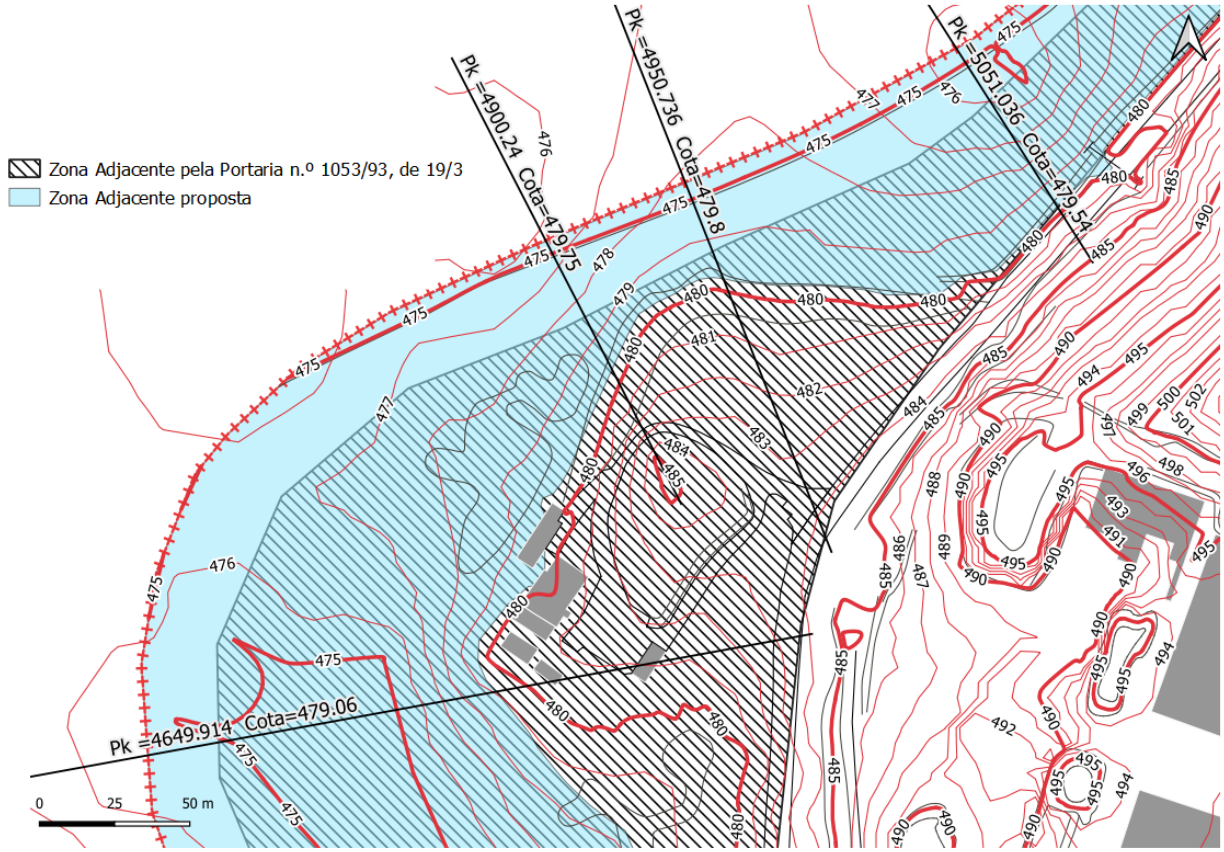


Figura 165 – Sobreposição da ZA proposta e ZA em vigor, junto à Quinta da Bica

A Figura 166 esquematiza as diferenças de mancha entre a Zona Adjacente em vigor e a proposta para bacia do Zêzere.

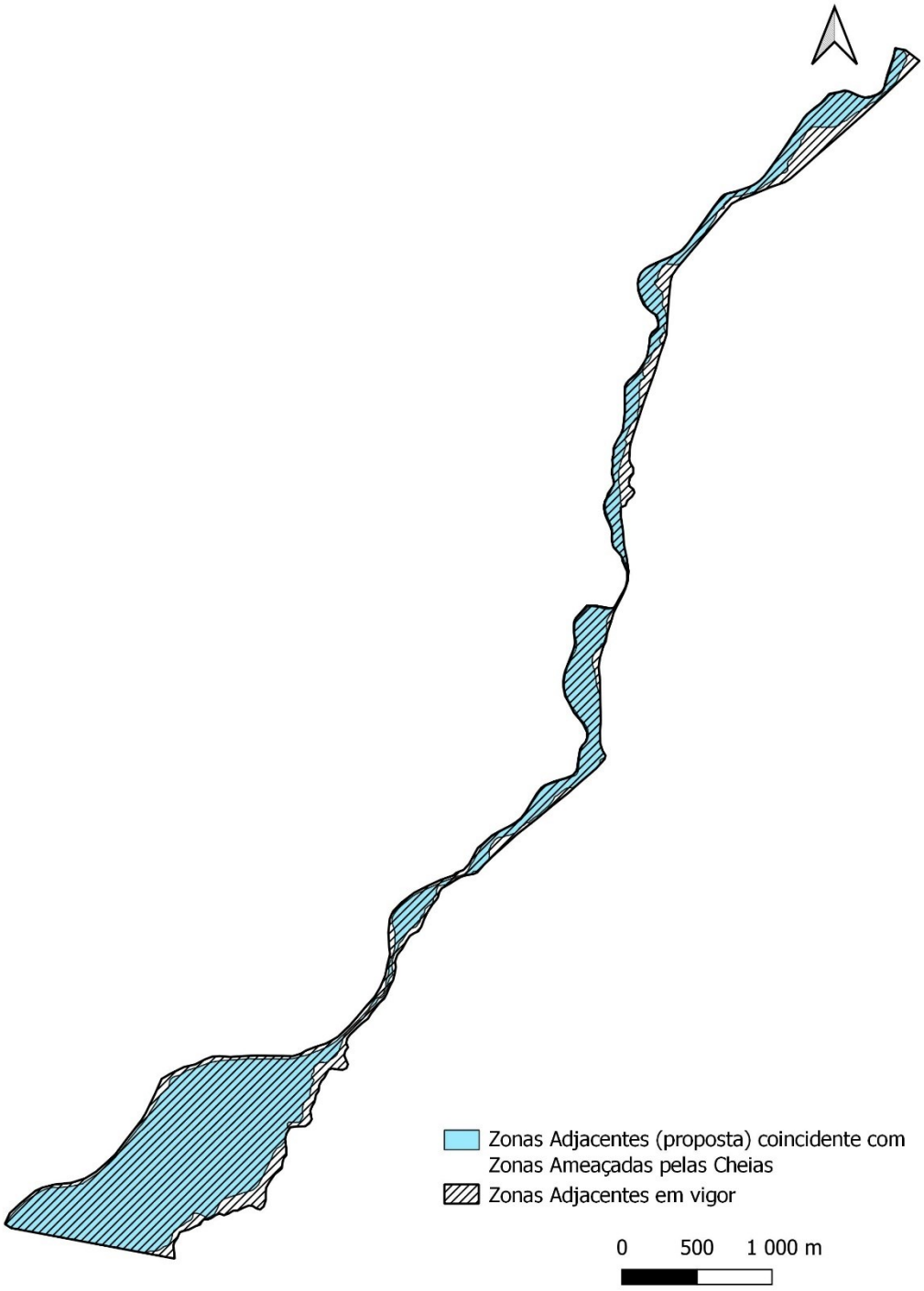


Figura 166 – Sobreposição da ZA proposta e ZA em vigor, na Bacia do Zêzere

A Figura 167 representa o pormenor da confluência da ribeira de Caria com o ribeiro de Sto. Antão. No perfil PK 1550, 1300 e 1150, a cota de cheia da Zona Adjacente em vigor, na cartografia 1:10 000, possui cota superior a 445 m na margem esquerda, não sendo coerente com a margem direita cuja linha de cheia anda baixo dos 439m, contudo entre o PK 1550 e 1300 atinge cota acima dos 443 metros. Não há o "acompanhamento" ao longo das curvas de nível da cartografia à escala 1:10 000, razão pelo qual não é possível comparação dado que a cartografia de base da Zona Adjacente em vigor foi elaborado com base cartografica à escala 1:25 000.

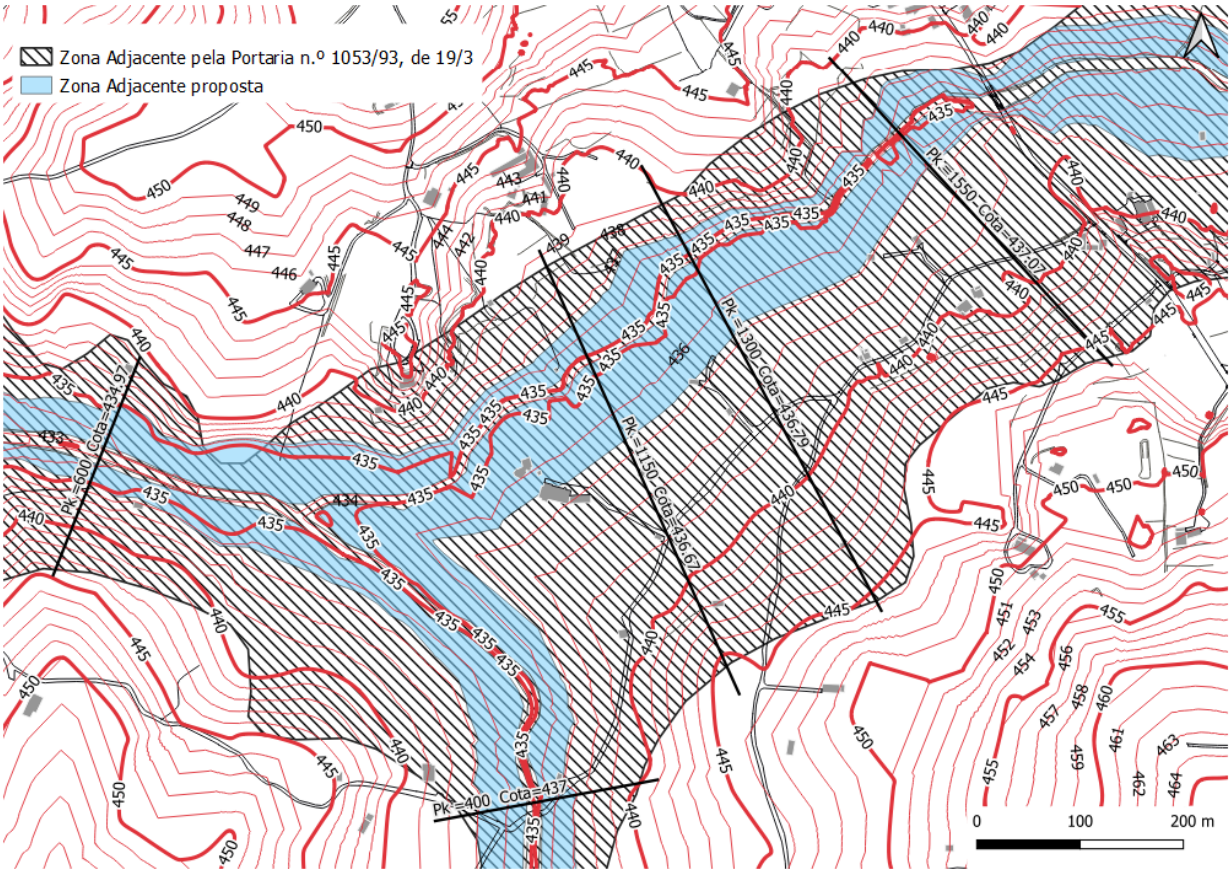


Figura 167 – Sobreposição da ZA proposta e ZA em vigor, confluência ribeira de Caria e ribeiro de Sto. Antão, sobre a cartografia de base 1:10 000

Uma possível razão pelo desafamento da área em cerca de metade em relação (de 408,32 ha para 201,15 ha) a Zona Adjacente em vigor deve-se ao facto de esta apresentar incongruência ao nível do "acompanhamento" das curvas de nível, na sua cartografia de base, à 1:25 000. Vejamos o exemplo da Figura 168, cuja localização A1 na margem esquerda da ribeira de Caria possui uma cota superior a 445 metros e acompanha o "andamento da curva", mas quando analisado a margem direito para além de não acompanhar a curvas de nível de 445 metros, na localização A2 está acima 445 metros, como logo a cota baixa para a cota 445 metros (A3), mediatamente a jusante volta novamente a subir acima 445 metros (A4).

O mesmo acontece na margem direita (B1) cuja cota anda nos limiares 445 metros, mas em B2 a cota sobre acima 445 metros, a seguir bastante abaixo 445 metros para depois voltar a subir manifestamente acima 445 metros (B3).

Este desafasamento de cotas ao longo das linhas de água devolve área quantificável a qual se sabe de partida que nunca poderá ser inundável.

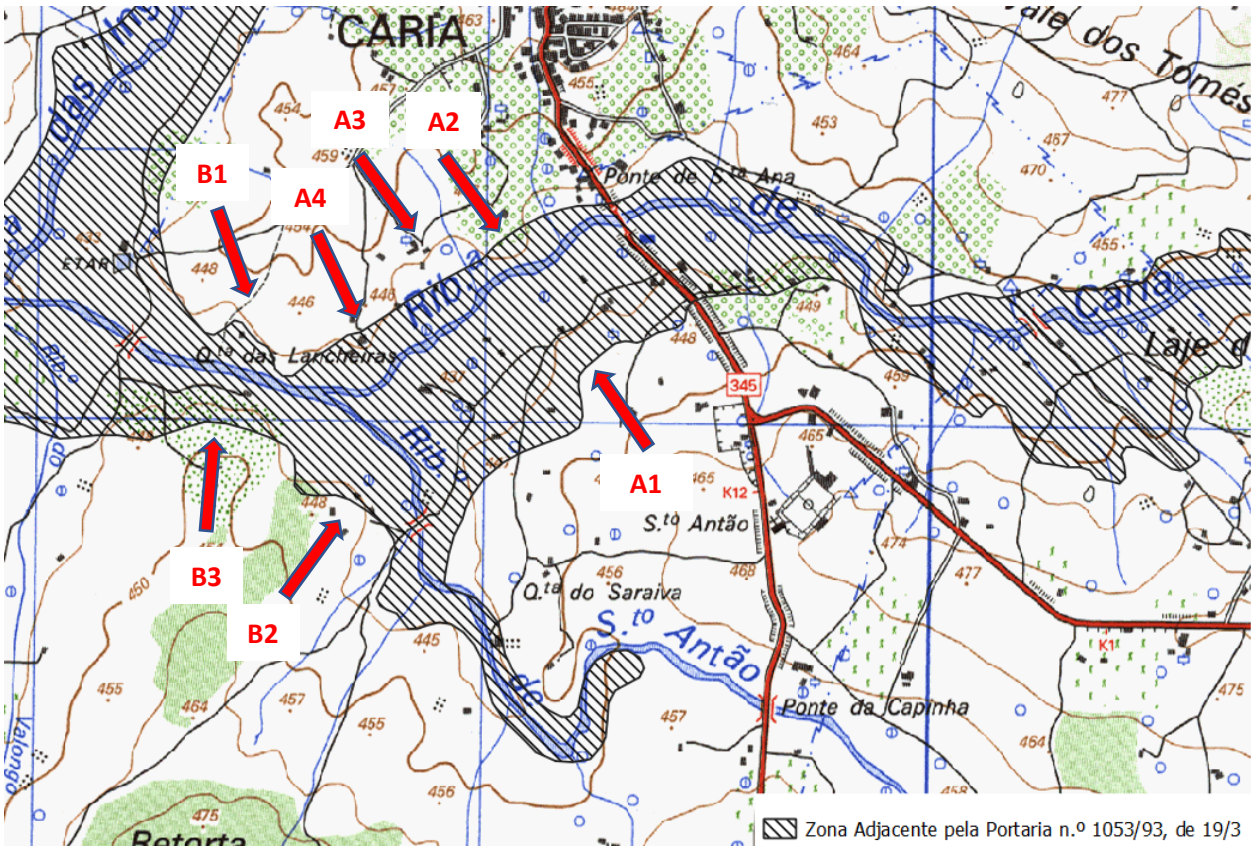


Figura 168 – Sobreposição da ZA proposta e ZA em vigor, confluência ribeira de Caria e ribeiro de Sto. Antão, sobre a cartografia de base 1:25 000

A Figura 169 apresenta a diferença entre a Zona Adjacente proposta e Zona Adjacente em vigor para as correspondentes linhas de água. Conclui-se que a ZA em vigor está sobredimensionada em relação à proposta aqui apresentada, bem como na realidade.

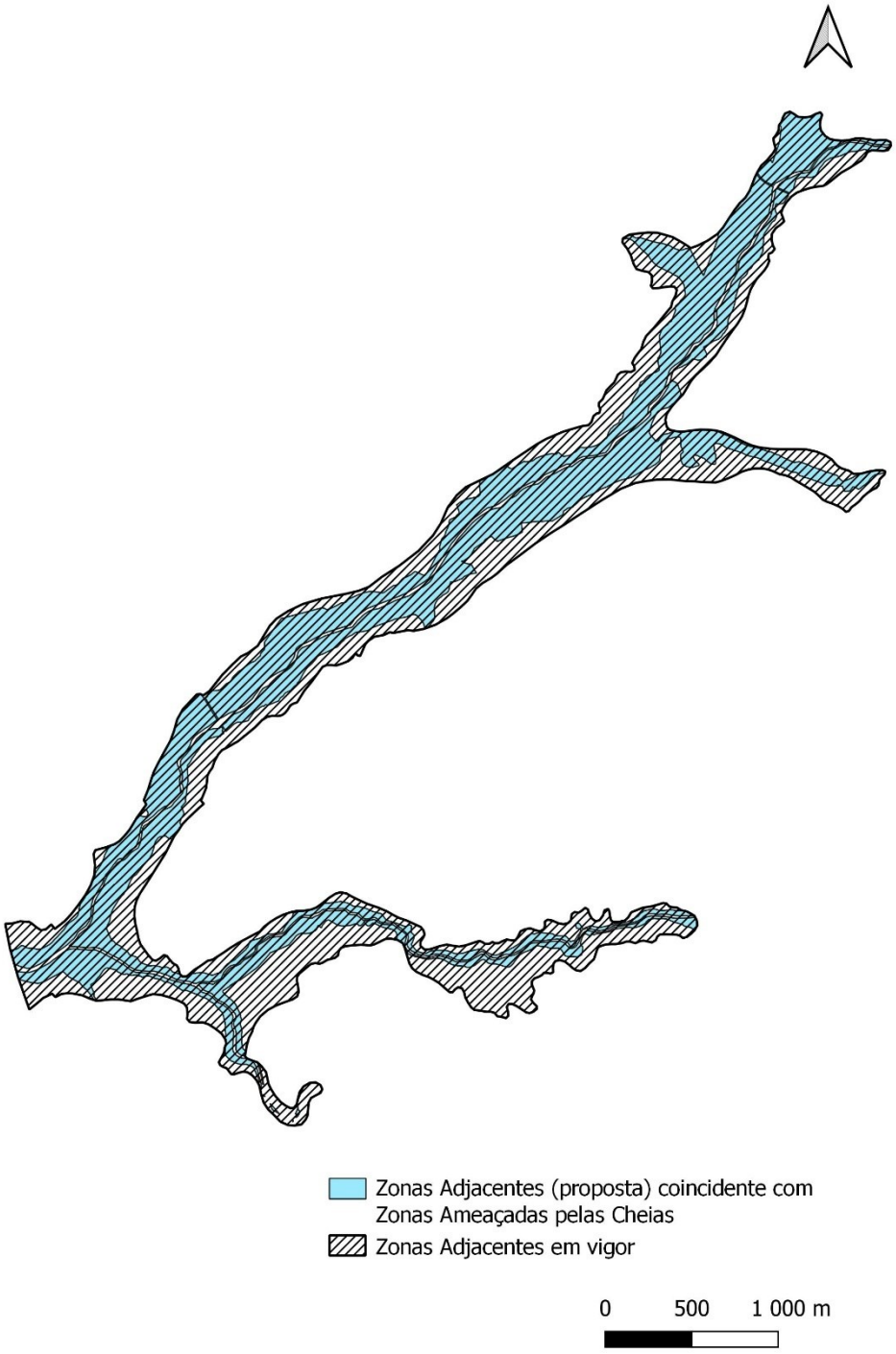


Figura 169 – Sobreposição da ZA proposta e ZA em vigor, na bacia de Inguias

A Figura 170 esquematiza as áreas de exclusão da Zona Adjacente em vigor e Zonas Ameaçadas pelas Cheias do estudo aqui apresentado, as quis serão convertidas em Zona Adjacente.

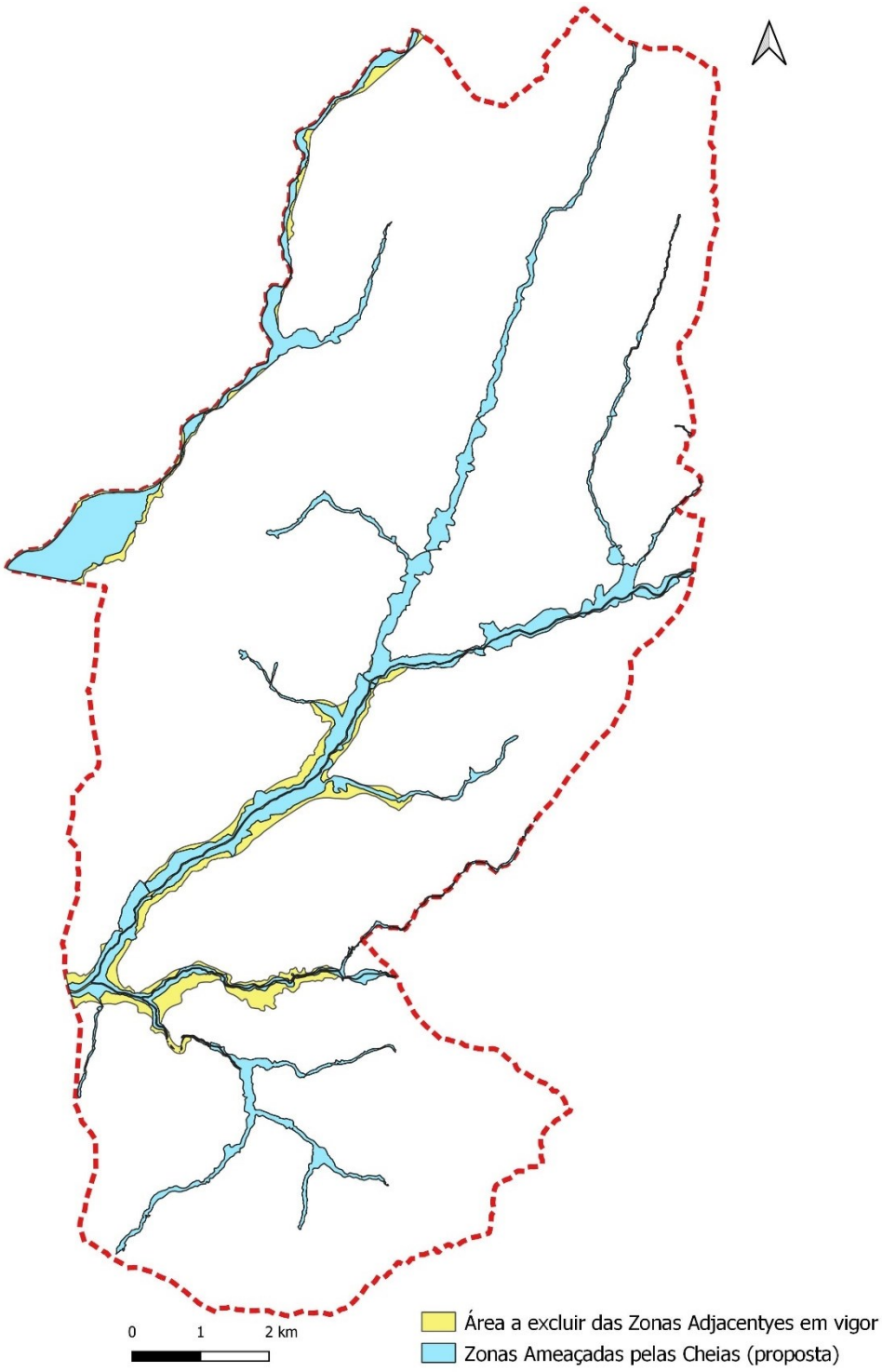


Figura 170 – Sobreposição das Zonas Ameaçadas de Cheias proposta e Zonas Adjacentes

3.2.2.9.1. Fundamentação das divergência entre ZAC proposta e AS Zonas adjacentes em vigor

A terminologia "Zonas Adjacentes" foi introduzida ao abrigo do Decreto-Lei n.º 468/71, de 5 de Novembro, "caracterizadas pela sujeição a determinadas restrições de utilidade pública dos terrenos situados para além das margens, mas em posição tal que tenham de ser considerados como terrenos ameaçados pelas cheias pelo mar ou pelos rios". O objetivo era possuir um figura jurídica eficaz na prevervação de graves acidentes que vitimava os habitantes, por sua imprevidência construiram as suas casas em zonas de cheias. Assim, surge mecanismo legal de restrição de utilidade pública impostas aos proprietários confinantes com as margens das águas do mar ou dos rios.

O artigo 4.º do referido diploma define zona adjacente toda a área contigua à margem, cuja sua largura estende-se desde do limite da margem até uma linha convencional definida, com representação em decreto de classificação.

As várzeas do rio Zêzere, de acordo como a Portaria n.º 849/87, de 3 de novembro, são constituidas por terrenos de aluvião, provenientes da erosão das suas encostas ou cabeceiras, que nelas se foram depositando ao longo de milhares de anos por acção da expansão das cheias ocorridas, da divagação dos seus leitos, das plantações de árvosres ou arbustos e das obras de defesa longitudinais e transversais que foram executadas. Estes aluviões são constituidos por uma camada de materiais inertes e por uma camada de terreno de cultivo arenoso, com alturas variáveis. Nos anos 80, no auge da construção civil, estes aluviões foram fortemente explorados na extração de materiais inertes, de forma anárquica. As consequências traduziam-se na destruição das baixas inundáveis do rio Zêzere e seus afluentes, para al~em do problema ambiental, comprometeiam a execução das tão desejadas obras do regadio já projetadas para a zona. A forma de salvaguardar a execução da obra do regadio da Cova da Beira foi introduzido um mecânismo legal à limitação de extração de inertes, através da figura de Zonas Adjacentes ao rio Zêzere. Assim, a Portaria n.º 849/87, de 3 de novembro, veio classificar a zona adjacente ao rio Zêzere a área inundável contígua às suas margens, que se estendia até à linha alcançada pela maior cheia com probabilidade de ocorrência no período de um século, salvaguardado esta àrea dos execesso de extração de inertes. Esta diploma, reproduziu a delimitação da ZA sobre cartografia à escala de 1:25 000, contudo, este diploma não faz referencia aos critérios utilizados na delimitação da linhas de cheia. Foram detectadas incorências nessa delimitação, a portaria foi revogada e publicada a Portaria n.º 1053/93, de 19 de outubro, com retificação de alguns troços com base em novos estudos e levantamentos. Apesar dos esforços em corrigir incongruência/inconsistência na limitação das Zonas Adjacentes sobre cartografia à escala 1:25000, persistem em até aos dias de hoje algumas lacunas, que a seguir se destacam:

1 – a linha de cheia não acompanha o "andamento" das curvas de nivel, no caso do rio Zêzere, a delimitação entre o norte limite do concelho de Belmonte e a Ponte sobre o rio Zêzere o limite é pela EN18. Apesar de ser uma barreira devido aos taludes de aterro da rasante, a linha de cheia não respeita sa curvas de nível, vejamos o exemplo da 171, a montante a cota de cheia é superior a 480m (junto k20), seguidamente com cota cheia inferior a 480m, para junto do k21 voltar a cheia de cheia superior a 480m.

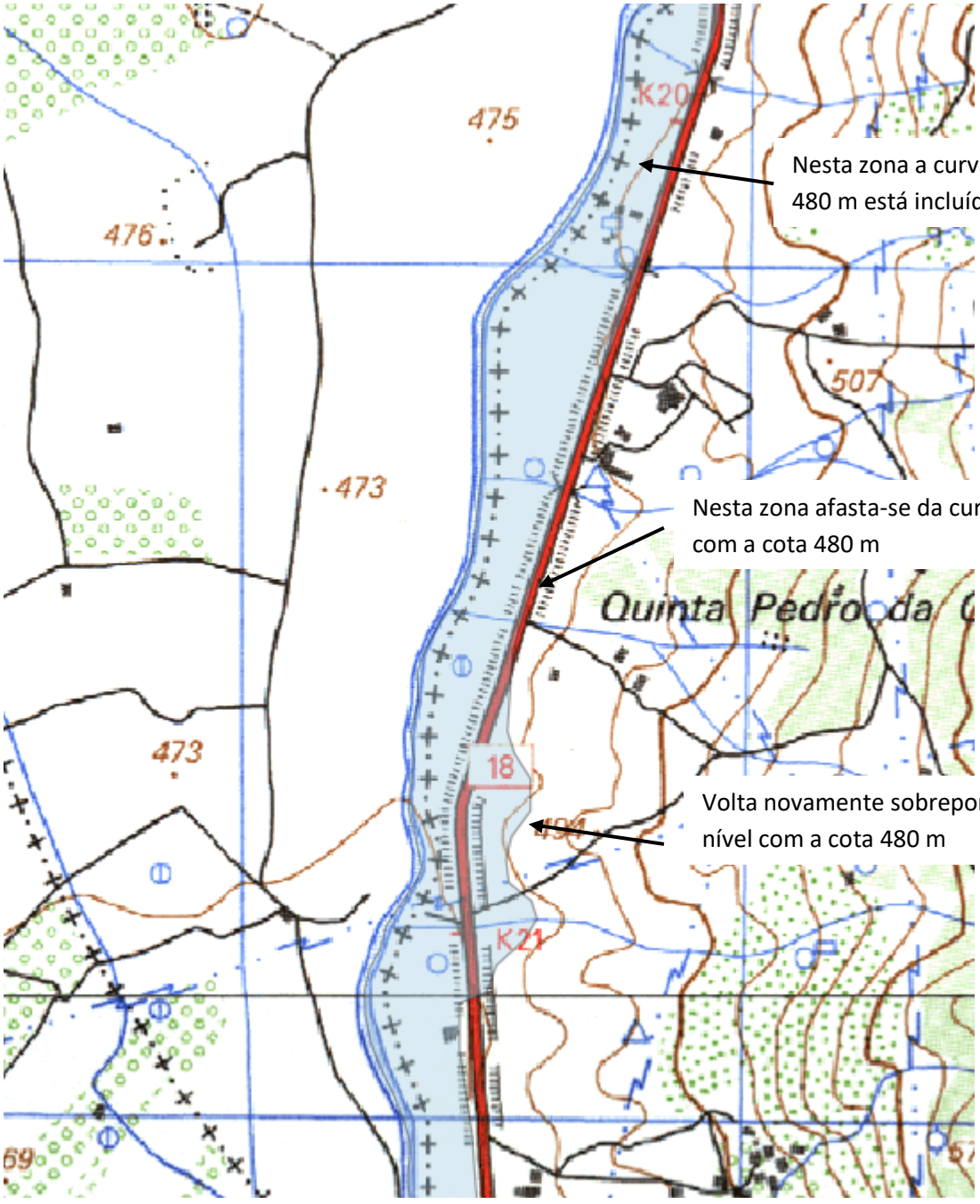


Figura 171 – Zonas Adjacentes sobre a cartografia 1:25000 não respeitam o "andamento" das curvas de nível

2- Este tipo de incongruência é mais notório na bacia das Inguias, para além de não acompanhar o "andamento" das curvas de nível, a cota de cheia da margem esquerda não coincide com a margem direita, veja-se o exemplo da figura 172. Na margem direita da ribeira das Inguias, a linha de cheia é de 440 m no ponto A, subitamente passa para a cota 450m (ponto B) e desce para a cota 439.60 metros (ponto C). Agora, as cotas de cheia das duas margens tem que ser iguais, o que não verifica, dá-se como exemplo entre os pontos A (440m) e o D (447m) ver figura 173, e os pontos C (439.60m) e E (445.40m).

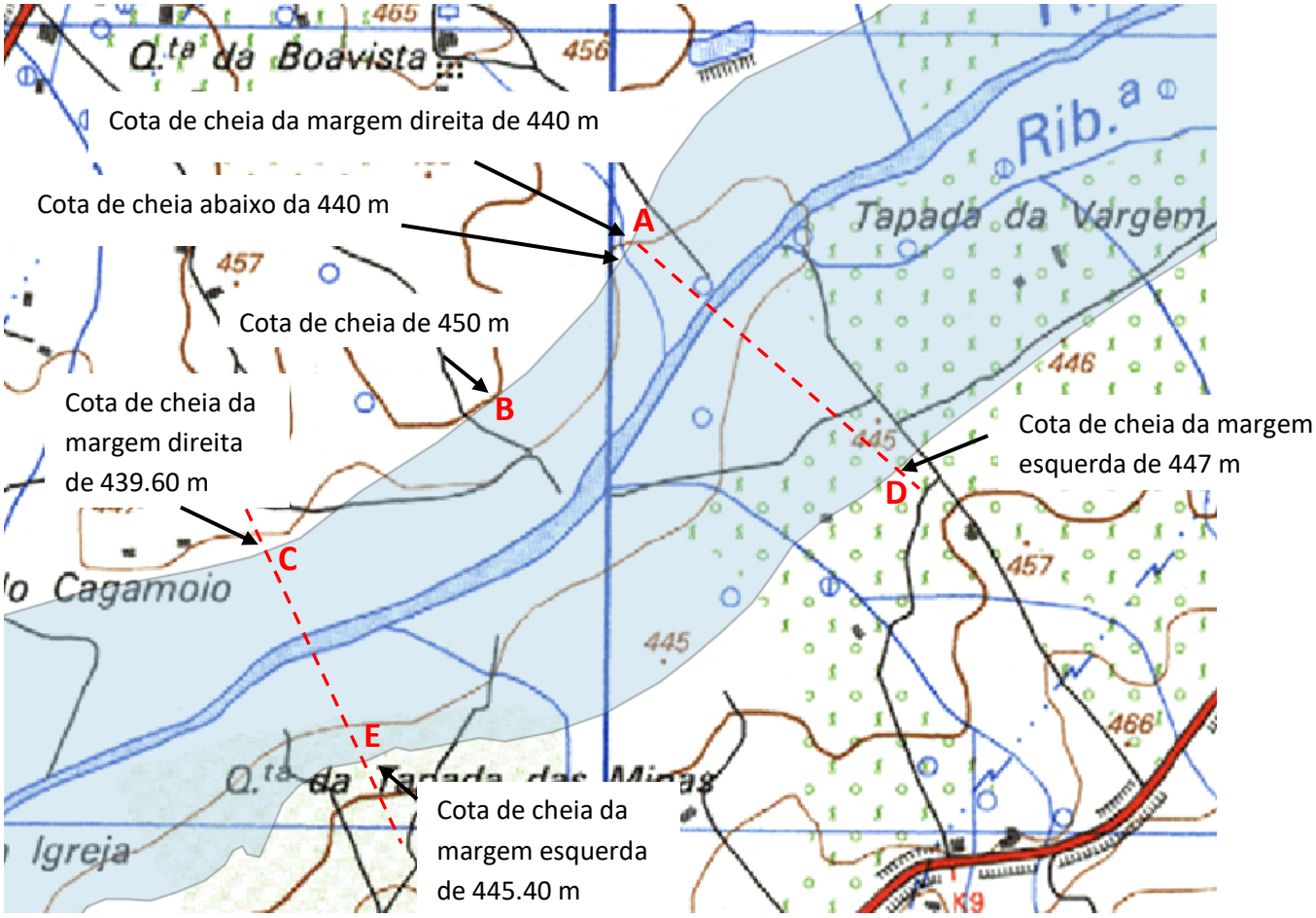


Figura 172 – Discrepância das Zonas Adjacentes na bacia de Inguias (ribeira das Inguias)

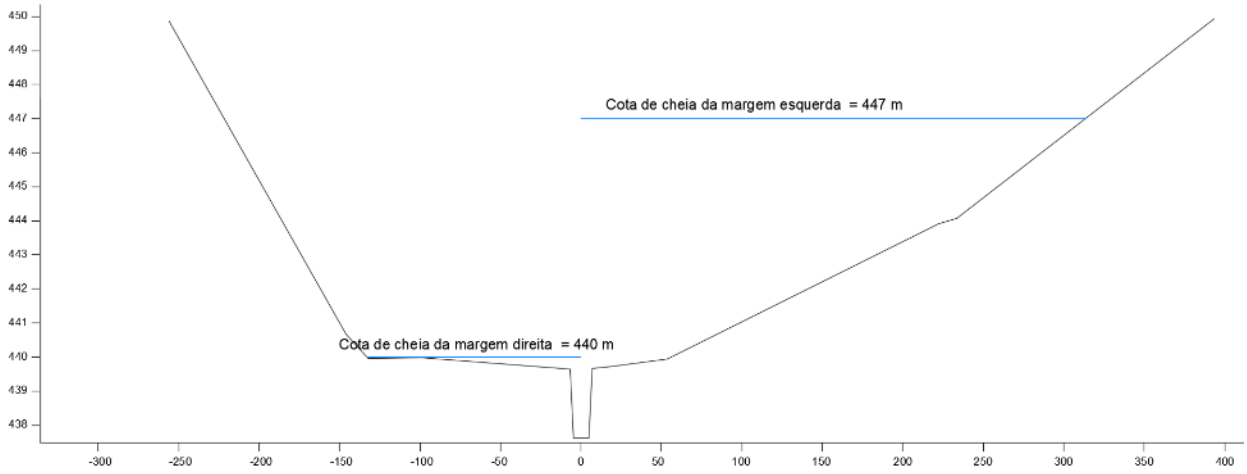


Figura 173 – Perfil dos pontos A e D sobre cartografia 1:25000

Como se pode concluir pelo perfil da figura 173, as cotas de margens das margens direita e esquerda não são coincidentes, o que prova que existem erro na representação das Zonas Adjacentes.

3- Apresenta-se, a título de exemplo na figura 174, mais um caso em que as cotas das margens não são coincidentes e a linha de cheia não acampanham o "andamento" das curvas de nível (bacia das Inguias). Na margem direita da ribeira de Caria, no ponto A a cota de cheia é de 440 metros enquanto na margem esquerda a cota de cheia é de 443 metros (ponto D). Entre o ponto A e B a linha de cheia "corta" curva de nível sem justificação aparente, sendo a cota superior a 440 metros, imediatamente desce abaixo dos 440 metros, para no ponto C voltar novamente à cota 440 metros, enquanto na margem esquerda a cota é de 445 metros (ponto E) com cota superior ao ponto D. Demonstra-se incongruência no ponto E, sendo este a justante do ponto D, a cota a jusante tem que ser sempre inferior a cota de montante, de acordo com a delimitação da ZA acontece o contrário, a cota em E é superior a D.

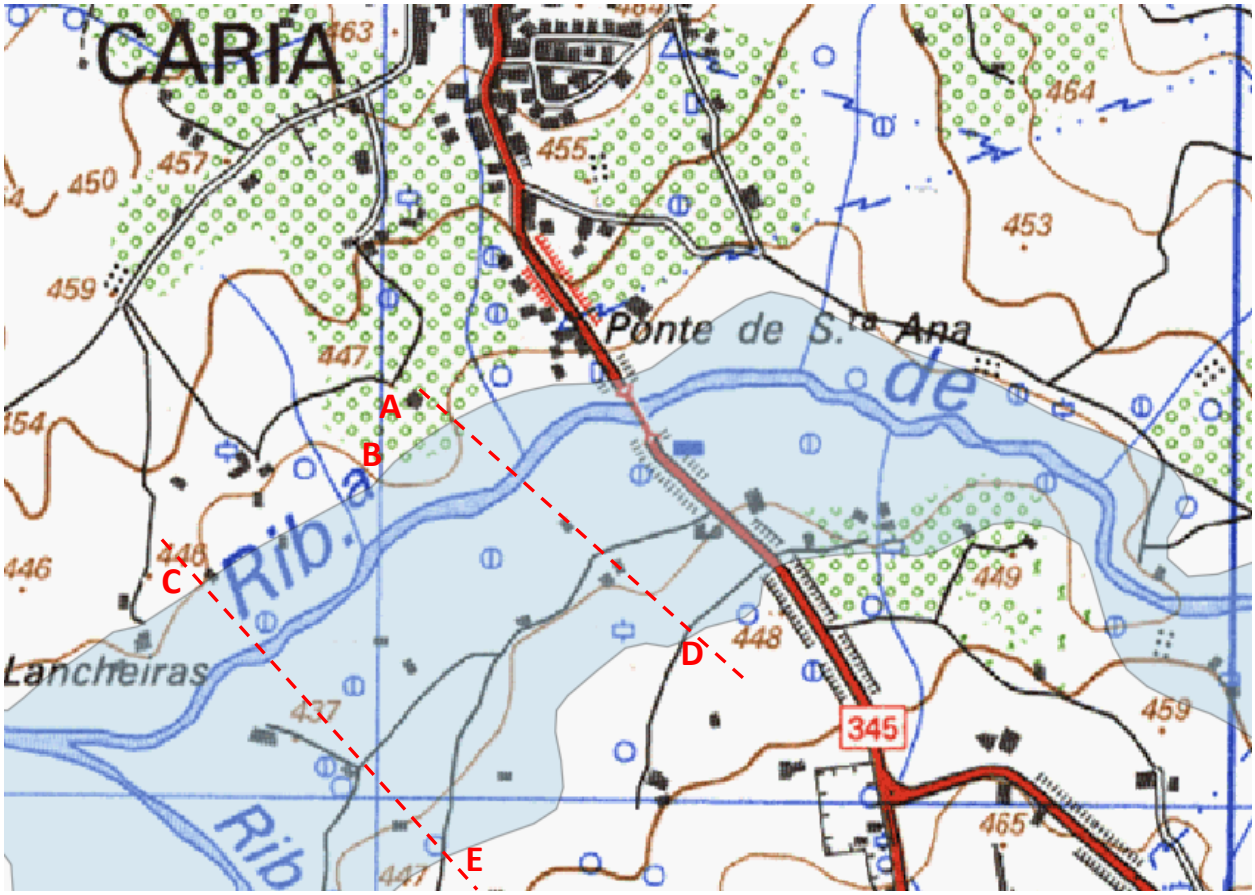


Figura 174 – Exemplo de incongruêcia altimétrica das Zonas Adjacentes na ribeira de Caria

O Município de Belmonte considera que a delimitação das Zonas Adjacentes não defende os interesse nem do Município nem dos Munícipes, apresentando em alternativa a delimitação das ZAC através de cálculo hidraúlicos sobre cartografia a 1:10000 homologada pela DGT, de acordo com as orientações estratégicasa da REN. É de salientar que é de todo impossível a comparação sobre as ZA e ZAC porque a base cartografia são de escalas distintas, a ZA à escala 1:25000 e as ZAC à escala 1:10000. As curvas de nível à escala 1:25000 não são coincidentes com as curvas de nível da cartografia à escala 1:10000 conforme é ilustrado na figura 175, apesar de haver determinados locais que se aproximam, contudo há outros pontos em que o afastamento é notório.

Contudo, fez-se o exercício de "converter" as cotas da linha de cheia das Zonas Adjacentes (1:25000) referente ao perfil AD das figuras 175 e 176, sobre a cartografia 1:10000. Verifica-se que a margem esquerda possui um plano de água numa extensão de cerca 270 metros, excessivo para o tipo de linha de água . Julga que a cota de cheia de cálculo 1:10000 é mais consiste e coerente com a realidade.

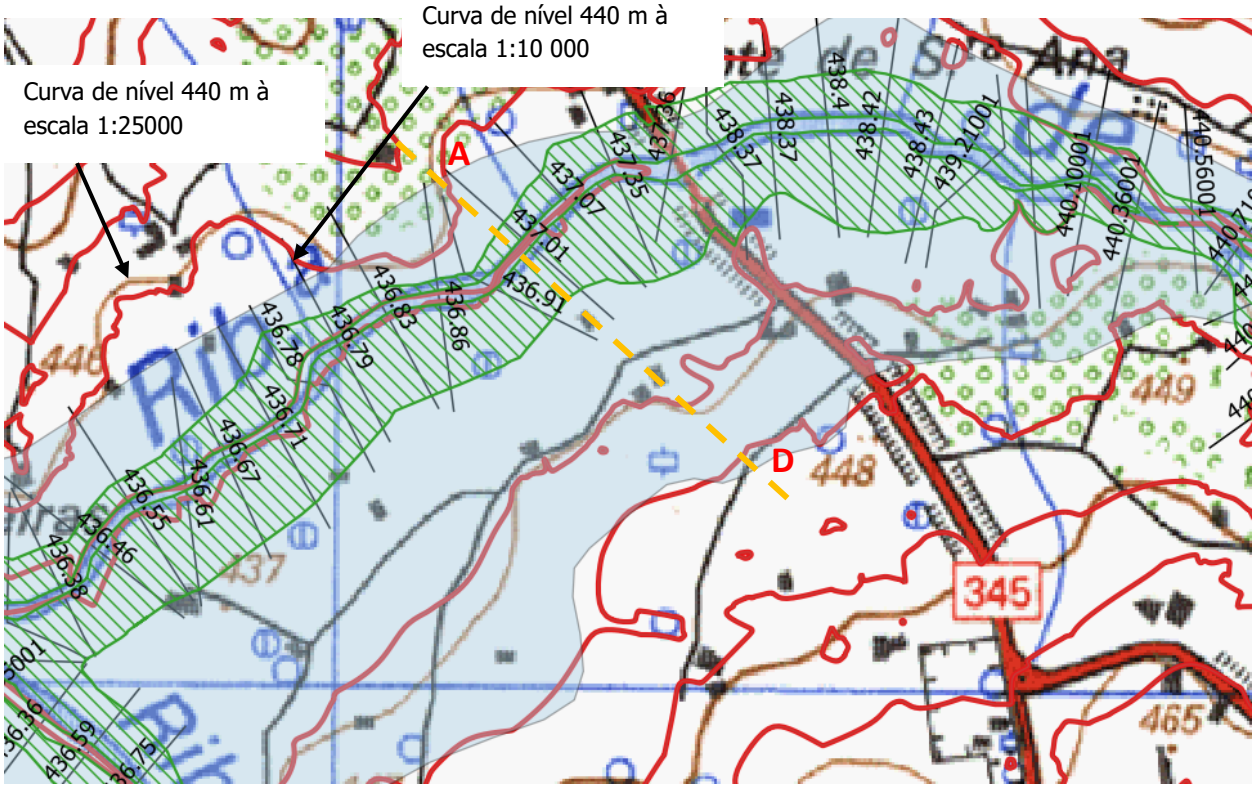


Figura 175 – Localização do perfil AD

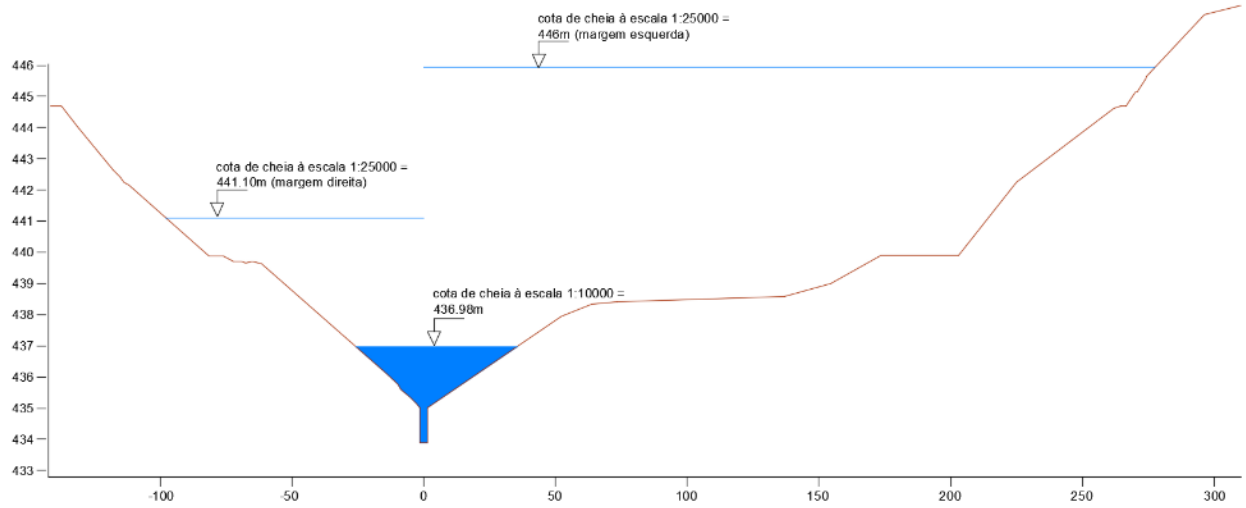


Figura 176 –perfil AD

3.2.2.9.2. Fundamentação das divergência entre ZAC proposta e AS ZAC em vigor

As Zonas Ameaçadas pelas Cheias foram aprovadas pela Resolução de Conselho Ministros n.º 77/96, de 27 de maio, sendo que as mesmas foram delimitadas pela então Direção Regional do Ambiente e Recursos Naturais do Centro. A delimitação baseiou na única cartografia disponível à epóca, carta militar à escala 1:25 000. Apresenta-se algumas inconsitência da ZAC em vigor e a ZAC proposta.

Na figura 177 verifica-se a montante da ponte a ZAC vigente é limitada pela EN 18 com cota na ordem 467 metros, a jusante da ponte a linha de cheia aproxima-se da cota 470 metros. Há incogruência pois a cota jusante tem que ser inferior a cota de montante.

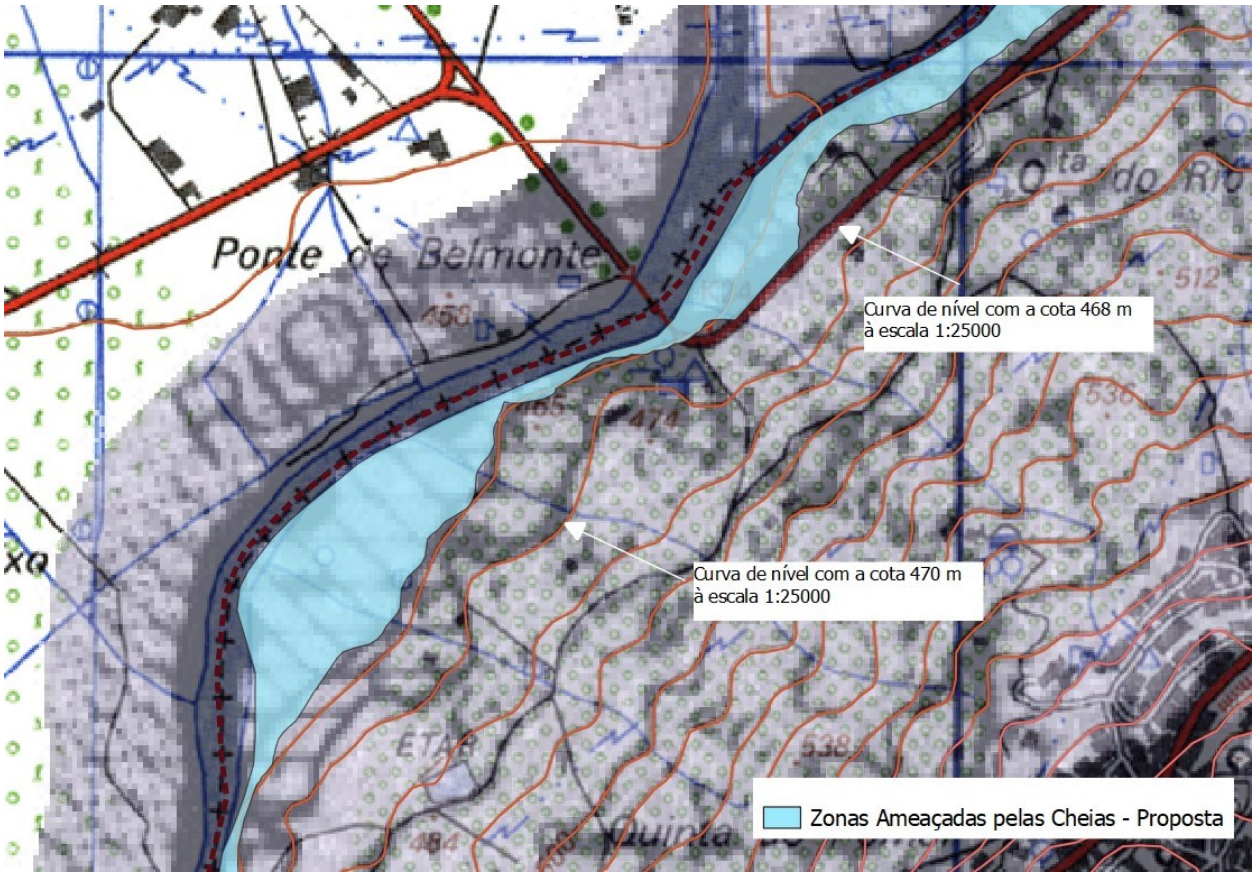


Figura 177 – Sobreposição da ZAC proposta em vigor junto à ponte sobre o rio Zêzere, na bacia do Zêzere.

Como já foi referido a ZAC proposta é calculado sobre a cartografia 1:10000, a qual não se pode sobrepor sobre a cartografia 1:25000, mas ao fazê-lo verifica-se que é mais coerente a ZAC proposta do que a ZAC em vigor, conforme demonstra a figura 178.

Pela figura 178 verifica-se que a margem direita da ribeira das Inguias o espelho de água atinge a cota 490 m enquanto na margem direita a cota é 480 m. A ZAC proposta acompanha o "andamento" das curvas de nível tanto na margem direita e esquerda possuem a mesma cota de cheia (figura 178).

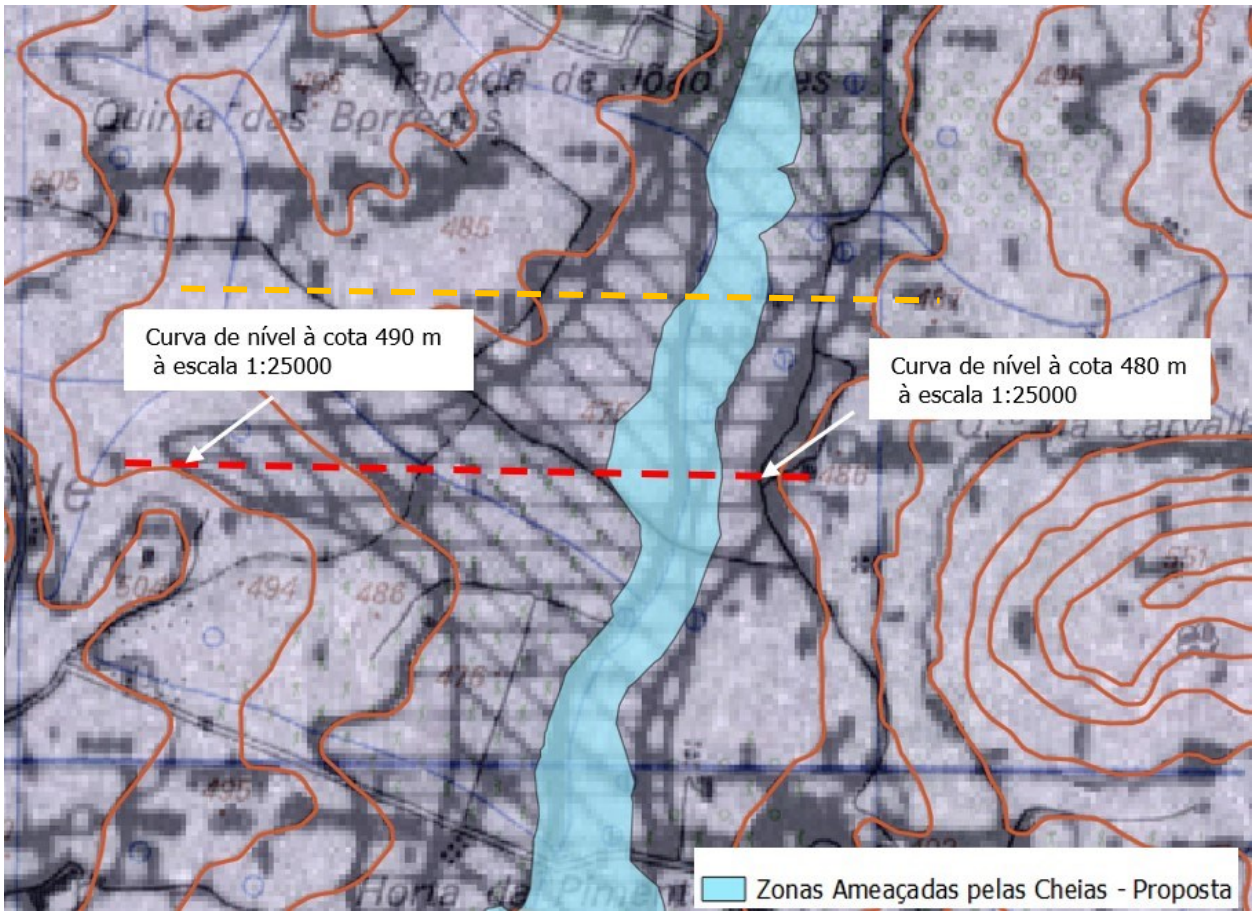


Figura 178 – Sobreposição Sobreposição da ZAC proposta em vigor na ribeira das Inguias, sobre altimetria 1:25000

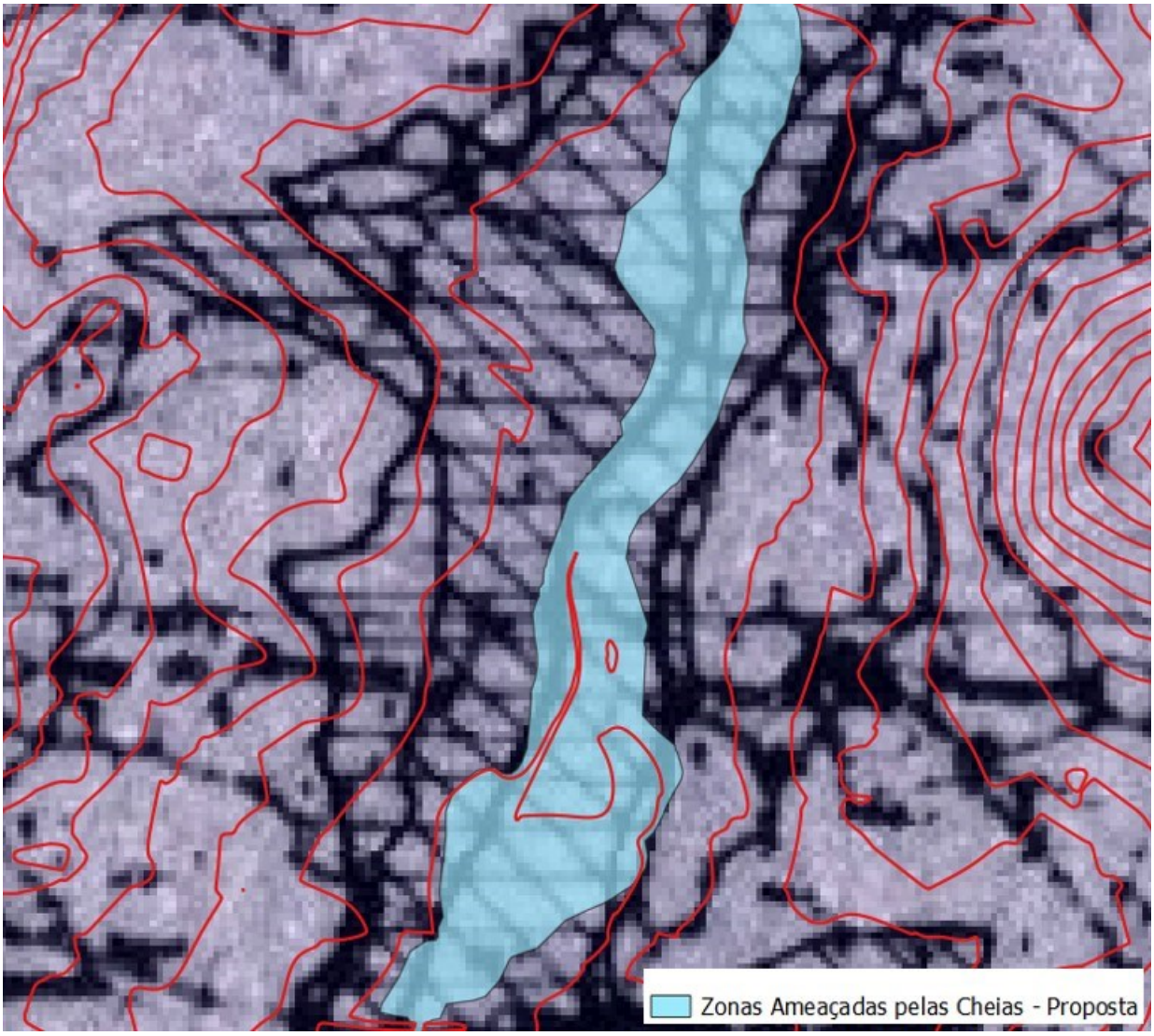


Figura 179 – Sobreposição da proposta da ZAC à escala 1:10000 sobre "Leitos dos Cursos e Água e Zonas Ameaçadas por Cheias" em vigor à escala 1:25000

3.2.2.10. Conclusão

Considera-se o cálculo das Zonas Ameaçadas pelas Cheias bastante exaustivo, seja qual for o técnico que apresente modelos e cálculos na determinação das ZAC, as divergências entre as Zonas Adjacentes e Zonas Ameaçadas pelas Cheias irão ser sempre bexistir e com valor de discrepância significativos devido aos erros já relatados. Pelo que, eu, Olga Gonçalves, na qualidade de técnica superior do Município de Belmonte, conhecendo a realidade do concelho, no qual resido, deixo à consideração da APA em manter e insistir nos erros das ZA e das ZAC em vigor, aliás a própria APA tem conhecimento deles, estas duas cartografias temáticas em vigor. Passo a decisão final à APA.

3.2.2.11. Exclusão de bolsas não integradas em ZAC

Após o parecer da APA com n.º. Ref.ª S026820-202304-ARHTO.DPI, a Memória Descritiva e Justificativa, versão G, fazia-se acompanhar de shapefile com a delimitação da ZAC, no seu interior existem várias "bolsas" que não integram estas. A razão de existirem essas "bolsas", tem haver com a topografia de base considerada, à escala 1:10000, homologada pelo DGT, porém após análise fotográfica e deslocação ao terreno, não existem evidências aparentes nem elevações para que estas "bolsas" não venham a ser ZAC. Pelo que o Município de Belmonte, optou por inclui em ZAC, de modo a anular problemáticas na gestão do território do município, pela ausência de continuidade e falta de equitatividade territorial. Este modo dá-se por integral cumprimento ao parecer da APA.

3.2.3. Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo

3.2.3.1. Introdução

A erosão do solo constitui um processo natural e complexo que resulta da separação e transporte de partículas do solo, por diferentes agentes erosivos, designadamente a água e o vento, resultando assim uma diminuição da espessura do solo e a perda da sua fertilidade. A erosão hídrica do solo está intimamente ligada à precipitação, devido ao efeito que as gotas de chuva provocam no destacamento das partículas de solo e a sua contribuição para o escoamento sobre o terreno.

De acordo com o número 1 da alínea d) da secção III do Anexo I do Decreto-Lei n.º 124/2019 de 28 de agosto, considera-se que: As áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo são áreas que, devido às suas características de solo e de declive, estão sujeitas à perda excessiva de solo por ação do escoamento superficial.

Estas áreas encontram-se integradas na tipologia das áreas de prevenção de riscos naturais definidas no n.º 3 da alínea *d)* da Secção III do referido diploma legal. Conforme consta neste normativo, nas áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo podem ser realizados os usos e as ações que não coloquem em causa, cumulativamente, as seguintes funções

- A conservação do recurso solo;
- A manutenção do equilíbrio dos processos morfogenéticos e pedogenéticos;
- A regulação do ciclo hidrológico através da promoção da infiltração em detrimento do escoamento superficial;
- A redução da perda de solo, diminuindo a colmatação dos solos a jusante e o assoreamento das massas de água.

De acordo com Ferreira *et al*. (2010) a delimitação das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo, tem como objetivo salvaguardar a função e os valores de proteção do recurso solo, bem como melhorar as práticas de conservação do mesmo

3.2.3.2. Dados de Base

Os dados de base utilizados na aplicação da metodologia publicada na Portaria n.º 264/2020, de 13 de novembro, as quais decorrem das Orientações Estratégicas de âmbito Nacional e Regional da REN (OEREN) foram os seguintes:

- Cartografia 1:10.000 – da Câmara Municipal de Belmonte, homologada recentemente por parte das entidades competentes. A cartografia do município disponibilizada em formato vetorial continha os seguintes temas: base cartográfica genérica, curvas de nível, hidrografia, limite de concelho e pontos cotados. Também foi disponibilizado o *TIN* (*Triangulated Irregular Network*) gerado a partir dos temas de altimetria mencionados anteriormente. Com base no TIN foi obtido o Modelo Digital do Terreno (MDT) com resolução de 5 metros (pixel) para a delimitação das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo;
- **Erosividade da Precipitação** - **fator R** – é o fator de erosividade da precipitação cujos cálculos da assentam em trabalhos científicos e técnicos desevolvidos pelo *European Soil Data Centre* (*ESDAC*) da *Joint Research Centre (JRC)*. Os dados geográficos encontram-se disponíveis na página da JRC (https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/rainfall-erosivity-european-union-and-switzerland#tabs-0-description=1&tabs-0-description-2) em formato raster com uma resolução de 500 metros e em unidades no Sistema Internacional (MJ mm)/(ha h ano).
- **Carta de Solos de aptidão agrícola e florestal da Beira Interior 1:100 000** em formato vetorial. Com base nos elementos que constam nas tabelas de atributos desta Carta e através da documentação de apoio que suporta a cartografia, nomeadamente os relatórios designados "Elaboração da Carta de Solos e de Aptidão das Terras da Zona Interior Centro – Memória" e "Elaboração da Carta de Solos e de Aptidão das Terras da Zona Interior Centro – Anexos". A partir destes documentos foi realizada a atribuição do **fator K** de acordo com o valor de erodibilidade, para as unidades pedológicas dominantes.

3.2.3.3. Metodologia Aplicada

De acordo com a legislação recentemente publicada, nomeadamente a Portaria n.º 264/2020 de 13 de novembro, "a delimitação das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo apoia-se na identificação da erosão potencial do solo, através da Equação Universal de Perda do Solo (EUPS) na sua versão revista, adaptada a Portugal continental e à unidade de gestão bacia hidrográfica". Esta permite calcular/estimar as Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo (AEREHS) a integrar na Reserva Ecológica Nacional do Concelho de Belmonte.

A delimitação das AERHS assenta na aplicação da EUPS revista, que considera os seguintes fatores naturais: a erosividade da precipitação – Fator R, a erodibilidade média dos solos resultante da sua textura, estrutura e composição – Fator K, bem como, a topografia do terreno - comprimento da encosta (L) e do seu declive (S), Fator LS (fator adimensional).

A delimitação da tipologia REN áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo no concelho de Belmonte compreendeu a sequência de etapas metodológicas e os critérios que se enunciam seguidamente.

A delimitação desta tipologia de REN do concelho de Belmonte, compreendeu a sequência de procedimentos metodológicas e critérios que se enunciam seguidamente, as quais se baseiam no exposto na secção IV, n.º 4 da Portaria n.º 264/2020 de 13 de novembro.

Neste contexto e conforme o preconizado no normativo legal o Cálculo da **erosão potencial do solo**, expressa em ton./ha.ano, realizar-se-á aplicando a fórmula:

$$A = R \times K \times LS$$

Os valores do fator **R** foram retirados do correspondente mapa matricial com resolução espacial de 500 m, que apresenta a informação da erosividade da precipitação da Europa (Figura 180).

A erosividade da precipitação no concelho de Belmonte apresenta uma variação entre 623,88 e 1693,65 (MJ mm)/(ha h ano). (Figura 180).

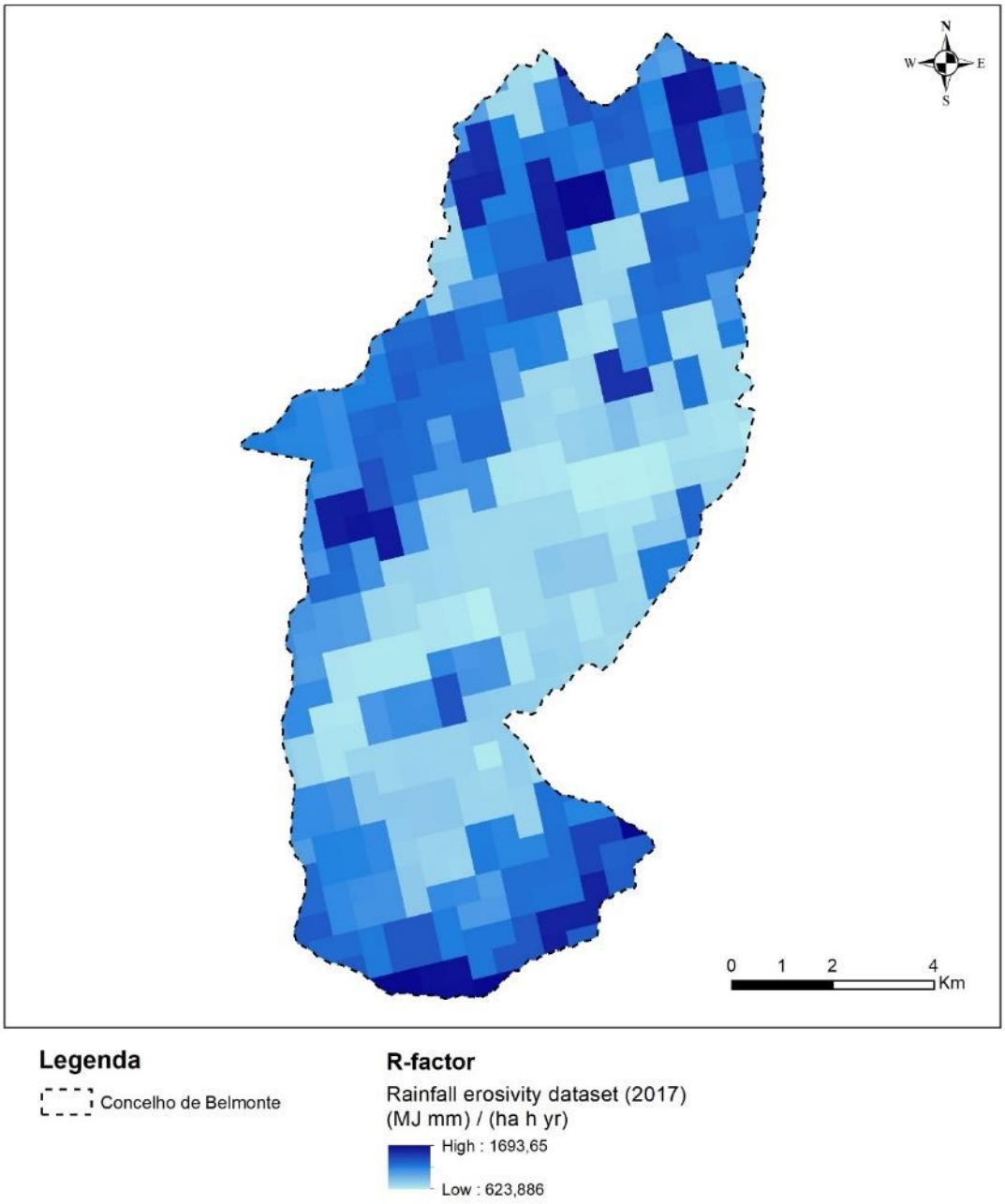


Figura 180 - Potencial de erosividade da precipitação (MJ mm ha-1 h-1 ano-1) do concelho de Belmonte

A **Carta de Solos de aptidão agrícola e florestal da Beira Interior – DGADR** (Figura 2), que utiliza a classificação *World Reference Base for Soil Resources* de 1998 – WBR (Simões, 2013), está na base do mapa relativo ao fator **K** (Figura 181). O fator k da Carta de Solos (1:100.000) encontra-se definido na documentação que acompanha esta cartografia, nomeadamente a "Elaboração da Carta de Solos e de Aptidão das Terras de Zona Interior Centro – Memória".

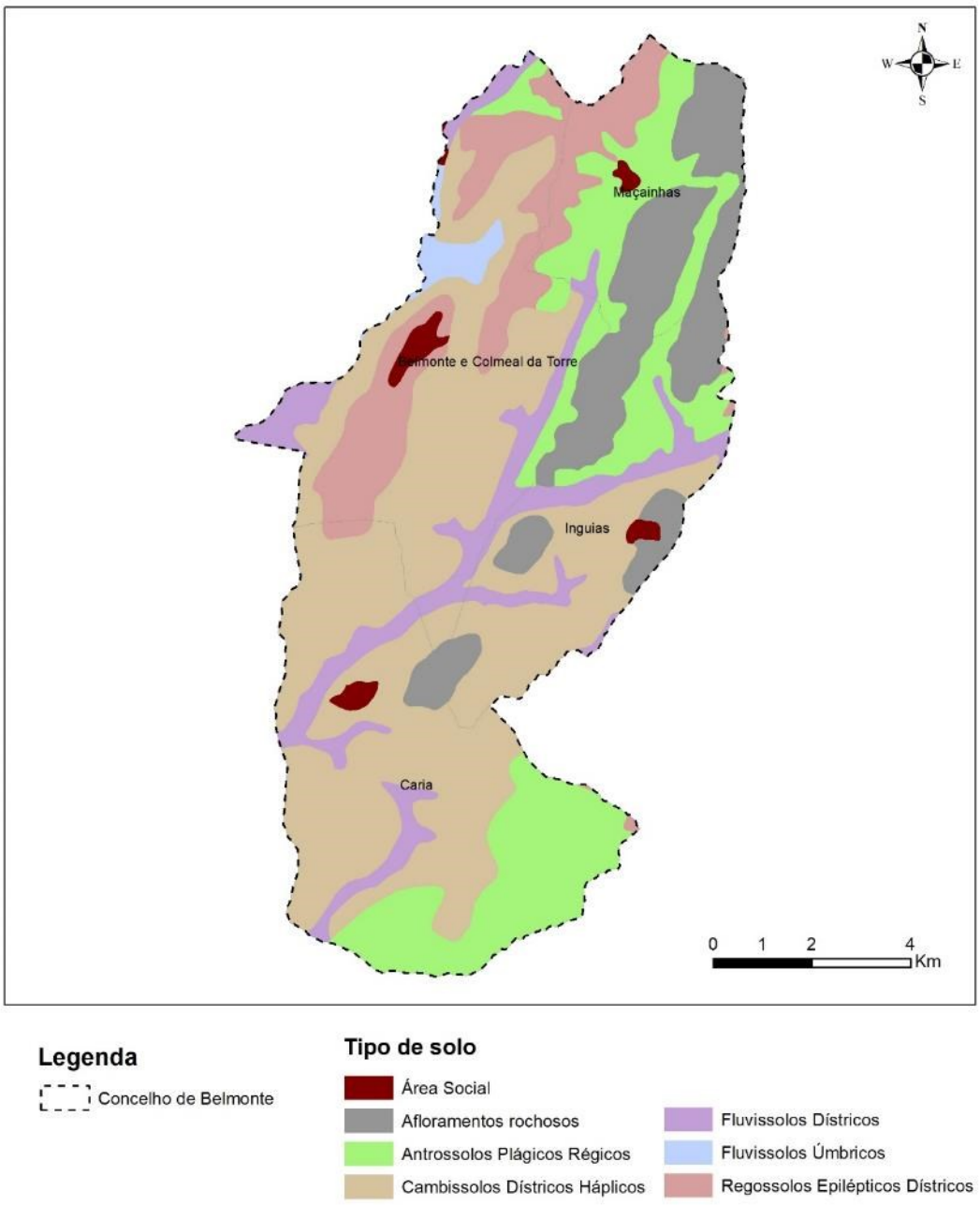


Figura 181 - Carta dos Solos de Portugal do concelho de Belmonte

Na documentação desta cartografia de solos, a classificação dos valores de erodibilidade das unidades pedológicas dominantes apresentam um intervalo de variação, não existindo um valor único para cada uma das unidades. Também os valores da erodibilidade desta cartografia de solo são bastante inferiores aos publicados por Pimenta (1998), que definiu valores de erodibilidade K adaptados a algumas unidades mais representativas dos solos de Portugal, e que dizem respeito a cartografia com escala diferente 1:25 000. Por outro lado, não existe uma correspondência evidente entre as diferentes designações dos tipos de solo e a respetiva codificação.

Na documentação desta cartografia de solos, a classificação dos valores de erodibilidade das unidades pedológicas dominantes apresentam um intervalo de variação, não existindo um valor único para cada uma das unidades. Também os valores da erodibilidade desta cartografia de solo são bastante inferiores aos publicados por Pimenta (1998), que definiu valores de erodibilidade K adaptados a algumas unidades mais representativas dos solos de Portugal, e que dizem respeito a cartografia com escala diferente 1:25 000. Por outro lado, não existe uma correspondência evidente entre as diferentes designações dos tipos de solo e a respetiva codificação.

De acordo com Simões 2013, em Portugal existem diferentes cartografias de solos, que variam em função da escala e das regiões, sendo por isso necessário compatibilizar e relacionar os sistemas de classificação. A legenda das cartas de solos de escala 1:25 000 e 1:50 000 são baseadas no sistema adotado pelo Serviço de Reconhecimento e Ordenamento Agrário (S.R.O.A.), enquanto a cartografia 1:100 000 dependendo da região poderá usar a classificação da *FAO/UNESCO* ou a classificação *World Reference Base for Soil Resources* de 1998 (WBR), como é o caso da cartografia da Região Interior Centro, conforme mencionado anteriormente.

Para definir o fator k para a cartografia de solos 1:100 000 recorreu-se à tese de mestrado de Simões (2013). De acordo com este trabalho, esta cartografia utiliza a classificação *World Reference Base for Soil Resources* de 1998 (WRB) e a adoção deste referencial na sua versão de 2006 torna necessário a harmonização e correspondência com as classificações existentes em Portugal (FAO, 2006). As unidades pedológicas desta cartografia foram definidas a partir de subdivisões dos principais grupos da WRB, correspondendo em geral ao nível de generalização de subunidades de solo e, nalguns casos, de unidades de solo.
Conforme mencionado na publicação de Simões (2013), não existe uma correspondência direta entre as unidades pedológicas desta classificação e os valores de K para Portugal, à data da elaboração desta metodologia, pelo que desenvolveu-se um esforço com este trabalho de relacionar os sistemas de classificação WRB 1998, FAO 1985 e S.R.O.A de forma a conseguir fazer corresponder os valores de K determinados por Pimenta (1998, 1998) com a legenda WRB 1998 desta cartografia (Tabela I – Anexos). Este trabalho refere ainda que, a interpretação dessa legenda foi o primeiro passo neste processo de correspondência de legendas, para tal, recorreu-se ao *World Reference Base for Soil Resources* de 2006 (FAO 2006) e ao trabalho apresentado na *European Summer School on Soil Survey* por Jones *et al.* (2003). No processo de correspondência desta legenda foram usados, para além dos dois documentos anteriormente mencionados, os trabalhos desenvolvidos por Rogado (1993), Pimenta (1998, 1998) e Martins & Lourenço (2012).

Na maioria, os solos dominantes são compostos por dois tipos de solo, no entanto não são identificadas as percentagens relativas a cada um. A determinação do valor de K final dos solos dominantes desta cartografia foi calculada pela média aritmética do valor de erodibilidade de cada tipo de solo que constitui o mesmo.

Para os afloramentos rochosos foi considerado um valor da erodibilidade de 0 conforme a documentação de apoio e a Tabela do Anexo 2. Para as áreas sociais foi considerado o valor 0 já que estas se caracterizam por uma reduzida permeabilidade da água, não estando sujeitas a perdas de solo por ação do escoamento superficial. Relativamente aos afloramentos rochosos, existe a indicação que os mesmos representam mais de 70% do total da área, verificando-se assim a presença de solos subdominantes, o que evidencia a presença de solo, ainda que em pequena quantidade, mas suscetível a processos erosivos. Tendo em conta que não se trata de rocha nua, e que estas manchas se localizam nas principais elevações do concelho, o que em conjugação com a precipitação e o declive apresentam condições para a perda de solo, pelo que, considerou-se que as mesmas apresentam associada alguma erodibilidade do solo que as

compõem. Esta foi calculada com base na média aritmética do tipo de solos subdominantes que integram estas manchas, sendo que na ponderação total apenas foi considerado para o fator k um valor percentual de 30%, face à maior presença de afloramentos rochosos.

Importa também referir que foi necessário realizar a transformações de unidades métricas para unidades do SI através do quociente do valor k pela aceleração da gravidade, *i.e.* por 9,8 $m.s^{-2}$ (Pimenta 1998).

Deste processo resultou o mapa da erodibilidade do solo do concelho de Belmonte, apresenta uma variação de 0 a 0,035 t h ha Mj^{-1} ha^{-1} mm^{-1} (Figura 182).

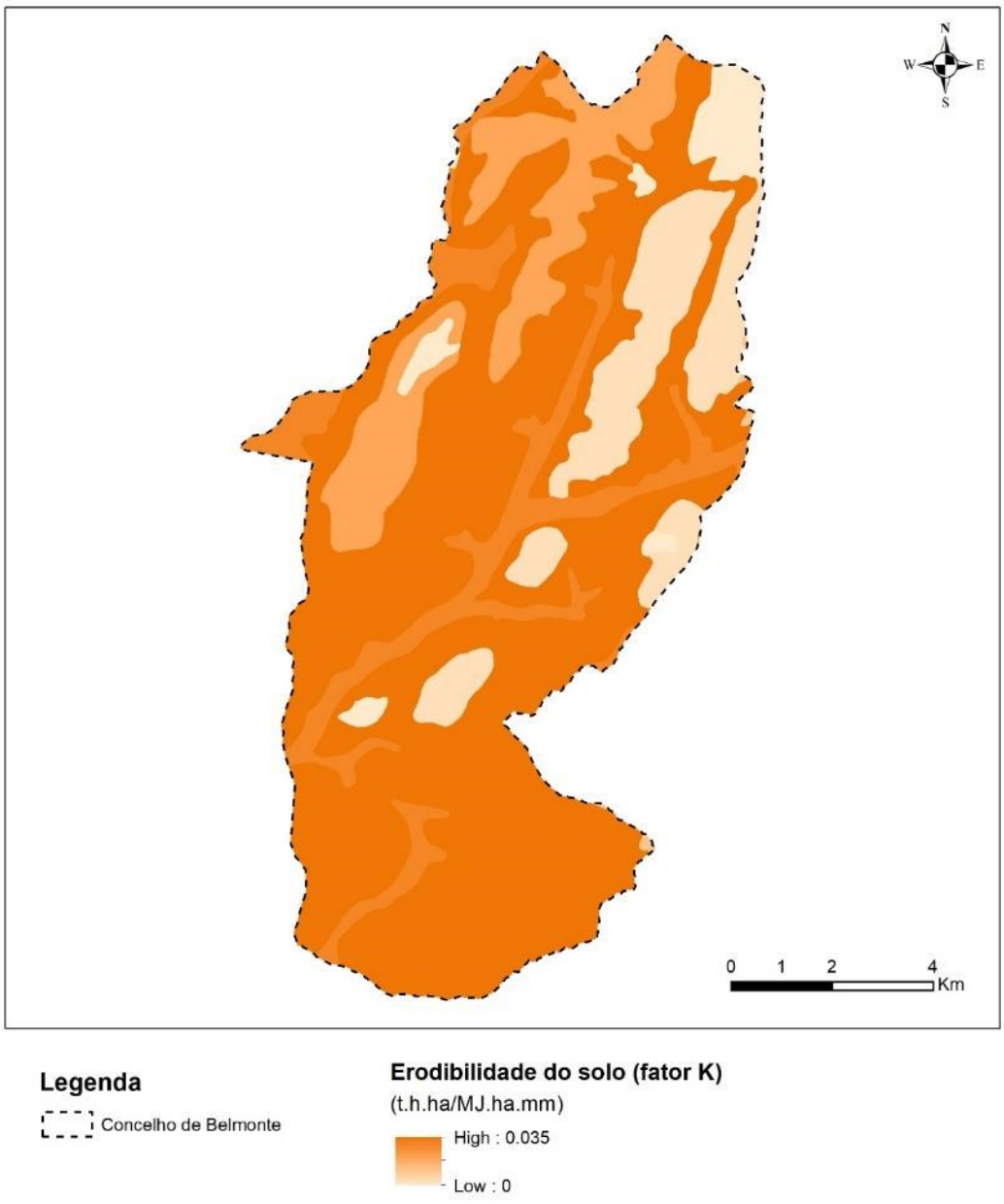


Figura 182 – Erodibilidade dos Solos (t h ha Mj-1 ha-1 mm-1) do concelho de Belmonte

Apesar de não terem sido considerados na atualização metodológica publicada na Portaria n.º 264/2020 de 13 de novembro, de acordo com a Recomendação Técnica Comissão Nacional do Território (2013), os fatores **C -** relativo à ocupação do solo e **P -** antrópico assumem o valor de 1. A aplicação à globalidade do território do concelho destes dois fatores apresenta algumas limitações dada a dificuldade em determinar um valor que traduza a mutabilidade e heterogeneidade associada aos fatores relacionados com a ocupação do solo e a atividade humana. Assim conforme é indicado na Recomendação mencionada acima, e para que estes assumam um carácter preventivo, concluiu-se que os mesmos deveriam ter um valor constante e que não afetasse o resultado determinado pelas restantes variáveis (valor de 1), sem implicações no resultado final.

A Portaria 264/2020 de 13 de novembro refere que caso se identifiquem práticas agrícolas que visem a conservação do solo, nomeadamente a construção de socalcos e/ou muros de contenção de terra com caráter permanente, e uma vez que as mesmas têm um papel significativo na redução da erosão potencial do solo, tais práticas devem ser consideradas como fator de prática agrícola de conservação do solo (*P*).
Nestes casos, o valor da Erosão Potencial do Solo é traduzido pela expressão exposta abaixo em que P é o fator de conservação do solo (adimensional).

$$A = R \times K \times LS \times P$$

De acordo com a declaração da Câmara Municipal de Belmonte, na área do concelho não existem zonas com socalcos e/ou com muros de contenção de terra, pelo que este fator não foi considerado na delimitação das AEREHS do concelho de Belmonte. Assim sendo, no cálculo das AEREHS para o concelho de Belmonte foi utilizado a erosividade da precipitação – fator R, a erodibilidade do solo – fator K e o fator topográfico (LS), obtendo o valor da Erosão Potencial do Solo (A) expresso em t ha^{-1} ano^{-1}.

O fator LS foi calculado através das fórmulas publicadas na Portaria 264/2020 de 13 de novembro, na qual se exprime a importância conjugada do comprimento da vertente (L) e do seu declive (S). Para o cálculo do fator topográfico (LS) aplicou-se a metodologia apresentada na formação "REN – AEREHS (Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo)", organizada pela Direção Geral do Território, com apoio da Agência Portuguesa do Ambiente, no Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, da Universidade de Lisboa em 18 de dezembro de 2019.
Assim, no modelo RUSLE os parâmetros L e S são obtidos de acordo com as seguintes equações.
Para o fator extensão das vertentes (L):

$$\boldsymbol{L} = \left(\frac{\lambda}{22{,}13}\right)^{m}$$

Para o fator declive (S):

$$\boldsymbol{S} = 10{,}8 \sin\theta + 0{,}03 \quad para\ declives \leq 9\ \%\ (5{,}14°)$$

$$\boldsymbol{S} = 16{,}8 \sin\theta - 0{,}50 \quad para\ declives > 9\ \%\ (5{,}14°)$$

em que:

λ é o comprimento do desnível, em metros, desde o início do fluxo até cada ponto da vertente;

θ é o ângulo associado à inclinação do desnível em radianos;

m é o coeficiente dependente do declive que assume os seguintes valores:

$$\boldsymbol{m} = \frac{\beta}{\beta + 1}$$

em que:

$$\boldsymbol{\beta} = \frac{\sin\theta / 0{,}896}{0{,}56 + 3 * (\sin\theta^{0{,}8})}$$

Neste procedimento foram atendidas as recomendações do Guia de apoio à delimitação da REN, Junho de 2020, no que se refere à delimitação das Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – Cálculo do Fator Topográfico (LS), que referem que: "Em todo o caso, a metodologia anterior para o cálculo do expoente m está direcionada para trabalhos de projeto ao nível do talhão de terreno, pelo que muitos autores sugerem a utilização de uma abordagem mais geral, baseada apenas em limiares de declive, mais ajustada à avaliação da erosão hídrica do solo no contexto da REN". Assim, m pode tomar, de acordo com os limiares de declive (s), os valores indicados no Quadro 50.

Quadro 50 – Valores do parâmetro m para as classes de declive no concelho de Belmonte

Classes de Declive	m
s> 5 %	0,5
3 % < s ≤ 5 %	0,4
1 % < s ≤ 3 %	0,3
s ≤ 1 %	0,2

Para o cálculo do fator LS a procedeu-se à elaboração do *Triangular Irregular Network* (TIN) para a obtenção do Modelo Digital do Terreno (MDT) com pixel de 5 metros, com base nas curvas de nível e pontos cotados à escala 1:10 000 disponibilizados pelo Município de Belmonte (Figura 183).

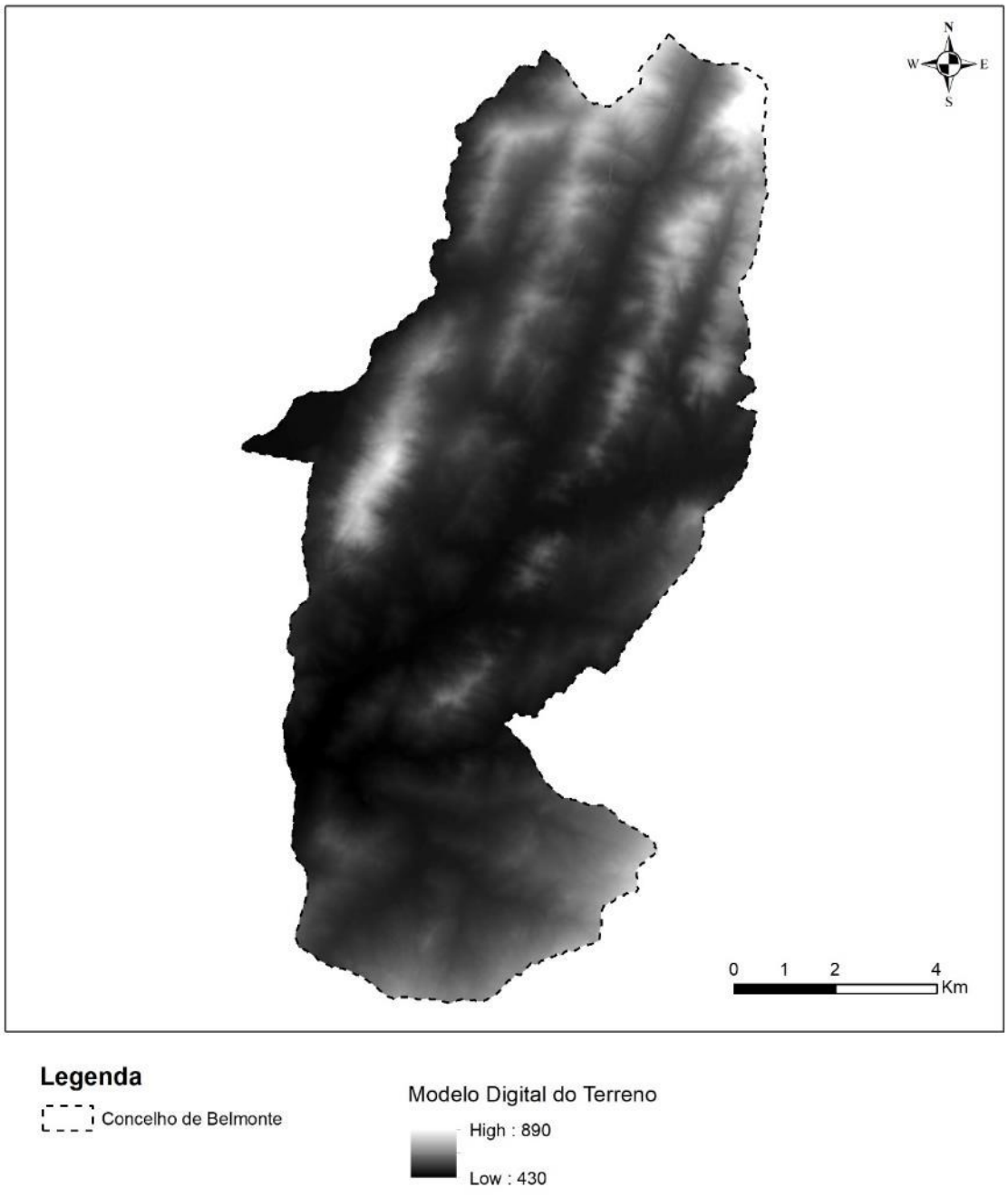


Figura 183 – Modelo Digital do Terreno (MDT) do concelho Belmonte

A correção das depressões falsas geradas pelo MDT é essencial para diminuir erros que se vão refletir na rede de drenagem (Figura 184). De seguida, elaborou-se o mapa de direção/sentido dos fluxos (Figura 185), que constitui a base para construir o mapa de fluxo acumulado, que permite obter o modelo da rede drenagem segundo o MDT.

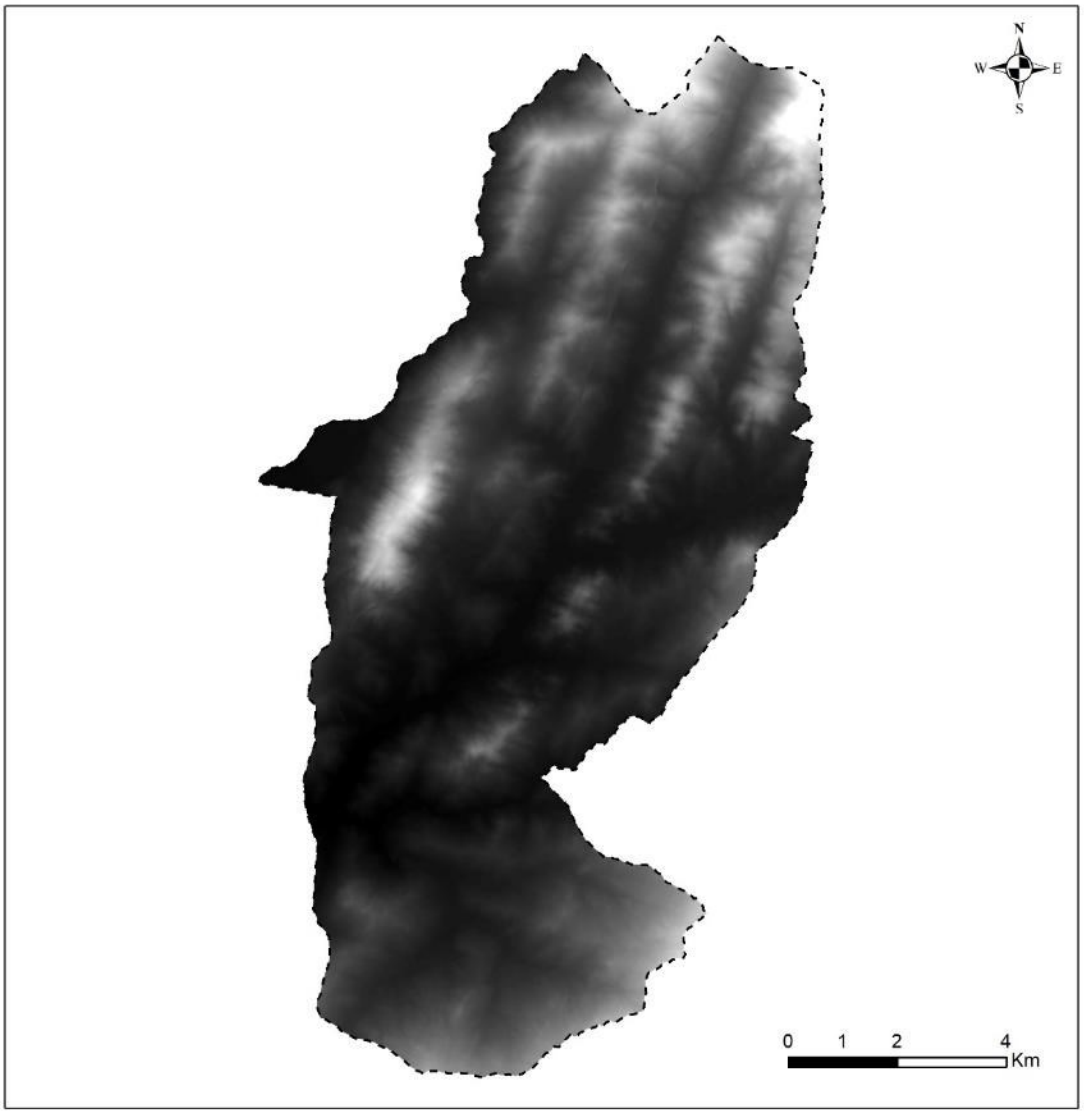


Figura 184 – MDT do concelho Belmonte com correção hidrológica

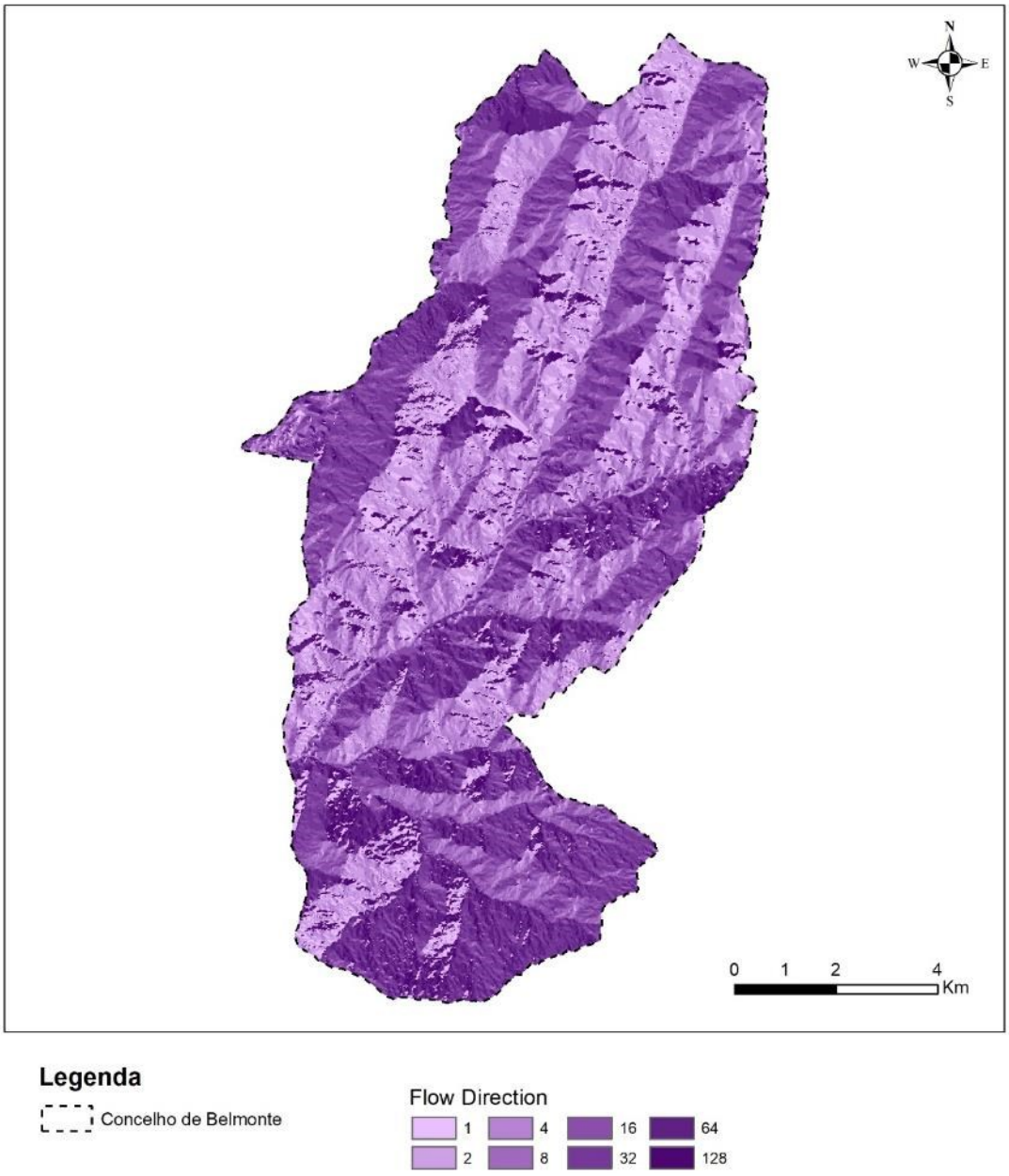


Figura 185 – Sentido de fluxos do concelho Belmonte

Importa referir que a as vias de comunicação (rede viária e ferroviária) foram utilizadas como barreiras físicas no terreno (Figura 186), que interferem nas condições de drenagem ao longo das vertentes, interrompendo assim o fluxo da água canalizando-o para as valas laterais das vias. Ou seja, a rede viária e ferroviária vai quebrar o escoamento laminar das vertentes, de forma que o limite interior da via deve ser considerado como a base da vertente, enquanto que o limite exterior deve ser sempre considerado como o início de uma nova vertente, que se desenvolve para jusante até que haja uma nova interrupção.

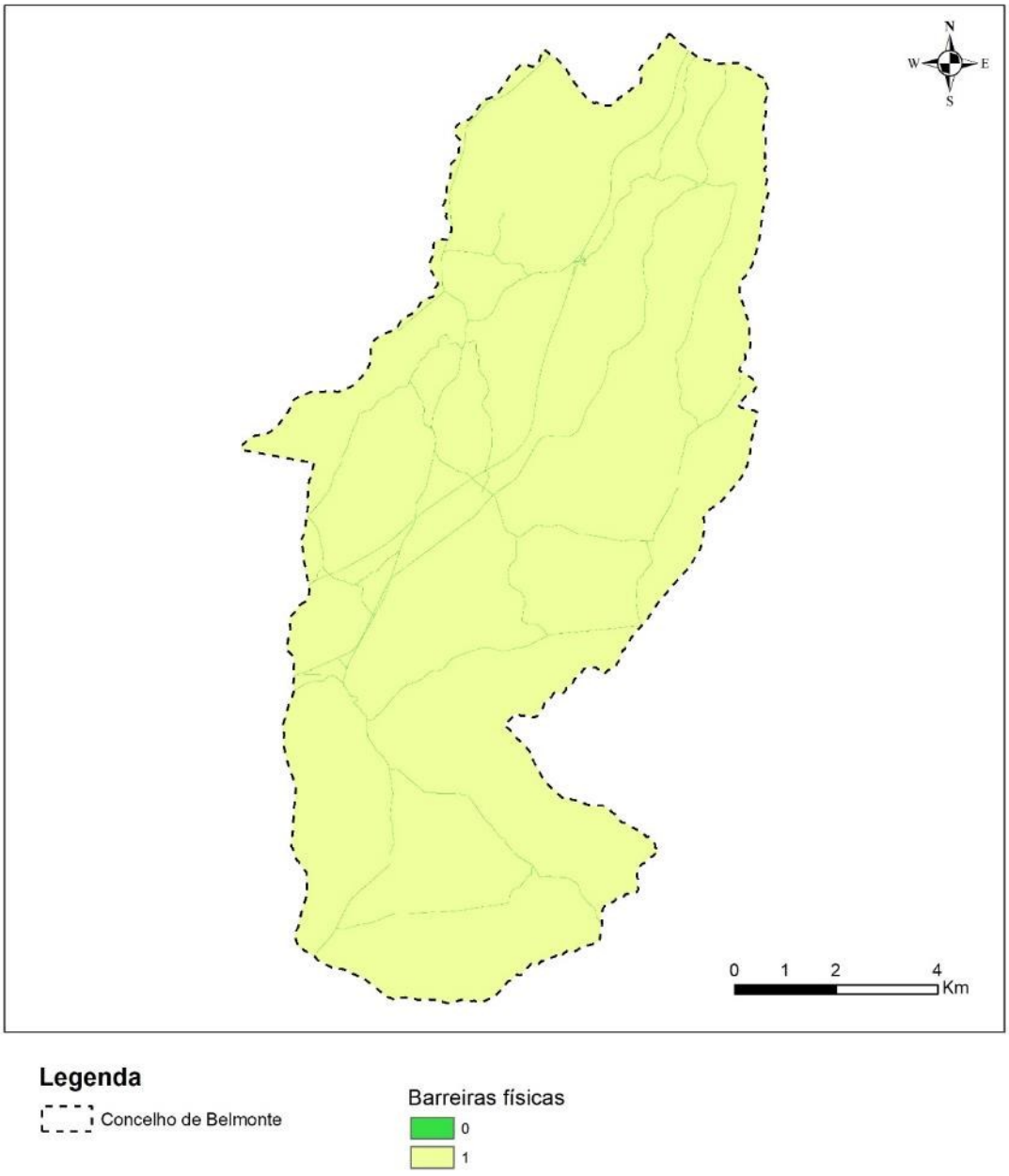


Figura 186 – Barreiras físicas das vias de comunicação do concelho Belmonte

Com a identificação das barreiras físicas tornou-se necessário proceder à retificação do mapa de direção dos fluxos considerando as barreiras físicas no terreno (Figura 187), e só depois gerado o mapa de fluxo acumulado (Figura 8), que vai servir de suporte ao cálculo do comprimento/extensão da vertente. Este permite aferir o número de pixéis acumulados desde o topo da vertente até determinado ponto, considerando a direção do fluxo. No entanto, não indica diretamente o comprimento da vertente, apenas mostra o número de células acumuladas, desde o topo da vertente até um determinado ponto, considerando a direção do fluxo. A determinação do comprimento da encosta através dos Mapas do Sentido dos Fluxos e de Fluxo Acumulado tem que ser aferida em função do comprimento máximo da encosta verificada no território ou considerando a legislação existente para o efeito. Assim, determinado o comprimento máximo

da encosta existente no concelho, e calculado o número de pixéis correspondente, neste caso o resultado originou uma vertente considerada "impossível".

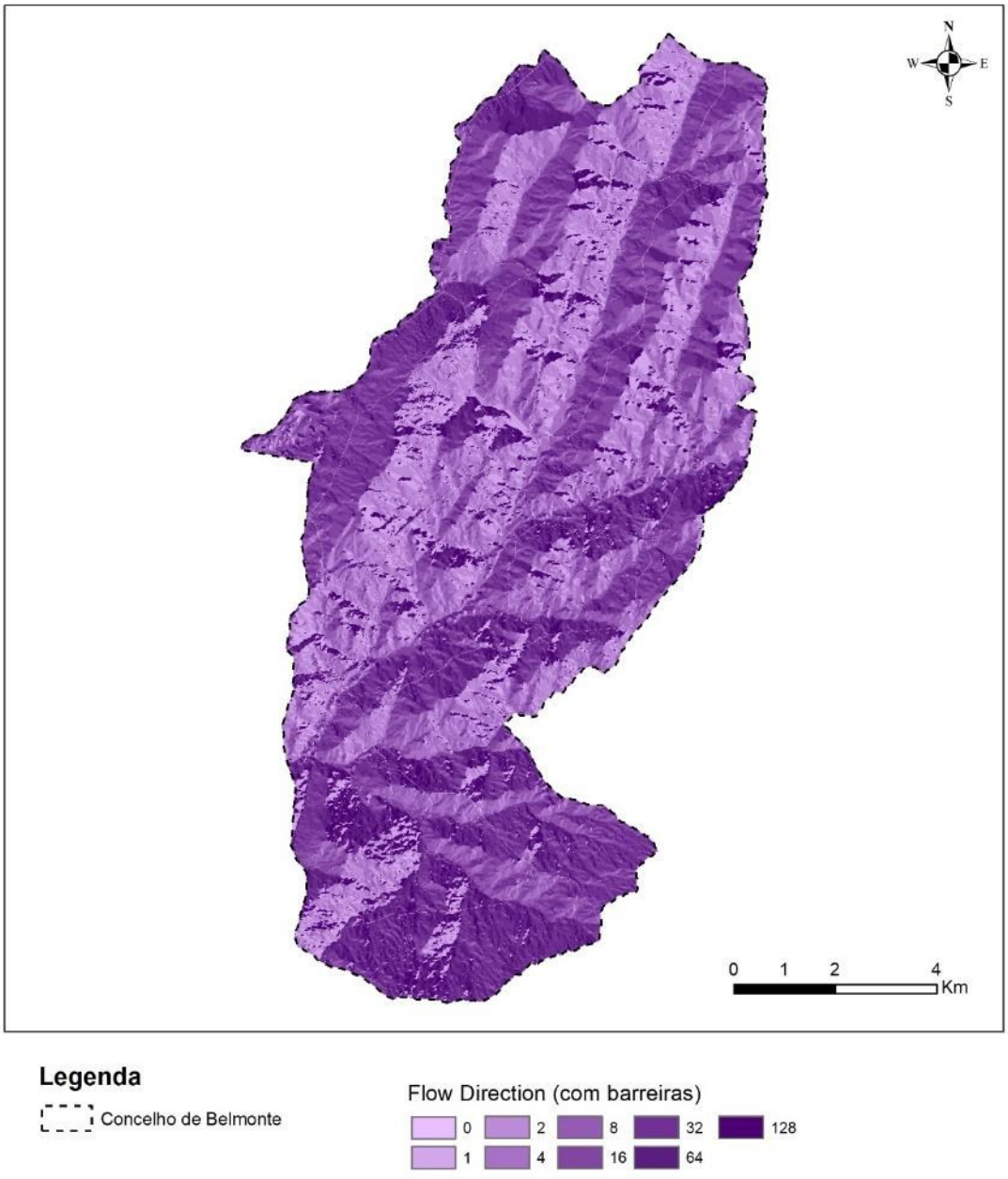


Figura 187 – Sentido de Fluxos corrigido com as barreiras físicas

Neste sentido, verificou-se a necessidade de limitar os valores obtidos de uma vertente ao valor identificado na legislação. Para determinar qual o tamanho máximo da encosta, multiplicaram-se os resultados obtidos no mapa de fluxos acumulados pelo valor da resolução do pixel utilizado. Ou seja, na identificação da maior vertente assumiu-se que esta teria 300 metros e atendendo que o pixel tem 5 metros, a divisão da maior vertente (300) pelo tamanho da célula, assume-se que a maior vertente terá 60 células. Após definir o comprimento máximo da vertente adotado, realizou-se uma operação condicional para que todas as células com fluxos acumulados superiores fiquem com o valor

máximo da vertente definida. O seja aplicou-se a condição que estabeleça aquele valor como o valor máximo de pixéis a considerar para efeitos de cálculo. Assim, caso o valor determinado através do Mapa do Sentido dos Fluxos apresente valores superiores ao máximo de pixéis estabelecido atribui-se este valor.

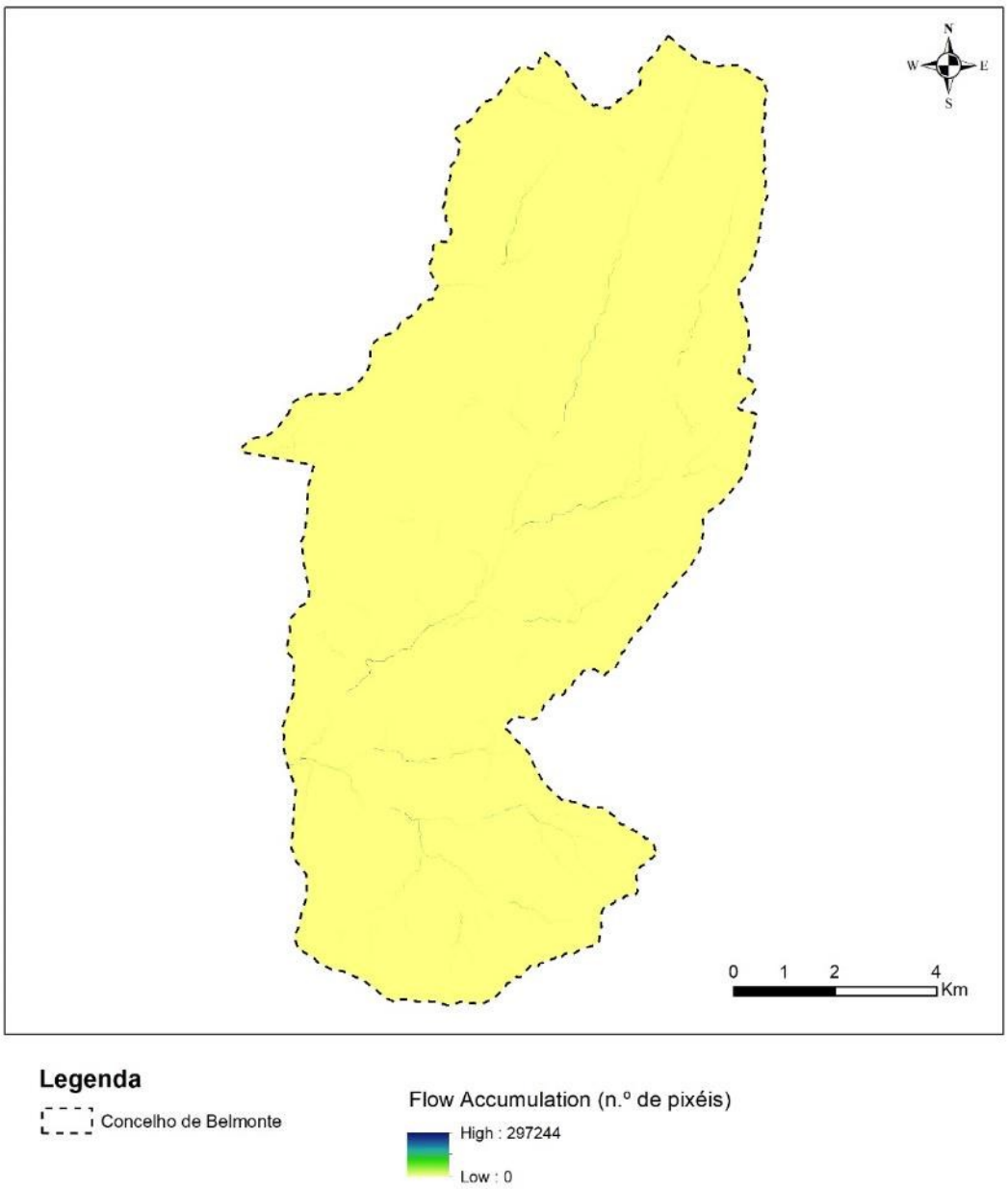


Figura 188 – Fluxo acumulado no concelho Belmonte

Tal correção torna-se necessária para minimizar o erro associado a este parâmetro, uma vez que o fluxo acumulado dá, apenas, a noção dos pixéis acumulados e não do comprimento real da vertente. Assim, ao aplicar-se esta condição, não são contabilizadas as áreas de fundos de vale que apresentam os maiores valores de acumulação, ao refletirem a acumulação do fluxo de todo o sector a montante.

Esta etapa pretendeu eliminar as possíveis depressões artificiais criadas pelo MDT e, também, eliminar do modelo de acumulação de fluxo as células que, por se localizarem em fundos de vales planos, não refletem nos seus valores o real comprimento das vertentes (apenas representam indiscriminadamente o número de células que para elas escoam, mesmo as que não se encontram em vertentes).

Depois de aplicada a função condicional e de apurada a extensão das vertentes a partir dos valores acumulados e da resolução das células em metros, obteve-se o **λ** - comprimento do desnível/extensão da vertente (Figura 1899). Ao mapa da extensão de vertentes obtido acrescentamos o valor 1 a todas as células, para eliminar deste modo os valores de zero (Figura 190).

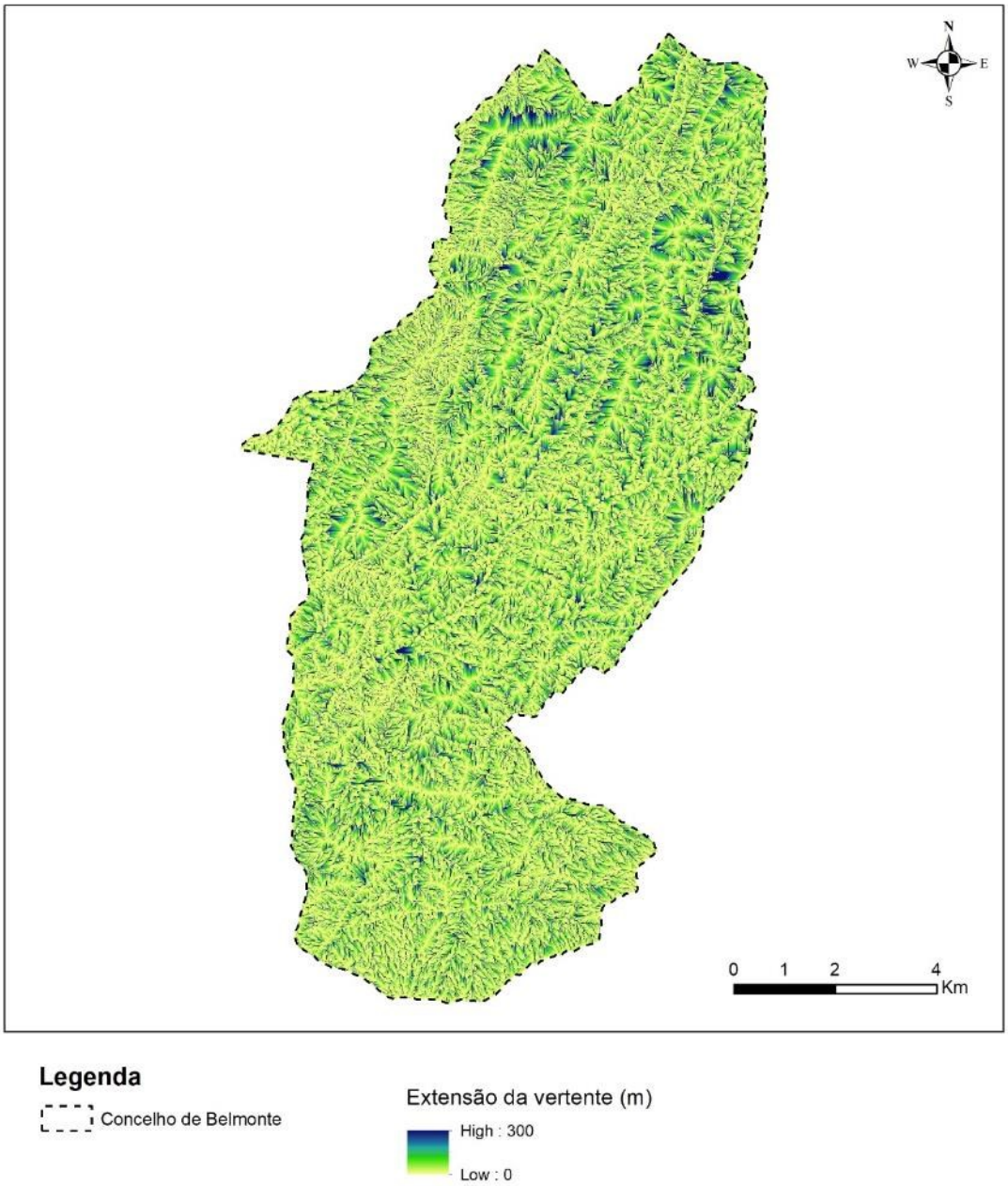


Figura 189– Extensão da vertente no concelho Belmonte

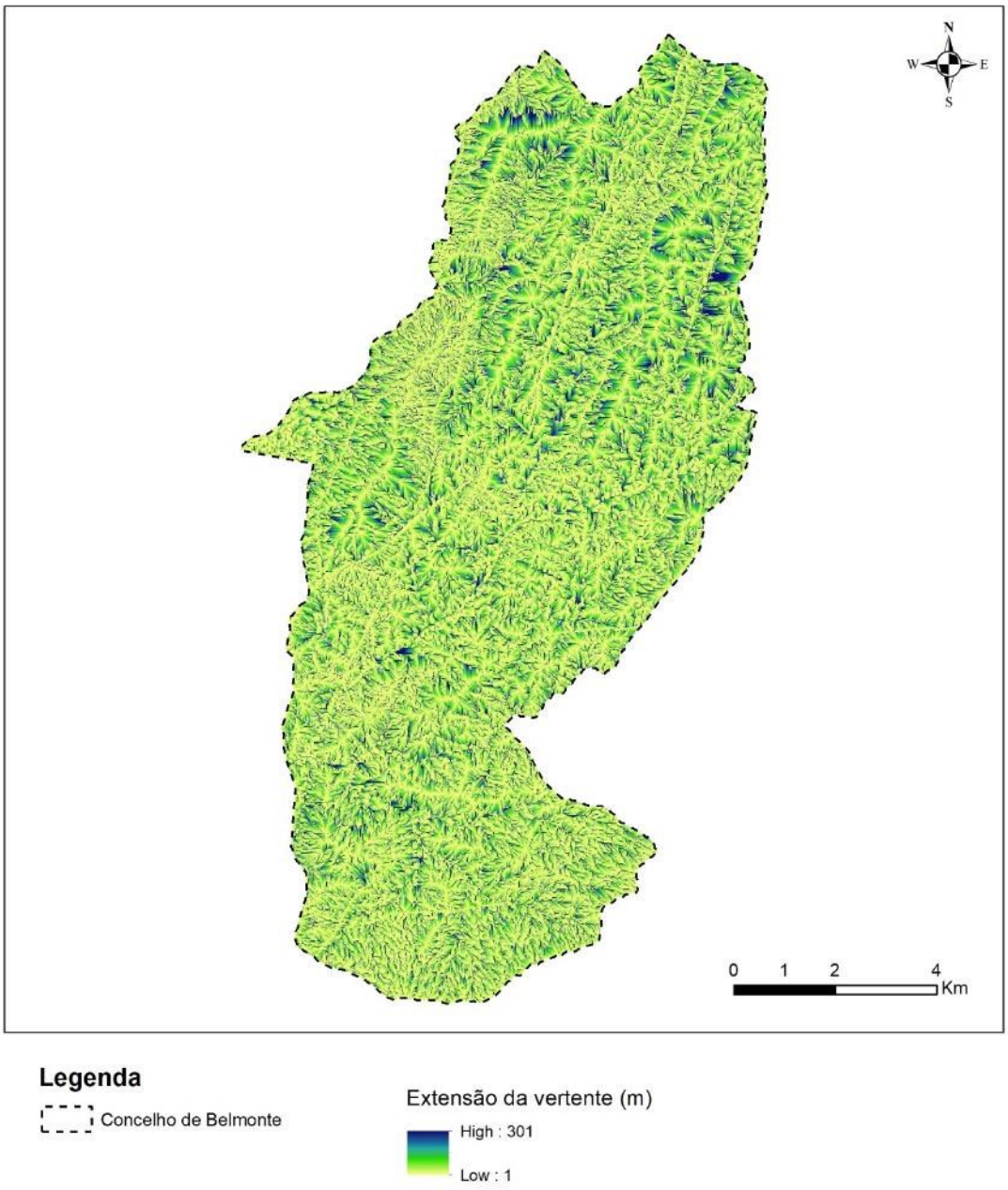


Figura 190– Extensão da vertente no concelho Belmonte corrigida com a constante 1

Para além do comprimento/extensão da vertente para o cálculo do LS é ainda necessário calcular o declive. O ângulo **θ** associado à inclinação do desnível, em percentagem, corresponde ao declive. Uma vez que o *software* utilizado calcula os senos em radianos, o declive é dado nesta unidade de medida angular, assim como consideradas todas as conversões necessárias.

Para o cálculo do declive (S) tem se obter os declives em três unidades: percentagem (Figura 191), graus (Figura 192) e radianos (Figura 193). O mapa de declive em radianos é obtido pelo produto do mapa de declive em graus pelo valor

de 0,0174532925. O declive **S** é calculado pela aplicação da expressão acima apresentada, utilizando os mapas de declives em percentagem e em radianos calculados, variando entre 0,03 e 15,7382 (Figura 194).

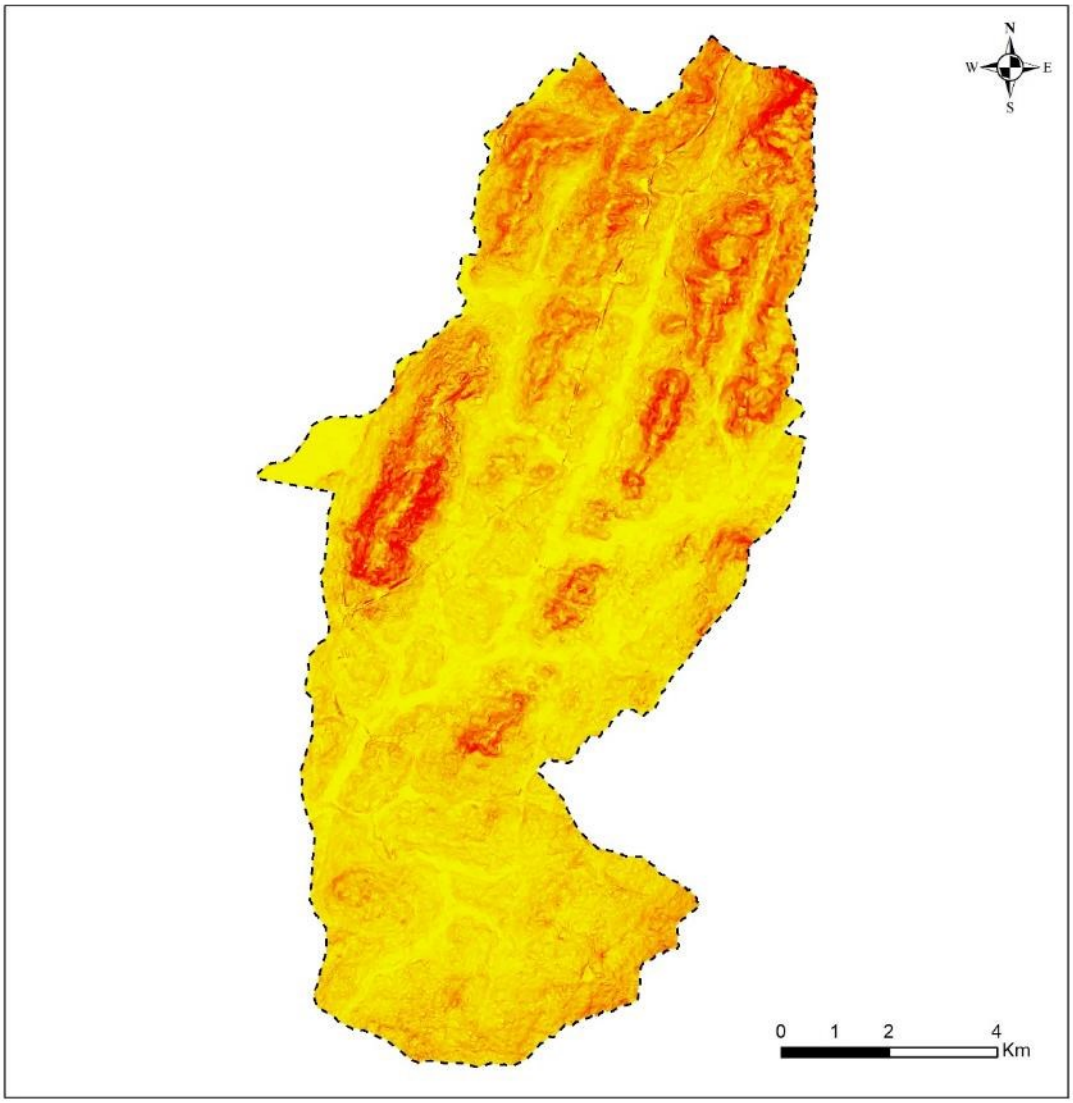


Figura 191 – Declives em percentagem (%)

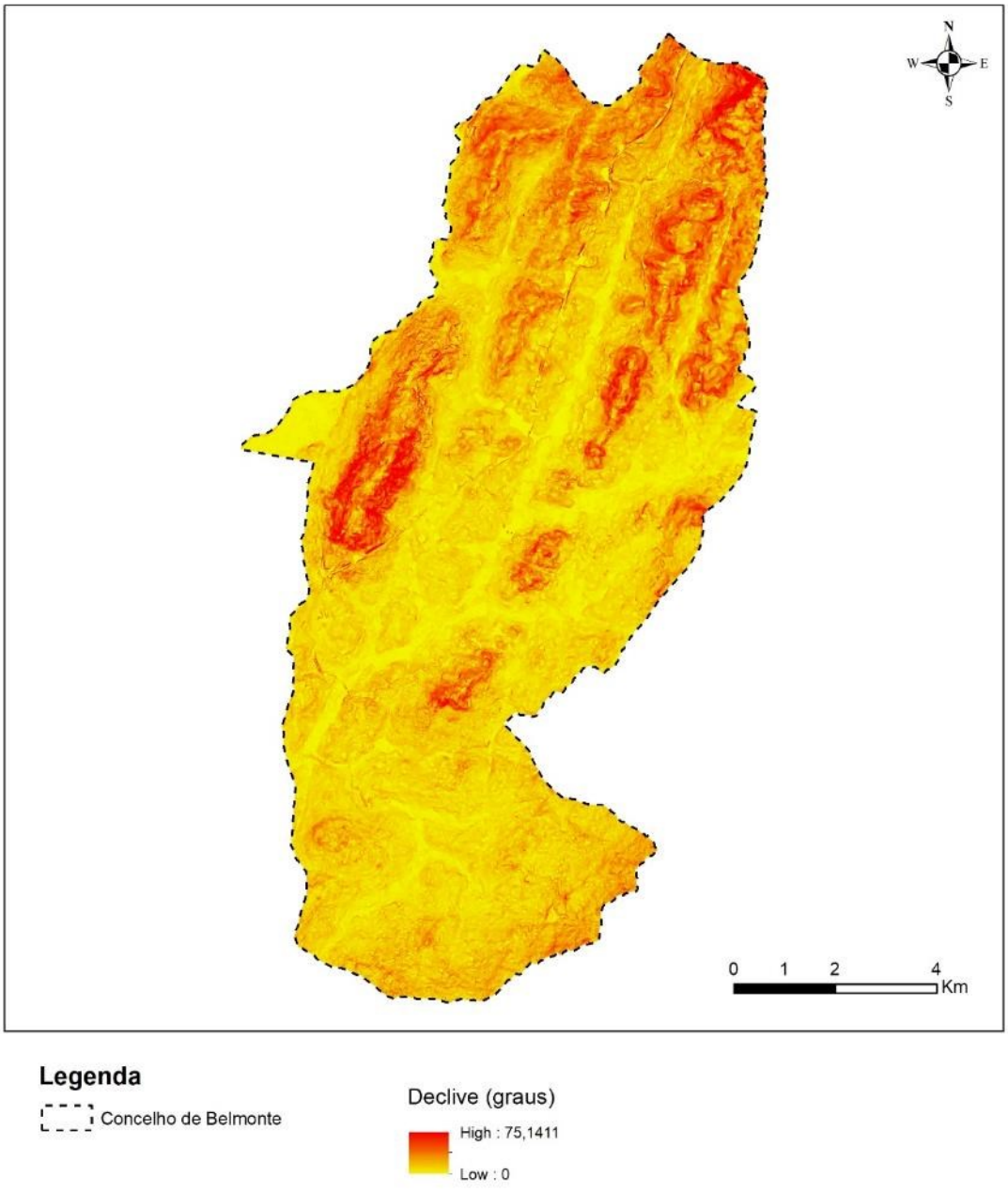


Figura 192 – Declives em graus do concelho Belmonte

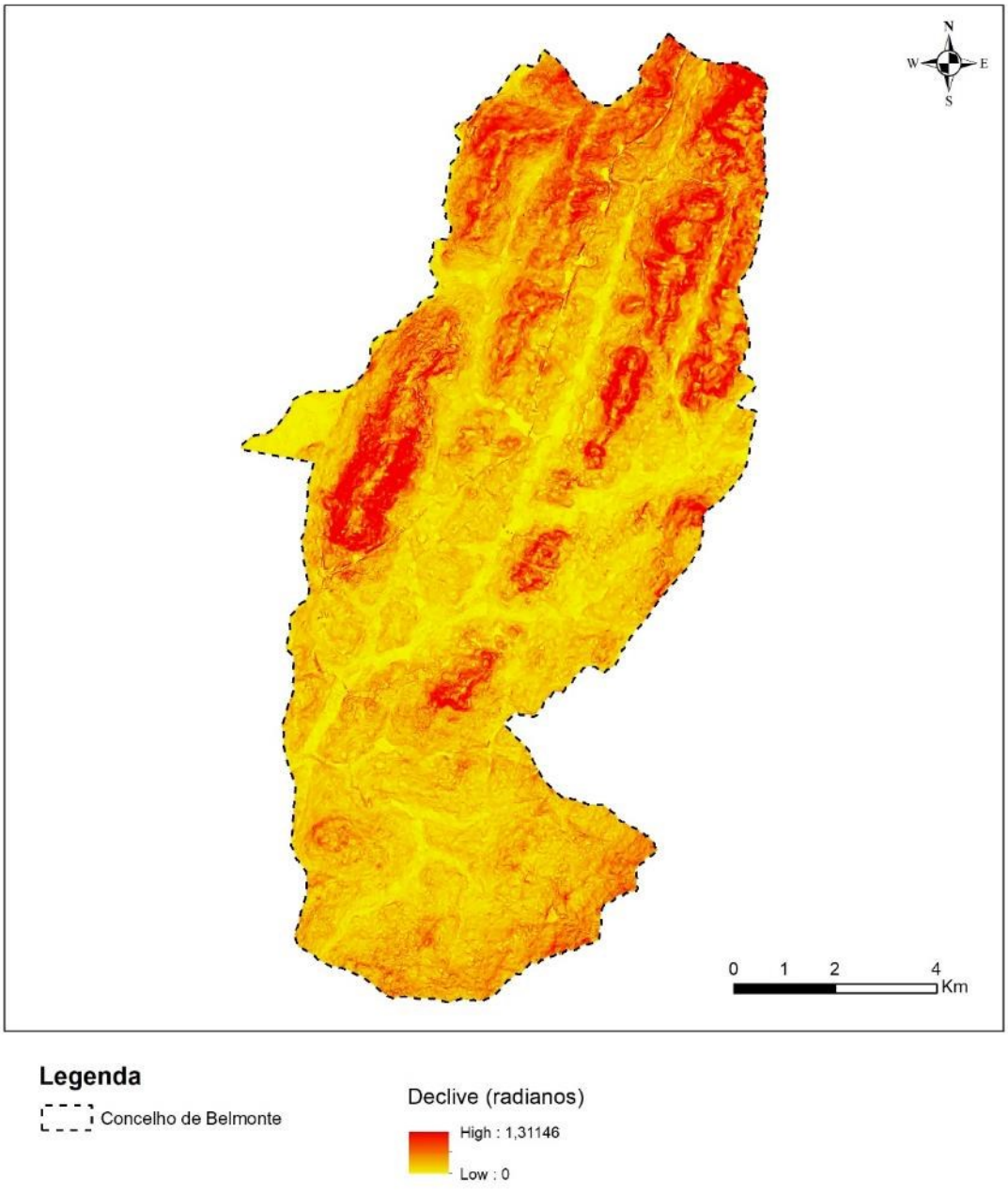


Figura 193 – Declives em radianos do concelho Belmonte

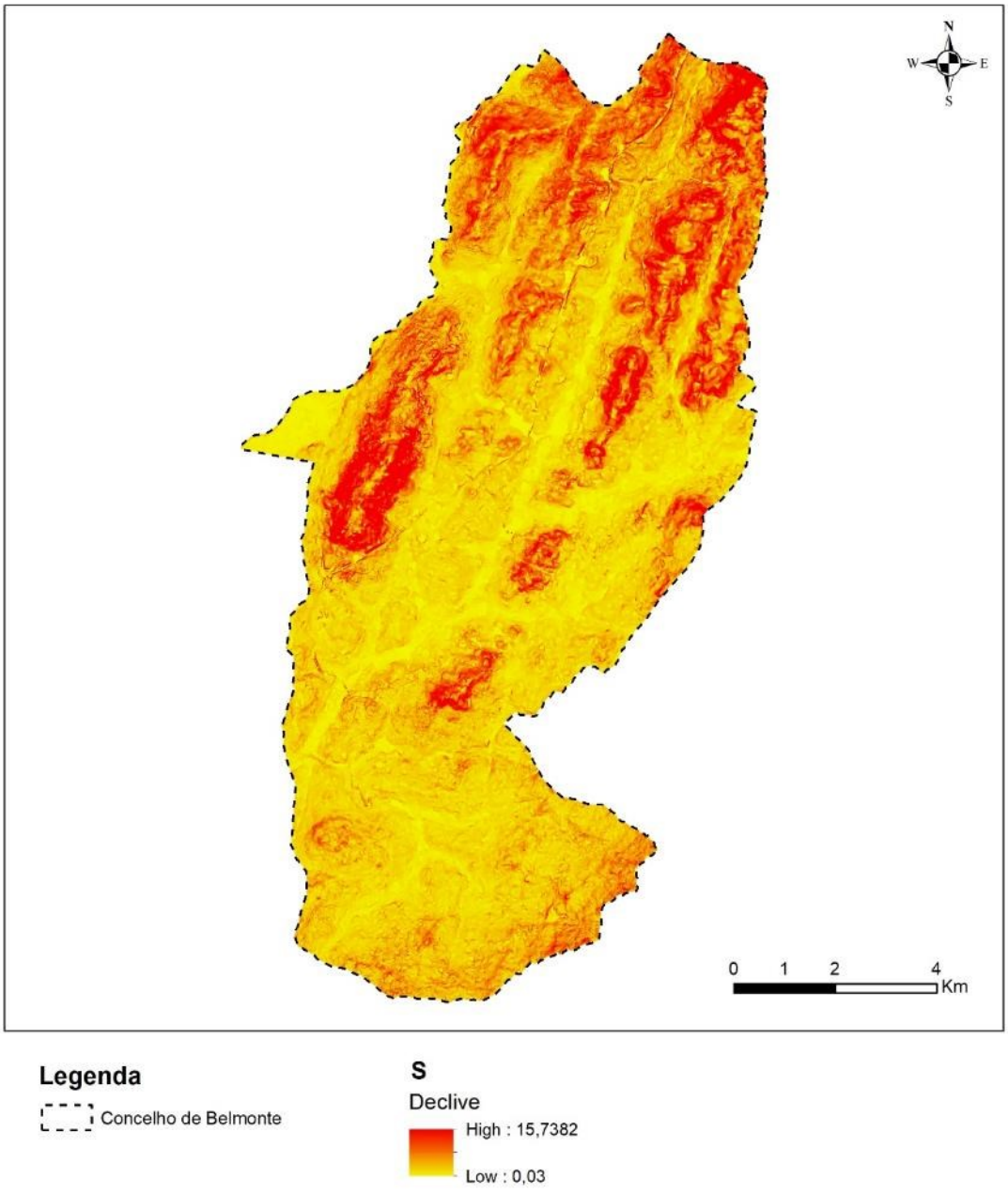


Figura 194 – Declive - S do concelho Belmonte

Para o cálculo do coeficiente **m** dependente do declive, e, por conseguinte, suportado do Mapa do declive **S**, é ainda necessário assumir os valores indicados na expressão acima, e reclassificar o resultado do declive em intervalos de valores de expoente **m** (Figura 195).

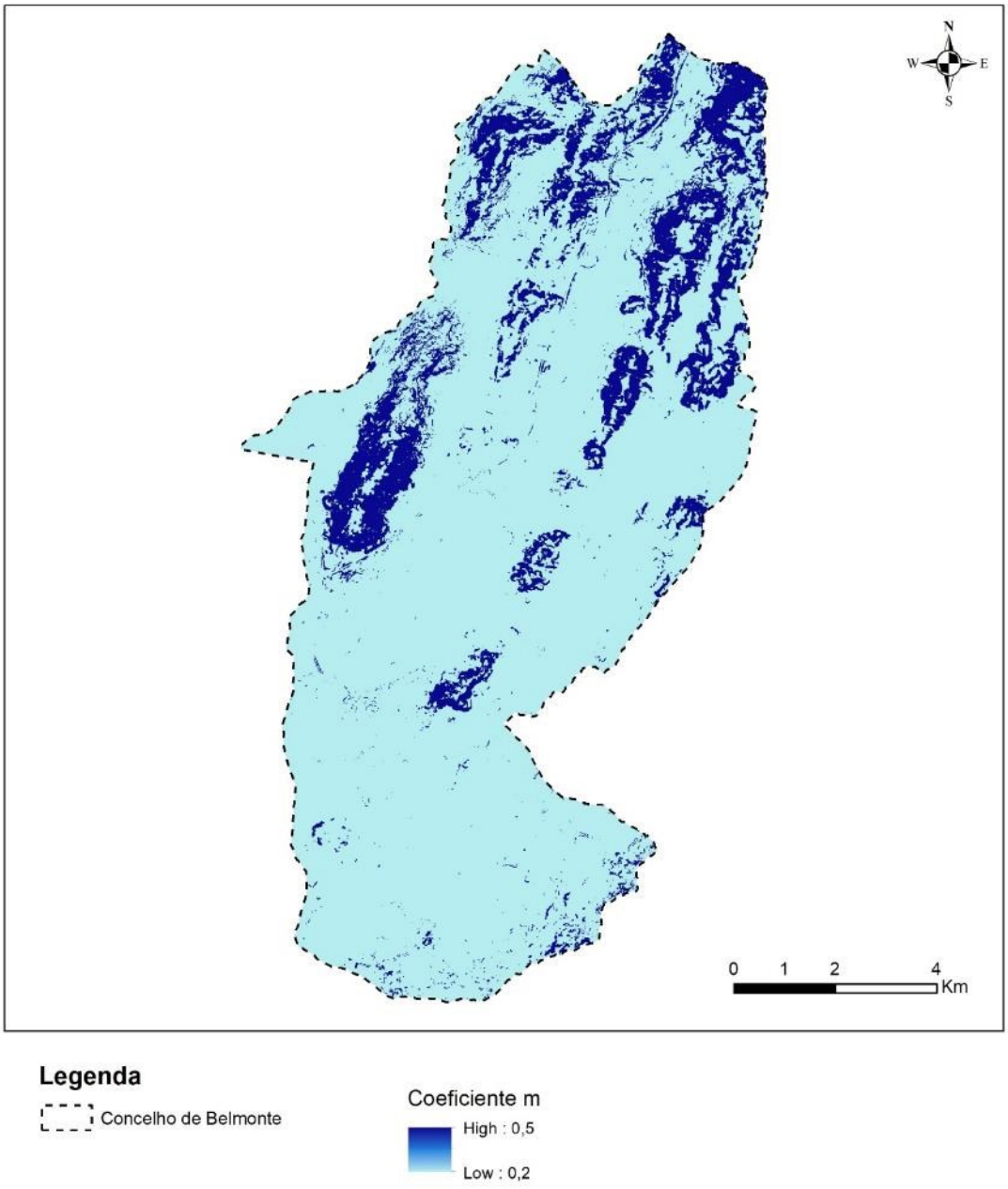


Figura 195 – Coeficiente m dependente do declive no concelho Belmonte

O cálculo do **L** é desta forma possível pela aplicação da expressão indicada anteriormente e uma vez que já foram geradas as variáveis necessárias (comprimento do desnível **λ** e expoente **m**) ao seu cálculo (Figura 196).

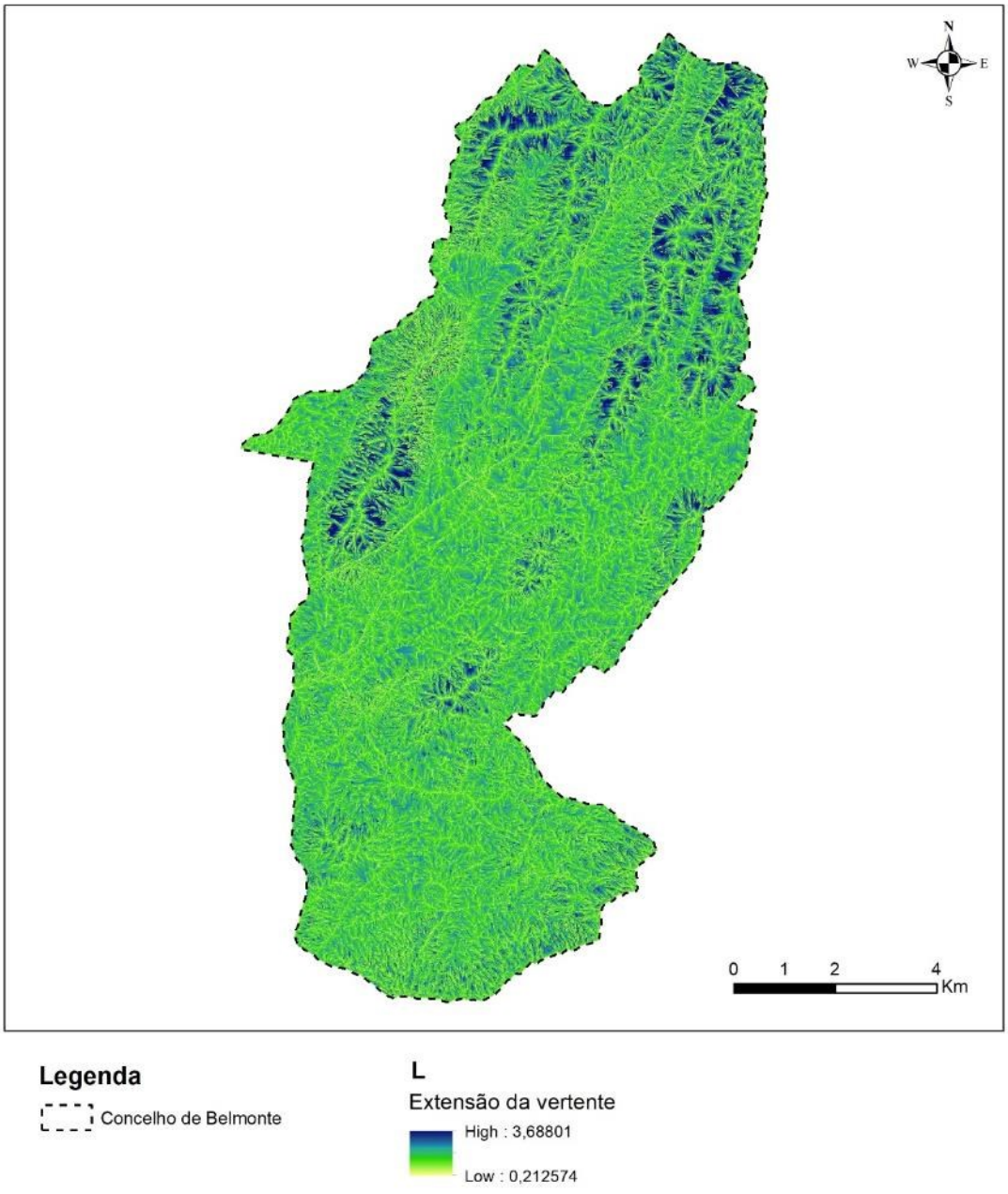


Figura 196 – Extensão da vertente - L do concelho Belmonte

Para o cálculo do fator topográfico **LS** realizou-se a multiplicação do L com o S, e obteve-se um gradiente adimensional a variar entre 0,0161 e 39,8839 (Figura 197), que foi confrontado com o declive uma vez que estes dois fatores estão muito relacionados.

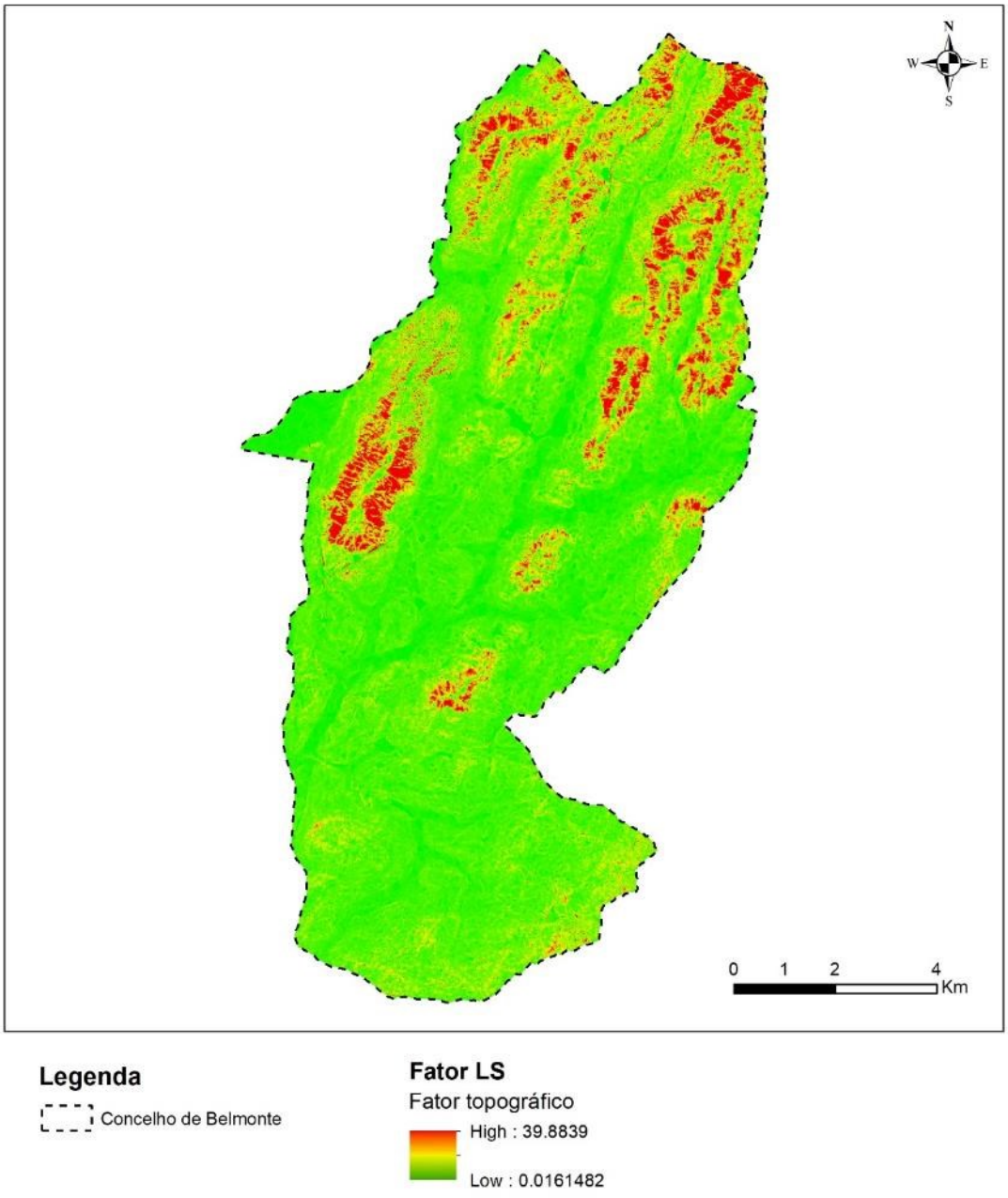


Figura 197 – Fator topográfico (LS) no concelho de Belmonte

O valor de **erosão potencial do solo (EPS)**, em ton./ha.ano, para o concelho de Belmonte foi obtido pelo produto das três componentes: R*K*LS (erosão do solo estrutural), variando de 0 a 1862,66 ton./ha.ano (Figura 198).

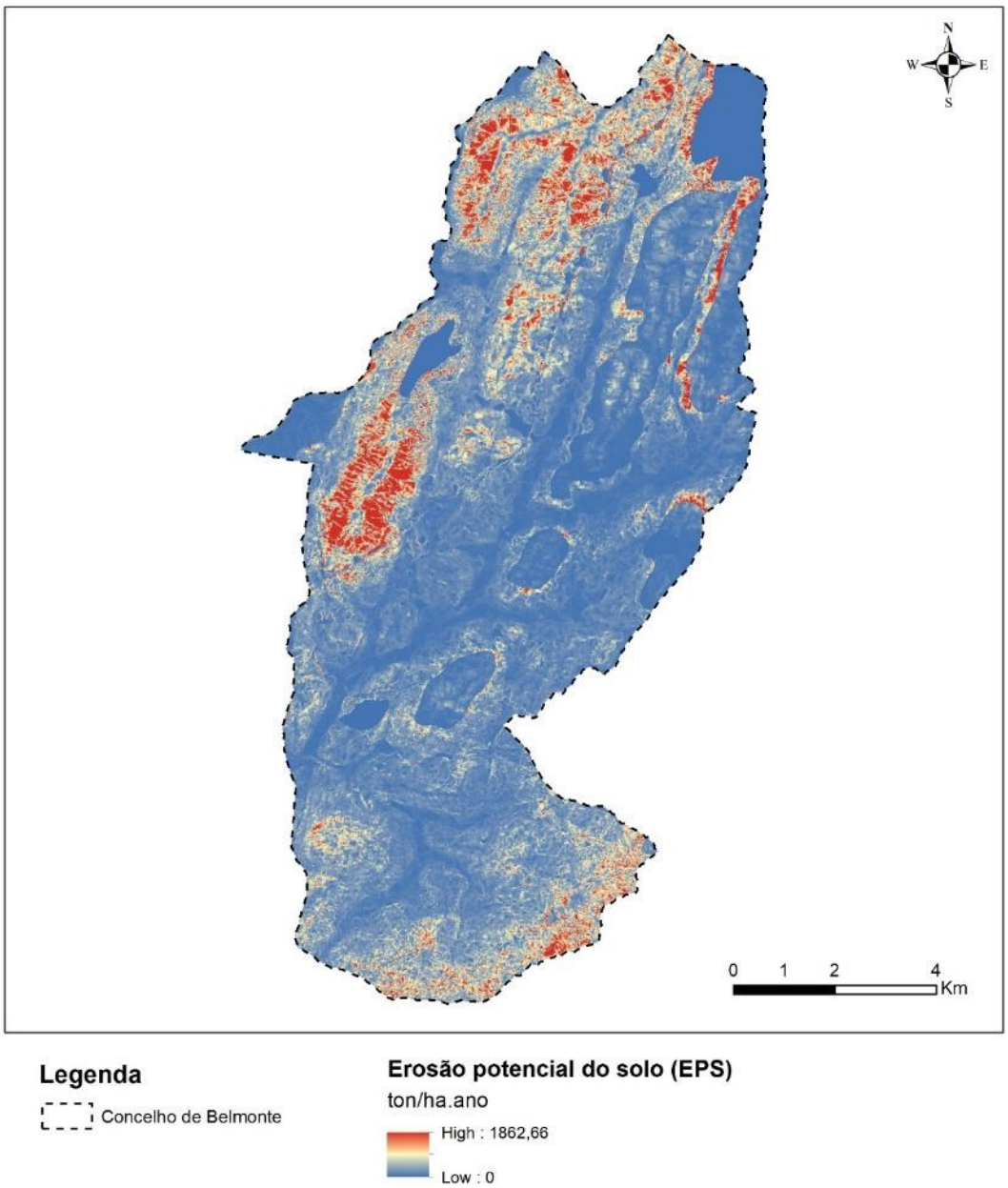


Figura 198 – Erosão potencial do solo (ton./ha.ano) no concelho de Belmonte

3.2.3.4. Resultados Obtidos

Os resultados obtidos representam uma influência significativa da conjugação dos fatores topografia do terreno, intensidade pluviométrica e tipo de solo, contribuído assim para estabelecer os padrões de distribuição geográfica do potencial risco de erosão hídrica do solo.

Da análise da distribuição da erosão específica do solo (t./ha.ano) podemos verificar que as zonas de maior erosão ocorrem na parte norte do concelho, nomeadamente na União das freguesias de Belmonte e Colmeal da Torre e Maçainhas, nas encostas da Serra do Vale Mourão.Também na parte centro oeste do concelho, na União das freguesias de Belmonte e Colmeal da Torre se verifica uma área de elevada suscetibilidade à erosão do solo, associada à Serra da Esperança. Estas zonas a norte coincidem com as áreas de maior altitude e com declives mais acentuados, que muitas vezes são coincidentes com a presença de uma maior intensidade pluviométrica, devido à influência da serra da Estrela.

O resultado da distribuição da erosão específica do solo (Figura 199) em t./ha.ano não apresenta continuidade territorial, existindo uma dispersão das áreas que possuem os valores mais elevados. Esta distribuição resulta não só do carácter difuso dos processos de erosão hídrica do solo, mas também da orografia local que apresenta um forte contributo para a distribuição observada.

Neste sentido, observam-se locais com uma maior distribuição e concentração da incidência do risco de erosão hídrica do solo, na parte norte do concelho na encosta da Serra de Vale Mourão, nas vertentes localizadas na margem esquerda da ribeira da Gaia associadas ao monte do Colmeal/Marrajo, bem como as encostas da Serra da Esperança e a zona do monte do Conde. Também se verifica a existência de manchas de pequena dimensão nas freguesias de Caria e Inguias, que importa considerar de acordo com as Recomendações Técnicas da Comissão Nacional do Território, que indicam que devem ser delimitadas as áreas superiores a 1 ha. Em termos gerais, estes locais situam-se na meia encosta e caracterizam-se por uma maior incidência e intensidade pluviométrica associados a declives mais acentuados, e que por sua vez podem também apresentar menor proteção por parte do coberto vegetal, às quais é necessário dedicar particular atenção ao nível da gestão do risco.

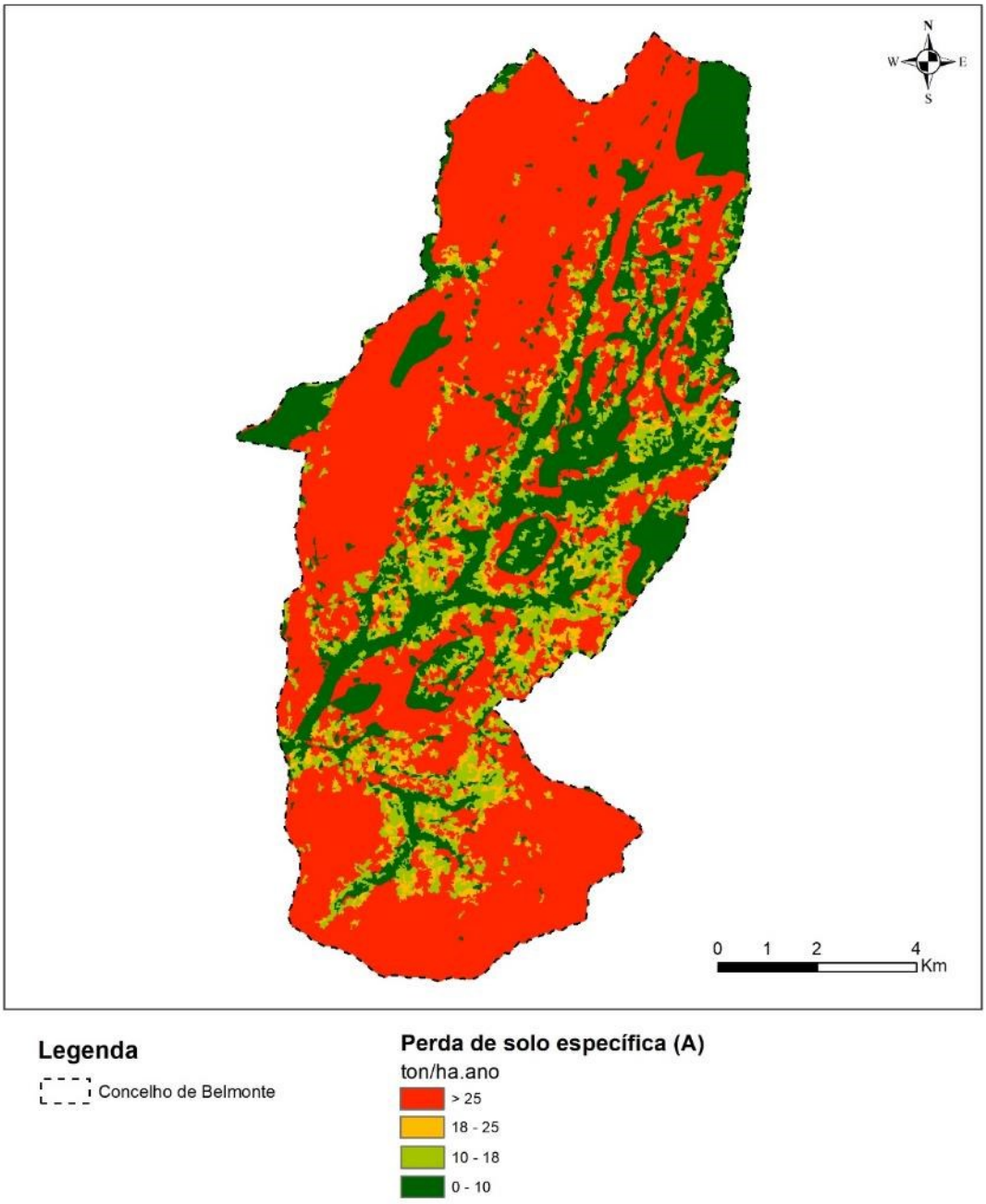


Figura 199 – Perda específica do Solo (ton./ha.ano) no concelho de Belmonte

No que se refere aos valores da perda específica do solo pode-se observar que estes podem atingir um máximo de 1862,66 t / (ha ano), distribuída em vários locais do concelho de Belmonte, em particular nas freguesias de Belmonte, Colmeal da Torre e Maçainhas, correspondendo a zonas de encosta associadas à orografia do terreno, que contribui para a drenagem e formação das linhas de água existentes neste território.

Em termos de classificação qualitativa da perda do solo associada ao risco de erosão hídrica e para identificação das áreas a integrar na REN, utilizou-se o valor de referência de 25 t/ha.ano, de acordo com as orientações da Recomendação Técnica da Comissão Nacional do Território e demais referências bibliográficas. Assim, nas áreas com valor igual ou superior a 25 t/ha.ano de perda de solo específica, executaram-se processos de preenchimento dos vazios no interior das áreas de elevado risco, de generalização e de agregação cartográfica tendo como referência o valor de área de 0,5 hectare (Figura 200), perfazendo um total de aproximadamente 7086 hectares.

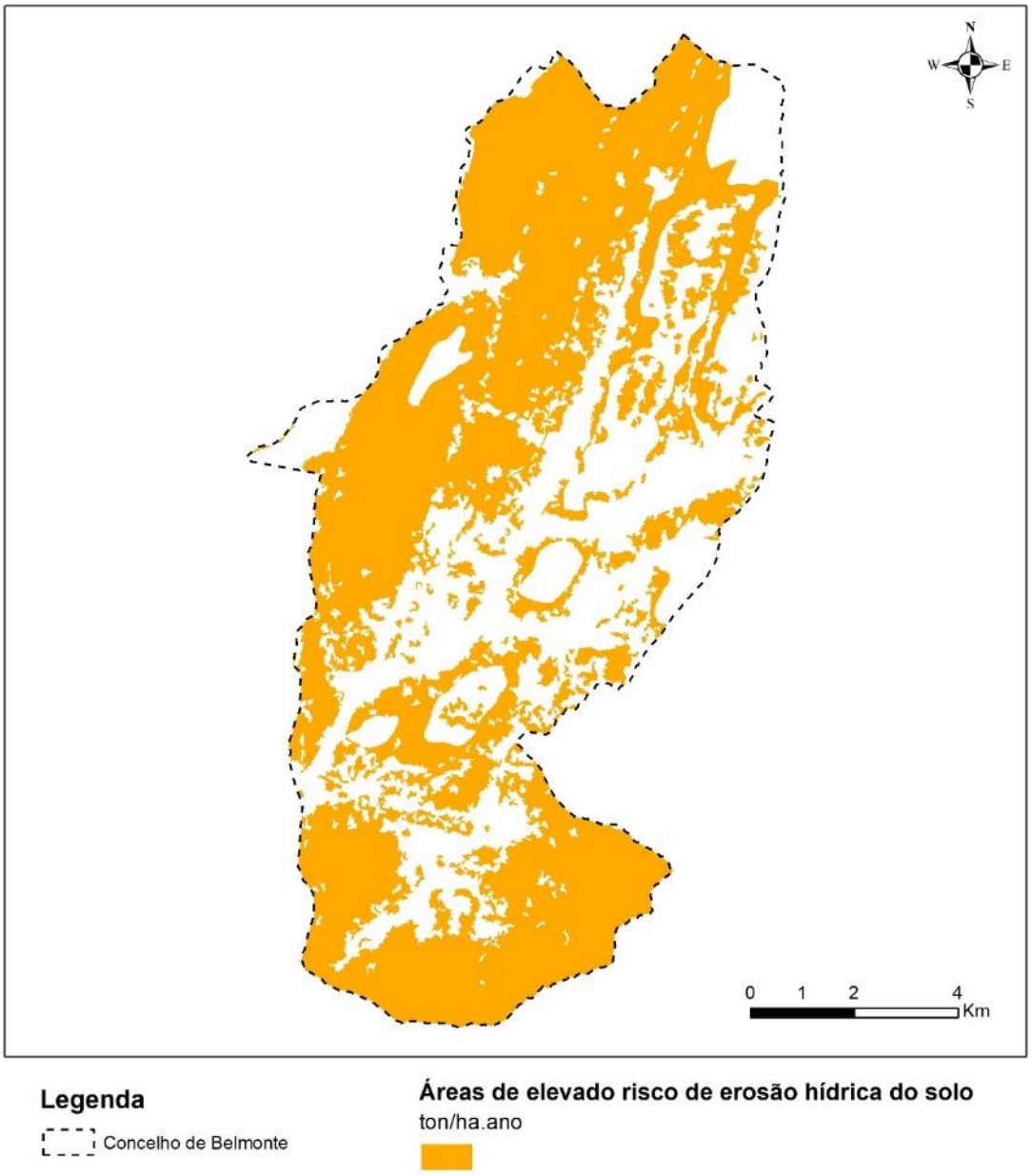


Figura 200 – Áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo no concelho de Belmonte

Tal como referido anteriormente a análise dos resultados das AEREHS do concelho de Belmonte, mostra uma maior incidência das áreas de erosão hídrica do solo a norte, noroeste e na parte ocidental associada à serra da Esperança.

3.2.3.5. Conclusões

A aplicação da metodologia permitiu apresentar uma proposta de delimitação das áreas de risco de erosão hídrica do solo para a definição da REN do concelho de Belmonte, com uma área total de 7086 hectares. Contudo, salientam-se as dificuldades existentes ao nível da definição do valor K erodibilidade do solo, em função dos diferentes sistemas de classificação da Carta de Solos e dos constrangimentos inerentes à compatibilização de dados de base com escalas de diferentes.

Os resultados obtidos evidenciam que no concelho de Belmonte as áreas mais suscetíveis ao risco de erosão específica do solo localizam-se no eixo norte-noroeste e também na parte centro-oeste. Estas áreas situam-se em zonas de meia encosta que se caracterizam por uma maior ocorrência de precipitação, devido à influência do sistema montanhoso da Serra da Estrela, em conjugação com declives mais acentuados e uma menor proteção por parte do coberto vegetal. As áreas do concelho com menores declives não apresentam incidência de erosão específica do solo, devido à importância que as características topográficas assumem nesta tipologia de erosão. Neste sentido, podemos concluir que a metodologia adotada permitiu definir as zonas onde existe uma elevada probabilidade de ocorrência de perda de solo específico igual ou superior a 25 t/ha.ano. No contexto atual de alterações climáticas esta abordagem é importante, na medida que deve ser aplicado o princípio da precaução, de forma a salvaguardar o recurso solo, já que existe uma maior probabilidade de ocorrência de fenómenos extremos.

Os dados de base assumem particular importância para implementar a metodologia ao nível do concelho e de toda a bacia hidrográfica, nomeadamente a Carta de Solos e a erosividade da precipitação. Ou seja, a Carta de Solos com nível detalhe adequado à escala do concelho apresenta importância acrescida para a delimitação das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo, já que a tipologia de solo e o respetivo fator K condicionam o procedimento. Neste contexto, importa referir que existem diversas cartografias de solo de Portugal, desenvolvidas com escalas e classificações diferentes das unidades pedológicas, diferindo assim os valores de erodibilidade. A ausência de uma correspondência direta das unidades pedológicas que constam nas diferentes Carta de Solos existentes em Portugal, em particular com os valores de K indicados na Recomendação Técnica da Comissão Nacional do Território (Pimenta, 1998), pode contribuir para que não seja atribuída a erodibilidade mais adequada às classes de solo. Por outro lado, a harmonização e compatibilização de legendas e classificações dos diversos sistemas utilizados em Portugal na cartografia de solos também condiciona a modelação espacial da erosão hídrica. A esta limitação acresce ainda a utilização de cartografia com resoluções espaciais mais grosseiras, que não permitem a obtenção de resultados aproximados à realidade do território.

De acordo com recomendações bibliográficas, e tendo em conta a maior incidência das áreas suscetíveis à erosão do solo na zona norte-noroeste e também na parte centro-este do concelho, foi realizada uma abordagem mais prudente, onde a agregação de pequenos polígonos próximos resultou em novas AEREHS, ou aumento da dimensão das AEREHS com uma área superior a 0,50 ha, resultantes da aplicação metodológica. Importa também referir que esta abordagem tem subjacente o aumento da ocorrência de fenómenos extremos, decorrentes das alterações climáticas, pelo que assume um caracter preventivo no sentido de preservar os recursos naturais e evitar a perda de solo através da erosão hídrica.

A existência de dados de base com uma resolução adequada para definir a área de risco de erosão hídrica para toda a bacia hidrográfica permite garantir uma continuidade territorial por um lado, e aferir se as áreas delimitadas ao nível do concelho apesar de serem calculadas com cartografia mais detalhada (ex.: MDT 5m) apresentam coerência relativamente aos processos hidrológicos das principais bacias existentes no concelho.

De acordo com o exposto anteriormente, a delimitação das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo deverá ser calculada ao nível da unidade de bacia hidrográfica, com base na cartografia com escala grande, designadamente a serie topográfica digital com resolução adequada, com as cartas de solos existentes de maior detalhe e que apresentem as classes de erodibilidade do solo que permitam estabelecer a correspondência com o fator K.

Em termos gerais considera-se que os resultados das AEREHS obtidos se ajustam à realidade territorial e são consequência das principais características físicas e meteorológicas do concelho de Belmonte, que têm impacto nesta tipologia de REN designadamente a orografia, o tipo de solo e a ocorrência de precipitação. Ou seja, as AEREHS definidas para este território traduzem a combinação do potencial erosivo da precipitação, da erodibilidade do tipo de solo e do declive do terreno, o que vai contribuir para a separação e transporte de partículas de solo através do escorrimento de água no terreno. Apesar de existirem outras variáveis que expressam as especificidades e práticas locais, nomeadamente o fator relativo ao tipo de cultura (C) e o fator antrópico (P), estas não podem ser utlizadas, devido á elevada variabilidade e heterogeneidade que dificulta a sua representação do território.

O concelho de Belmonte com uma área total de 11.875 ha apresenta aproximadamente 7086 ha de Áreas de Elevado Risco de Erosão do Solo – AEREHS, o que indica que esta tipologia de REN se encontra em cerca de 59,7% do território deste Município.

3.2.4. Áreas de Instabilidade de Vertentes

3.2.4.1. Introdução

A questão do risco associado à instabilidade de vertentes no concelho de Belmonte está contemplada, por exemplo, na proposta do Plano Regional de Ordenamento do Território do Centro (PROT-Centro). Neste Plano a análise sobre a perigosidade aos movimentos de massa em vertente focou-se essencialmente nos seguintes fatores: declives, litologia, precipitação média anual e uso do solo (PROT-Centro, 2007, 2011). No contexto da região centro e dos parâmetros considerados, a perigosidade associada à instabilidade de vertentes atinge apenas o índice máximo de perigosidade moderada (Figura 201 –). Esta classe é atingida nas vertentes próximas da Vila de Belmonte e genericamente nas encostas entre os vértices geodésicos da Penha de Águia e do Ferrolho. Outra conclusão relevante é que a classe com maior frequência parece corresponder ao índice de perigosidade muito baixa.

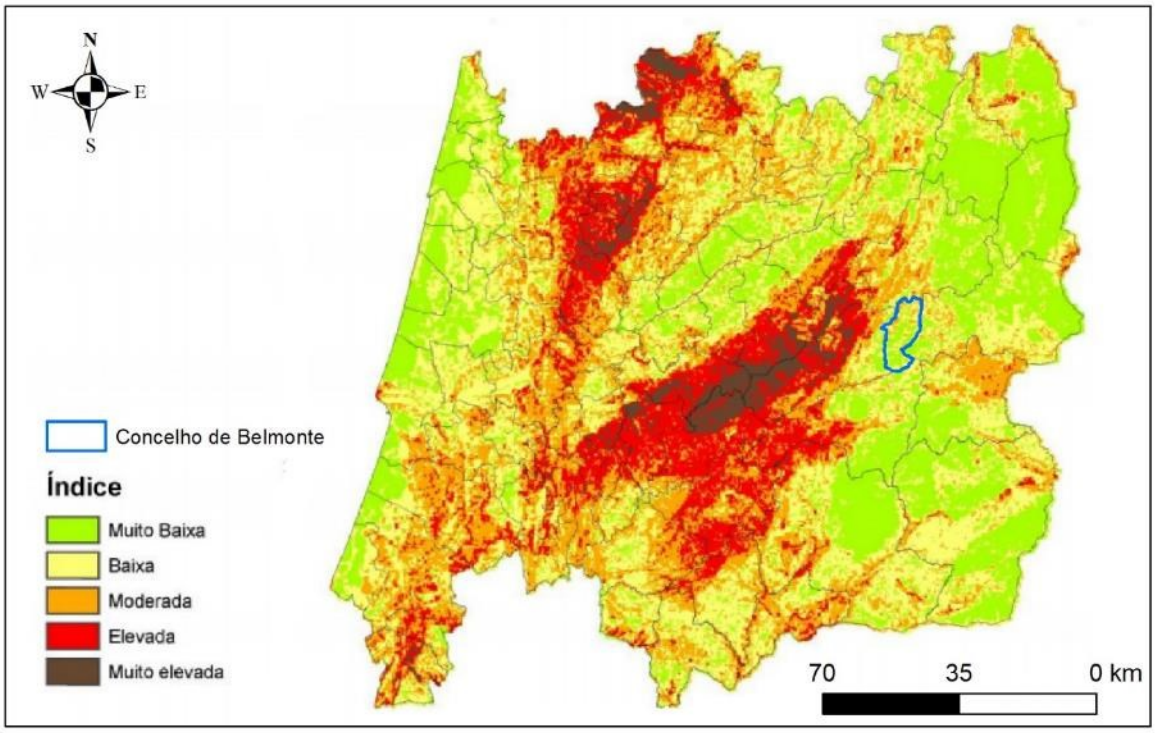


Figura 201 – Concelho de Belmonte no contexto da perigosidade à instabilidade de vertentes na região Centro de Portugal Continental (adaptado de PROT – Centro, 2007, 2011)

No presente capítulo pretende-se analisar a perigosidade associada à instabilidade de vertentes a uma escala maior, mais adequada para a análise da área do concelho, para depois poderem ser delimitadas as áreas de maior suscetibilidade que irão integrar a rede ecológica nacional (REN).

3.2.4.2. Metodologia

A delimitação de áreas de instabilidade de vertentes incluiu os seguintes passos metodológicos:

- Inventariação, determinação da tipologia e análise dos movimentos de massa em vertente, já verificados no território;
- Identificação e cartografia dos fatores de predisposição (condicionantes) responsáveis pelo aparecimento ou aceleração dos movimentos de massa em vertente;
- Interpretação dos fatores com recurso a um modelo estatístico de relação espacial;
- Seleção das áreas a integrar a REN.

3.2.4.2.1. Inventário

O inventário de movimentos de massa em vertente, já ocorridos no território começou por ser feito através de um levantamento de ortofotomapas digitais de 2016 da AMCB, com pixel de 0,34 m no terreno.

Não se considerou a comparação com ortofotomapas de anos anteriores a 2016, por se considerar que o número de movimentos obtido neste ano, é estatisticamente satisfatório. Quer isto dizer que, em face à área total da zona de

estudo, o conjunto de movimentos identificado permite obter uma área total instabilizada suficiente para se obter 100% como valor máximo teórico de AAC.

Este inventário foi também feito com auxílio da morfologia do terreno (modelo digital de terreno e com a carta de declives) que permitiu perceber a forma e comprimento das vertentes.

Os trabalhos de campo foram feitos numa fase seguinte, mais concretamente no dia 1 de agosto de 2016. Todas as zonas diferenciáveis sob o ponto de vista geomorfológico e geológico do concelho foram visitadas para a:

- validação dos movimentos de massa em vertente, identificados através da fotointerpretação e;
- identificação de outros movimentos que não tivessem sido identificados, por exemplo, pela sua dimensão ou por terem ocorrido mais recentemente (relativamente à data dos ortofotomapas).

3.2.4.2.2. Fatores de predisposição

A segunda etapa do processo passou por selecionar um leque de fatores que condicionam a instabilidade do terreno. Dentre os vários fatores testados e analisados os que integraram os modelos estatísticos preditivos foram: declive, exposição das vertentes, litologia, ocupação do solo e curvatura das vertentes (perfil transversal). A dimensão de pixel utilizada na geração e conversão de variáveis foi de 5 m, conforme outros estudos efetuados anteriormente com a mesma finalidade (*e.g.* Henriques, 2009).

Os fatores de prediposição "declive", "exposição" e "curvatura das vertentes (perfil transversal)" foram obtidas através de um modelo digital de terreno, construído a partir de curvas de nível equidistantes de 5 m e pontos cotados (à escala 1:10.000). O declive foi reclassificado em 8 classes: 0-5º; 5-10º; 10-15º; 15-20º; 20-25º; 25-30º; 30-35º; >35º (Figura 202).

A exposição representa a orientação de uma determinada vertente, isto é, a direção angular para a qual o talude está voltado. Neste fator foram usadas as classes obtidas por defeito e que consideram as 8 direções principais (pontos cardeais e colaterais) e uma outra para as superfícies planas (Figura 203).

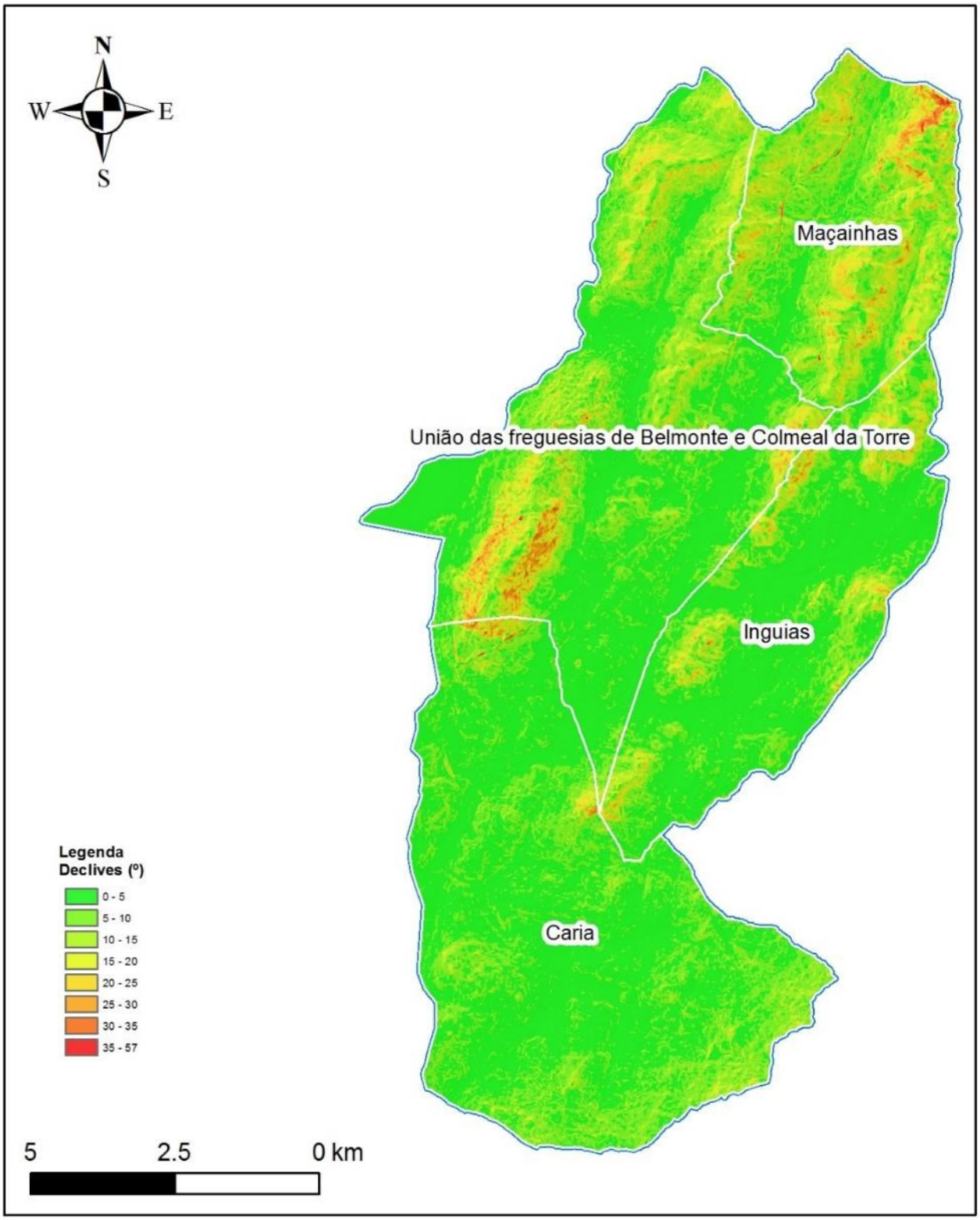


Figura 202 – Declives dos terrenos no concelho de Belmonte

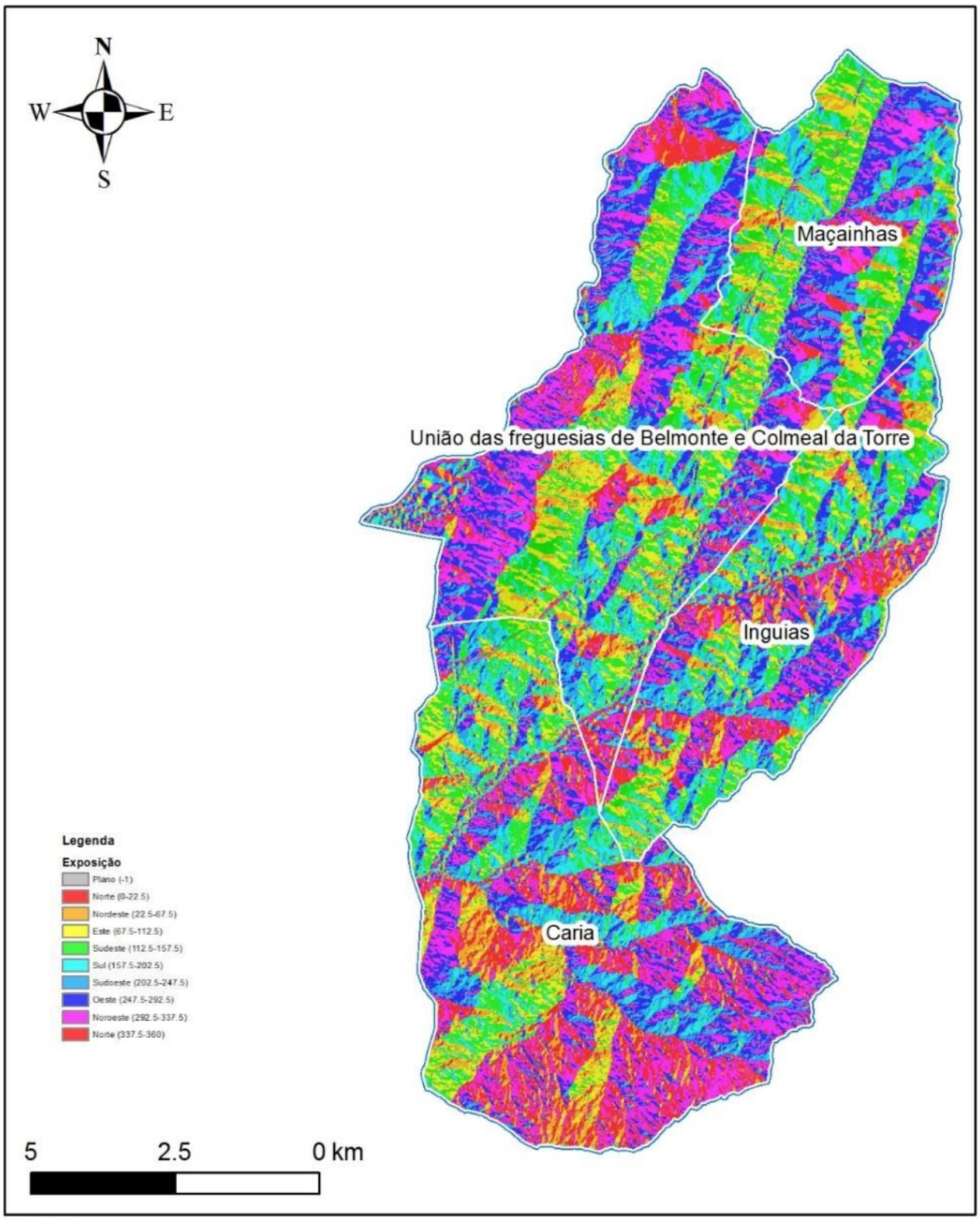


Figura 203 – Exposição das vertentes no concelho de Belmonte

Ainda através do Modelo Digital de Terreno foi obtido curvatura das vertentes (perfil transversal). A curvatura é definida como a segunda derivada da superfície topográfica. A curvatura em perfil é paralela à direção de máximo declive e pode apresentar valores positivos, negativos ou ser zero, conforme é explicado na Figura 204.

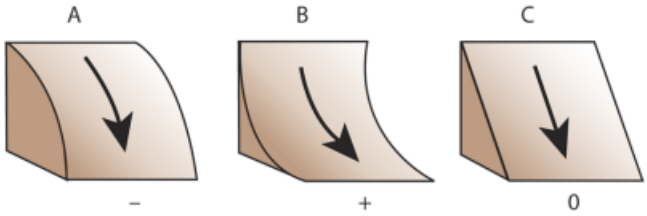


Figura 204 – Esquema elucidativo dos diferentes tipos de curvatura em perfil.

Os valores de curvatura em perfil obtidos para o concelho de Belmonte através do modelo digital de terreno foram agrupados em 8 classes com intervalos geométricos. Os valores obtidos variam entre -16,7 e 49,7 (Figura 205).

A litologia utilizada refere-se às folhas 18-C, 20-B e 21-A da carta geológica 1:50.000 (Martins *et al.*, 1963, Teixeira *et al.*, 1974; Martins *et al.*, 1964, respetivamente). Neste caso foram consideradas as unidades litológicas que constam na Figura 11.

O uso do solo foi obtido através da Carta de Uso e Ocupação do Solo de Portugal Continental para 2007 (DGT, 2007) utilizando as 5 classes de nível 1, ou seja: territórios artificializados, áreas agrícolas e agro-florestais, florestas e meios naturais e semi-naturais, zonas húmidas e corpos de água (Figura 206).

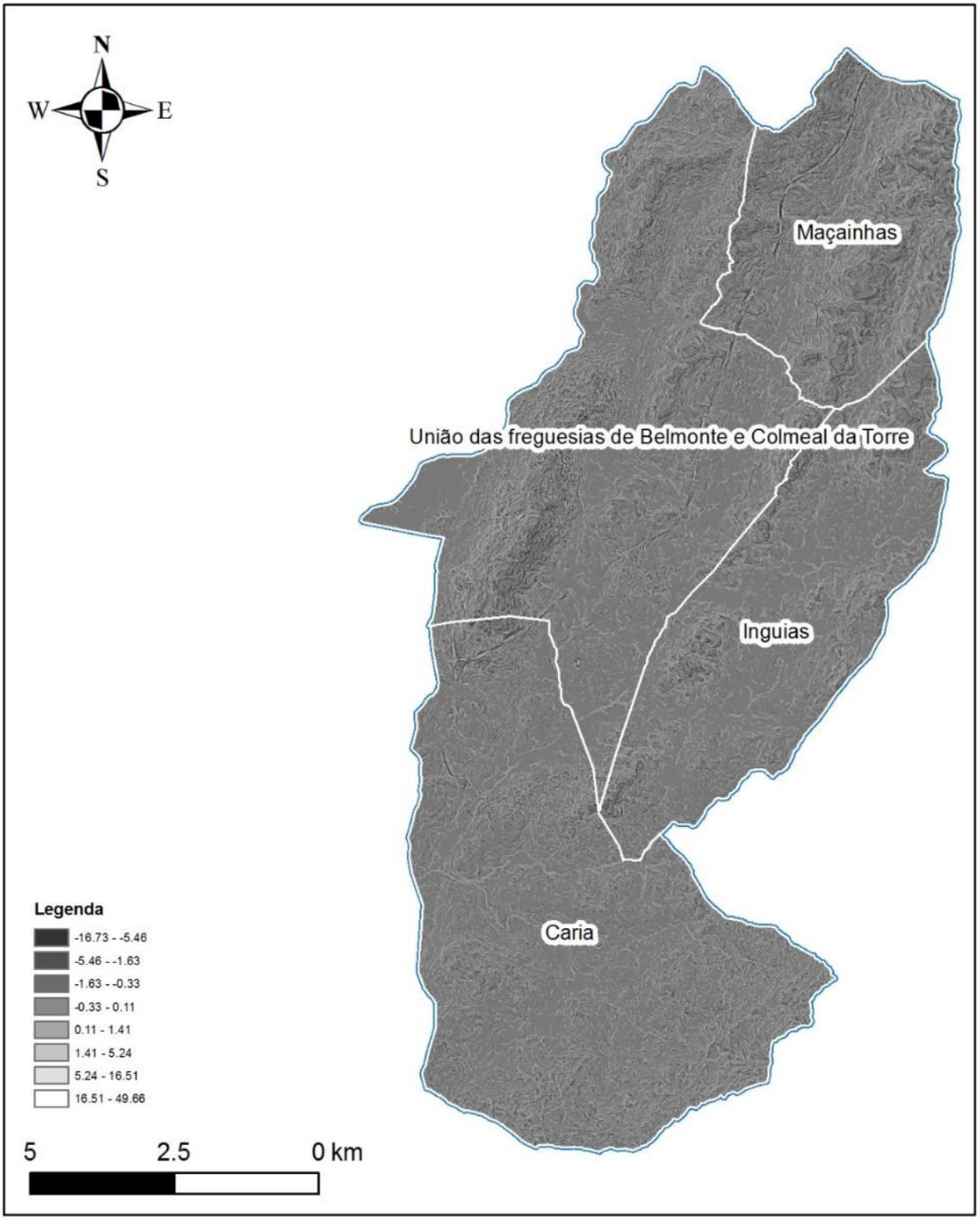


Figura 205 – Curvatura da vertente em perfil do concelho de Belmonte

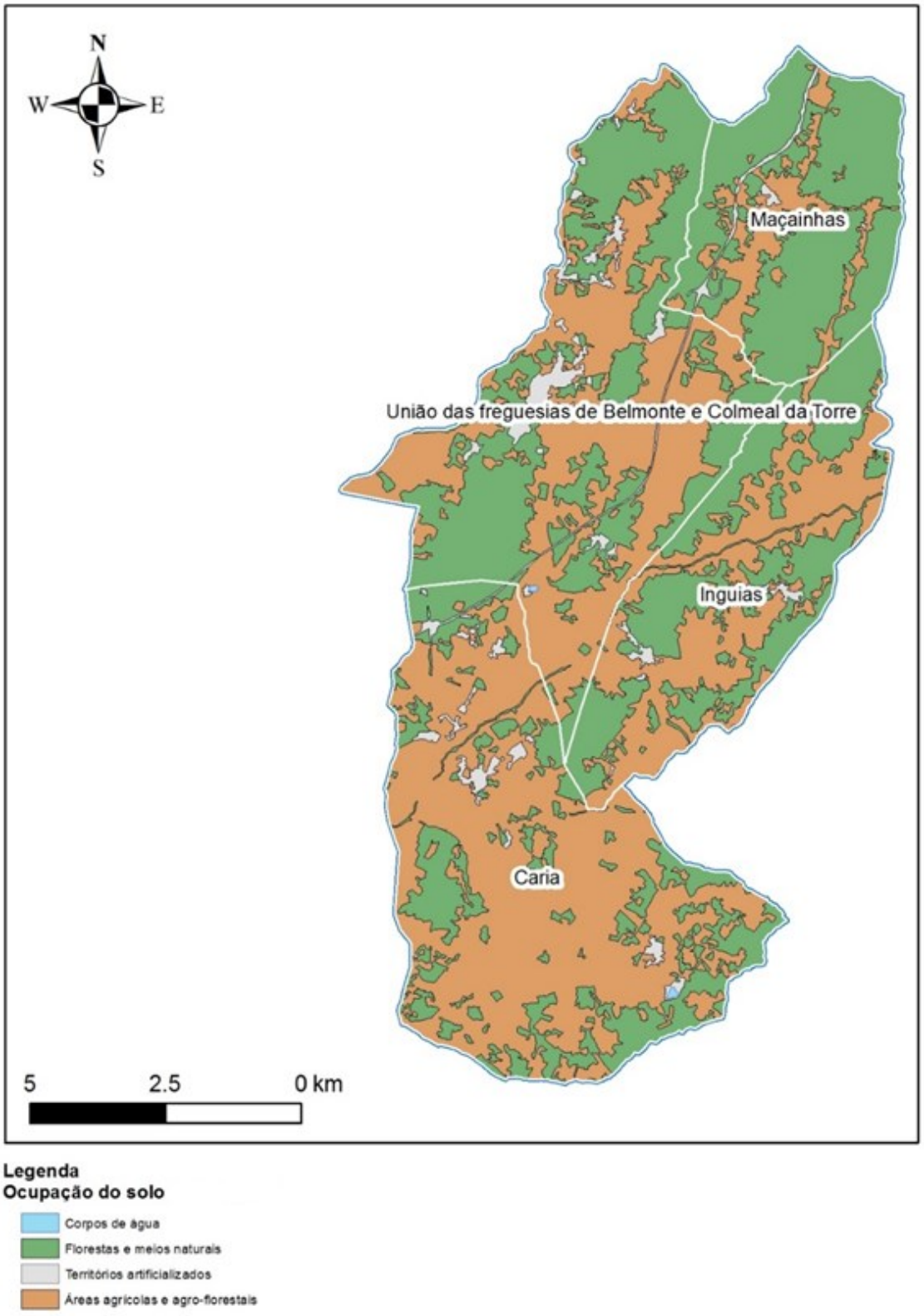


Figura 206 – Ocupação do solo para o concelho do Belmonte (DGT, COS 2015)

3.2.4.2.3. Métodos estatísticos

A avaliação da suscetibilidade à ocorrência de movimentos de massa em vertentes foi efetuada através de uma metodologia indireta de base estatística, que se sustenta no pressuposto de que os futuros movimentos vão ocorrer sob condições geológicas e geomorfológicas similares às que determinaram as instabilidades passadas e presentes (Varnes, 1984).

O modelo de avaliação da suscetibilidade à ocorrência de movimentos de massa utilizado consistiu no Método do Valor Informativo (Yin & Yan, 1988), aplicado numa base digital matricial com pixel de 5 m.

O Valor Informativo (I_i) para qualquer classe X_i de uma variável independente (X) foi determinado pela seguinte equação:

$$Ii = \log \frac{Si/Ni}{S/N}$$

onde:

S_i - é o número de pixéis com movimentos de massa em vertentes na variável X_i;

N_i - é o número de pixéis com a variável X_i no território concelhio;

S - é o número total de pixéis com movimentos de massa em vertentes no território concelhio;

N - é o número total de pixéis no território concelhio

O valor de suscetibilidade aos movimentos de massa em vertentes para cada célula j corresponde ao Valor Informativo total, dado pela seguinte equação:

$$Ij = \sum_{i=1}^{m} Xij\, Ii$$

Onde,

- m - nº de variáveis;
- X_{ij} - é igual a 1 ou 0, consoante a variável X_i está ou não presente na célula j, respetivamente.

Posteriormente, a qualidade da carta de avaliação da suscetibilidade à instabilidade das vertentes foi demonstrada pela aplicação de procedimentos de validação estandardizados, baseados no cruzamento do inventário de movimentos com a carta de suscetibilidade. Neste caso, a validação do modelo preditivo foi feita recorrendo à curva de sucesso.

3.2.4.3. Resultados

3.2.4.3.1. Inventário

Do trabalho da fotointerpretação e da confirmação em campo realizada a 1 de agosto de 2016 resultaram 39 movimentos de massa em vertente que ocorreram no passado no território do concelho do Belmonte. Todos os movimentos identificados ocorreram em zonas de afloramentos graníticos, seja de granito monzonítico, porfiroide de grão grosseiro, seja zonas de filões e massas aplito-pegmatíticas em granito monzonítico, porfiroide, de grão grosseiro a médio.

Os movimentos de massa em vertente detetados são essencialmente do tipo queda de blocos. A Figura 207 revela uma situação onde ocorreram já queda de blocos e onde existe potencial para novos movimentos, enquanto a Figura 208 ilustra diversos casos de quedas de blocos numa única vertente.

Figura 207 – Porção de uma vertente próxima da Quinta das Pereiras onde ocorreram quedas de blocos

Os movimentos de massa detetados centram-se essencialmente em zonas altas com declives mais acentuados (> 25º) na zona NE e centro Oeste do concelho.

Figura 208 – Vertente Este da Serra da Esperança onde observam diversas situações de quedas de blocos

3.2.4.3.1. Modelo preditivo

Depois de escolhidos os fatores preditivos, foram testadas várias combinações sendo aqui apresentados os dois melhores resultados em termos de áreas abaixo da curva (AAC) (Quadro 51).

Quadro 51 – Áreas abaixo da curva (AAC) obtidas para diferentes combinações de fatores de predisposição.

Conjugação de fatores de predisposição	AAC
Exposição; Declive; Ocupação do solo; Litologia	0,80
Exposição; Declive; Ocupação do solo; Litologia; Curvatura da vertente em perfil	0,94

O modelo preditivo que foi feito com base nos 5 fatores de predisposição foi aquele que apresentou o valor de AAC mais elevado, tendo sido por isso o escolhido para representar a suscetibilidade à ocorrência de movimentos de massa em vertentes.

De acordo com Hosmer e Lemeshow (2000), um modelo preditivo que projete uma AAC acima de 0,9 apresenta uma discriminação excelente.

Os resultados do modelo preditivo encontram-se sintetizados no Quadro 5252.

Quadro 52 – Resultados do modelo preditivo

Fatores - variáveis	Si	Ni	S	N	Vi
Exposição					
Classe 1 – plano	0	25	38417.45	118759071.18	-4.191
Classe 2 – N	1221.69	12868779.83	38417.45	118759071.18	-1.226
Classe 3 – NE	288.53	9391404.69	38417.45	118759071.18	-2.354
Classe 4 – E	1710.24	12416802.87	38417.45	118759071.18	-0.854
Classe 5 – SE	4394.59	18352626.46	38417.45	118759071.18	-0.301
Classe 6 – S	4435.51	13544329.37	38417.45	118759071.18	0.012
Classe 7 – SW	3928.02	12686593.21	38417.45	118759071.18	-0.044
Classe 8 – W	11911.27	18604735.13	38417.45	118759071.18	0.683
Classe 9 - NW	10527.61	20893774.61	38417.45	118759071.18	0.443
Ocupação do solo					
Áreas agrícolas	0	60571759.44	38417.45	118759071.18	-4.191
Corpos de água	0	91816.26	38417.45	118759071.18	-4.191
Florestas e meios naturais	38417.45	54559980.31	38417.45	118759071.18	0.778
Territórios artificializados	0	3535515.17	38417.45	118759071.18	-4.191
Curvatura da vertente em perfil					
-16.73 <-> -5.46	91.01	17046.34	38417.45	118759071.18	2.804
-5.46 <-> -1.63	2154.12	992852.90	38417.45	118759071.18	1.903
-1.63 <-> -0.33	12697.07	12963033.54	38417.45	118759071.18	1.108
-0.33 <-> 0.11	10169.15	68978466.08	38417.45	118759071.18	-0.786
0.11 <-> 1.41	12492.71	34356013.89	38417.45	118759071.18	0.117
1.41 <-> 5.24	813.40	1432557.03	38417.45	118759071.18	0.563
5.24 <-> 16.51	0	18991.53	38417.45	118759071.18	-4.191
16.51 <-> 49.66	0	109.88	38417.45	118759071.18	-4.191
Litologia					
Filões aplito-pegmatíticos	0	3652.25	38417.45	118759071.18	-4.191
Filões de rochas básicas	0	35366.49	38417.45	118759071.18	-4.191
Filões de rochas básicas metamorfizadas: corneanas anfibólicas	0	81275.75	38417.45	118759071.18	-4.191
Formações aluviais	0	12467851.37	38417.45	118759071.18	-4.191

Fatores - variáveis	Si	Ni	S	N	Vi
Granito monzonítico não profiroide de grão médio e médio a fino	0	2700926.82	38417.45	118759071.18	-4.191
Zonas de filões e massas aplito-pegmatíticas	0	133449.24	38417.45	118759071.18	-4.191
Zonas de filões e massas aplito-pegmatíticas em granito monzonítico não porfiroide, de grão grosseiro a médio ou de grão médio	0	342245.47	38417.45	118759071.18	-4.191
Filões de quartzo	103.26	670214.02	38417.45	118759071.18	-0.742
Granito monzonítico, porfiroide de grão grosseiro	22627.14	98953992.37	38417.45	118759071.18	-0.347
Zonas de filões e massas aplito-pegmatíticas em granito monzonítico: porfiroide, de grão grosseiro a médio	15687.06	3370097.22	38417.45	118759071.18	2.666
Declives					
classe1 - 0-5	300.58	61388126.90	38417.45	118759071.18	-4.191
classe2 - 5-10	1212.94	32374915.95	38417.45	118759071.18	-2.156
classe3 - 10-15	4928.38	13882929.14	38417.45	118759071.18	0.093
classe4 - 15-20	5869.44	6938814.56	38417.45	118759071.18	0.961
classe5 - 20-25	12481.00	2912703.89	38417.45	118759071.18	2.584
classe6 - 25-30	7849.50	1027998.47	38417.45	118759071.18	3.161
classe7 - 30-35	4744.12	199765.32	38417.45	118759071.18	4.296
classe8 - >35	1031.51	33816.94	38417.45	118759071.18	4.546

Nota: Si = nº de pixéis com movimentos de massa em vertentes na classe X_i, no concelho de Belmonte; Ni = nº de pixéis com a classe Xi no concelho de Belmonte; S = nº total de pixéis com movimentos de massa em vertentes no concelho de Belmonte; N = nº total de pixéis no concelho de Belmonte; Vi = Valor informativo

O valor informativo mais baixo encontrado é de -4.191 e refere-se à classe 1 dos declives (0º-5º). Este valor foi depois usado para as classes para as quais não existem registos de movimentos de massa, uma vez que, para estes casos, o valor informativo obtido é por natureza indeterminado.

No caso do fator de predisposição "Litologia" os movimentos de massa identificados concentram-se em apenas três classes: Filões de quartzo; Granito monzonítico, porfiroide de grão grosseiro; e Zonas de filões e massas aplito-pegmatíticas em granito monzonítico: porfiroide, de grão grosseiro a médio. Destas três classes aquela que obtém

maior valor absoluto refere-se àquela que agrega maior densidade de movimentos e não àquela que tem maior número ou área afetada por movimentos.

Salientam-se também os resultados obtidos para o fator de predisposição "Curvatura da vertente em perfil". Os resultados mostram que claramente há maior densidade de movimentos em encostas de perfil de curvatura negativo (Figura 209).

A curva de sucesso do modelo de suscetibilidade está representada na Figura 210 sendo utilizada para a interpretação preditiva das 4 classes de suscetibilidade presentes no mapa de suscetibilidade.

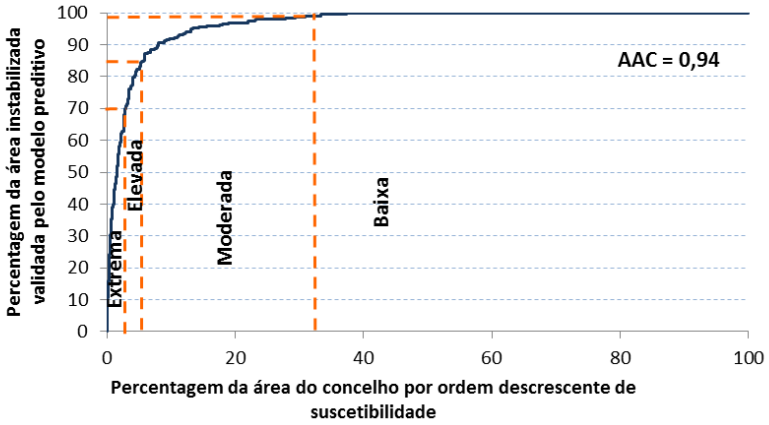


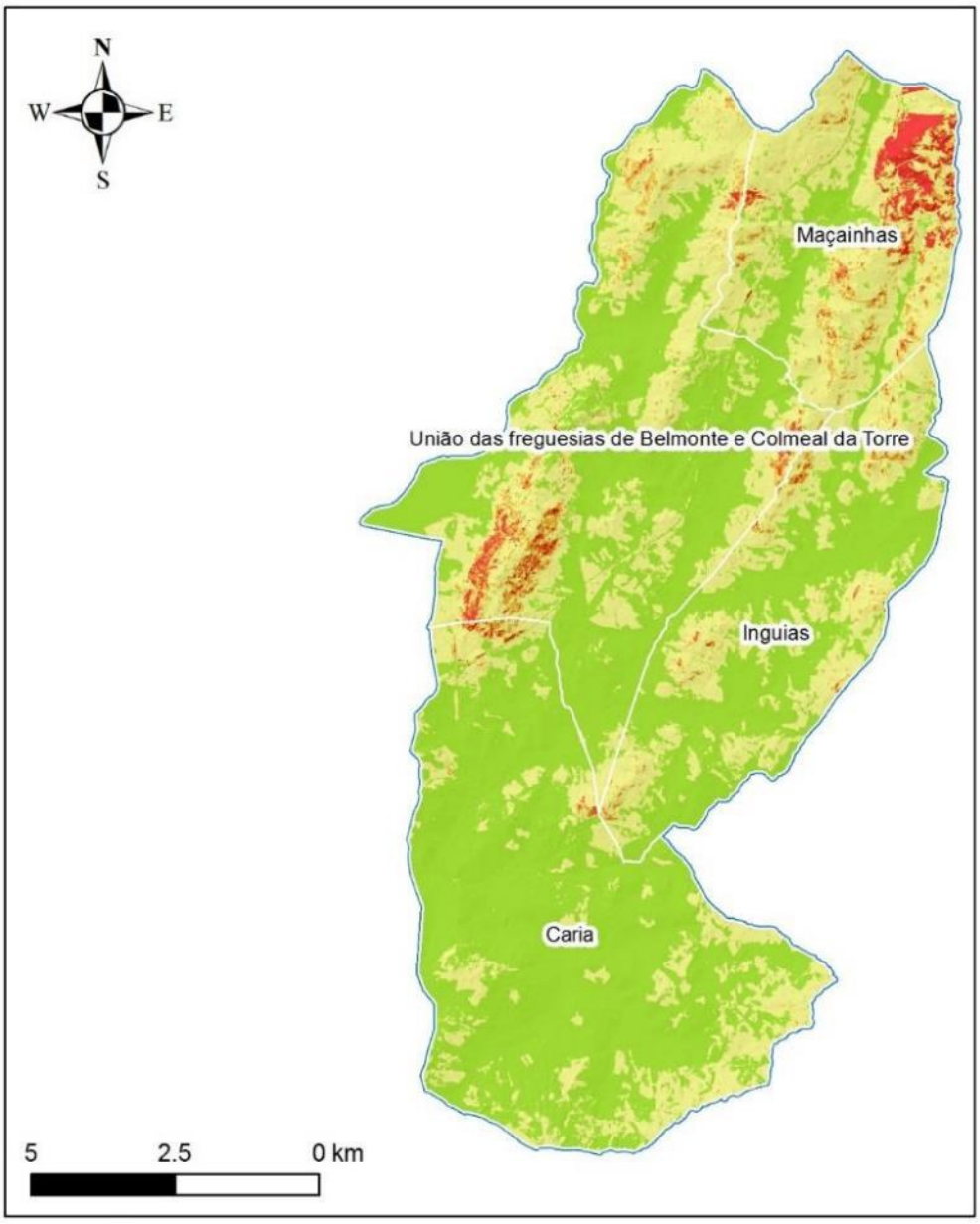
Figura 209 – Curva de sucesso do modelo de suscetibilidade à ocorrência de movimentos de massa em vertente no concelho de Belmonte e definição das quatro classes de suscetibilidade

Os diferentes parâmetros das classes de suscetibilidade encontram-se sintetizada no quadro seguinte.

Quadro 53 – Classes de suscetibilidade aos movimentos de massa em vertente no concelho de Belmonte

Classe de suscetibilidade	Intervalo de valores informativos para cada classe	Área do concelho abrangida (%)	Movimentos de massa preditos (%)
Baixa	-17,99 / -4,87	57	0,0
Moderada	-4,87 / 2.19	37	15,0
Elevada	2.19 / 3.27	3	15,0
Extrema	3.27 / 11.24	3	70,0

A Figura 210 –170 apresenta a avaliação da suscetibilidade aos movimentos de massa em vertentes.



Legenda
Suscetibilidade aos movimentos de massa

- Baixa
- Moderada
- Elevada
- Extrema

Figura 210 –Suscetibilidade à ocorrência de movimentos de massa em vertente, sustentada pelo método do Valor Informativo.

3.2.4.4. Resultado Final - Áreas a integrar a REN

A inclusão das áreas de instabilidade de vertentes na REN visa:

- A estabilidade dos sistemas biofísicos;
- A salvaguarda face a fenómenos de instabilidade e de risco de ocorrência de movimentos de massa e de perda de solo;
- A prevenção da segurança de pessoas e bens.

Deste modo, propõe-se a integração das vertentes classificadas como mais suscetíveis pela aplicação do Método do Valor Informativo na REN. A área classificada com a classe de suscetibilidade extrema explica cerca de 70% dos movimentos de massa em vertentes identificados na área do concelho (Quadro 53), conforme preconizado pela pela Portaria n.º 336/2019, de 26 de setembro, alterada pela Portaria n.º264/2020, de 13 de novembro.

Significa também que cerca de 30% dos movimentos de massa identificados estão incluídos nas áreas classificadas pelas outras classes de suscetibilidades, concretamente as de suscetibilidade elevada e moderada (Quadro 51). A superfície correspondente aos movimentos de massa em questão foi incluída diretamente na REN, acrescida de uma faixa de segurança de 10 m definida para o exterior dos limites de cada movimento.

A área proposta a integrar a REN foi ainda sujeita a um processo de generalização das manchas (os vazios no interior de encostas/vertentes instáveis foram incluídos). Áreas instáveis isoladas com dimensão inferior a 0,5 ha não foram consideradas, com exceção das áreas que, em resultado da sua proximidade, tenham em conjunto uma dimensão superior. Não foram integradas também áreas associadas a taludes de vias.

No MDT usado foram identificadas duas áreas isoladas com declives iguais ou superiores a 45º (100%) com áreas de 0,11 ha e 0,04 ha no concelho de Belmonte. Estas áreas encontram-se identificadas na Figura 211 – e seriam as áreas a considerar como escarpas naturais, de acordo com a definição constante nas Orientações Estratégicas de Âmbito Nacional e Regional para a delimitação da REN a nível municipal. Contudo, a verificação no terreno resultou na constatação de que se tratam de dois taludes artificiais. A situação localizada mais a norte, na freguesia de Maçainhas, corresponde a um talude de estrada e a outra situação corresponde a uma vertente nas traseiras de edifícios que sofreu intervenções de corte.

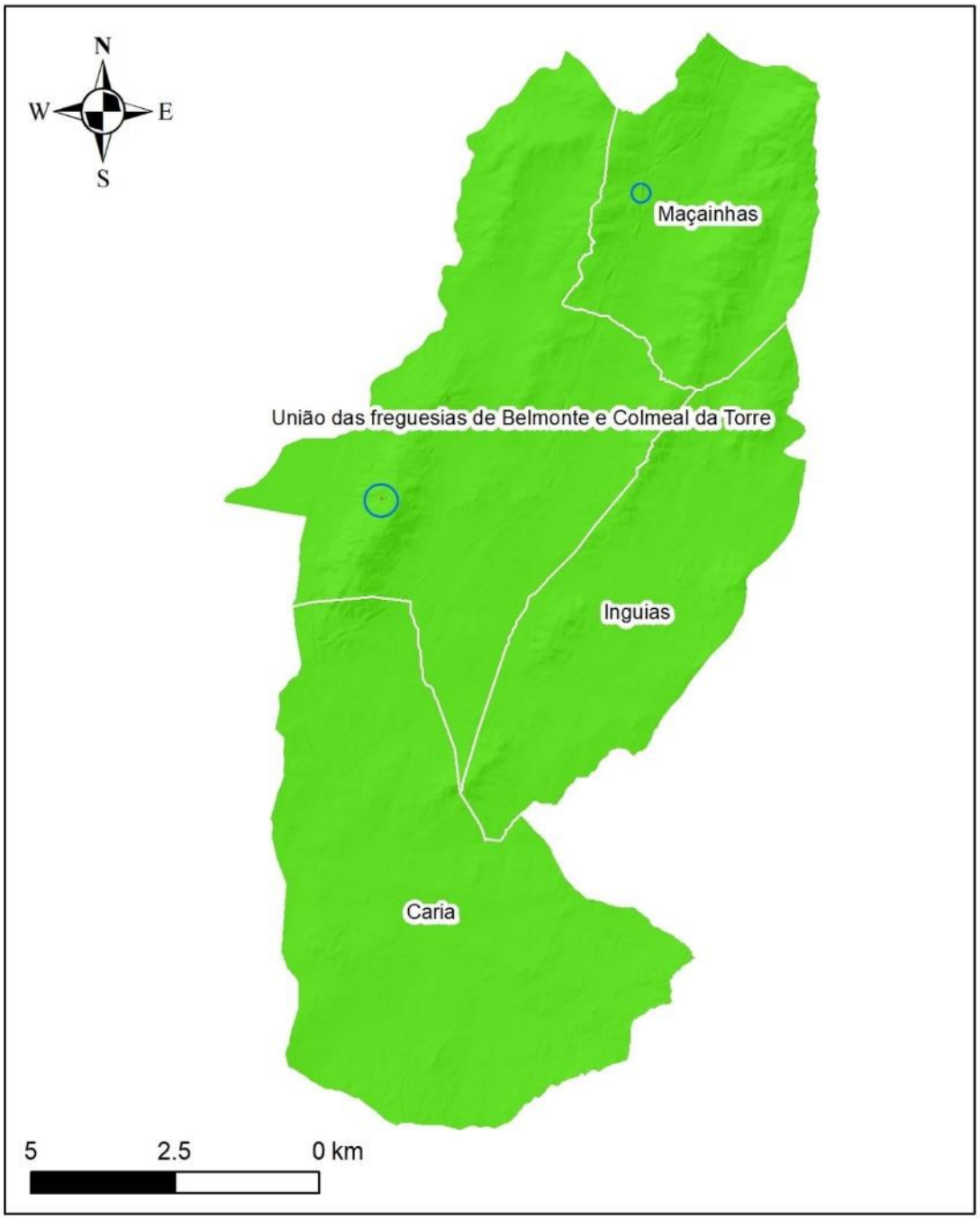


Figura 211 – Identificação das áreas com declives superiores a 45°

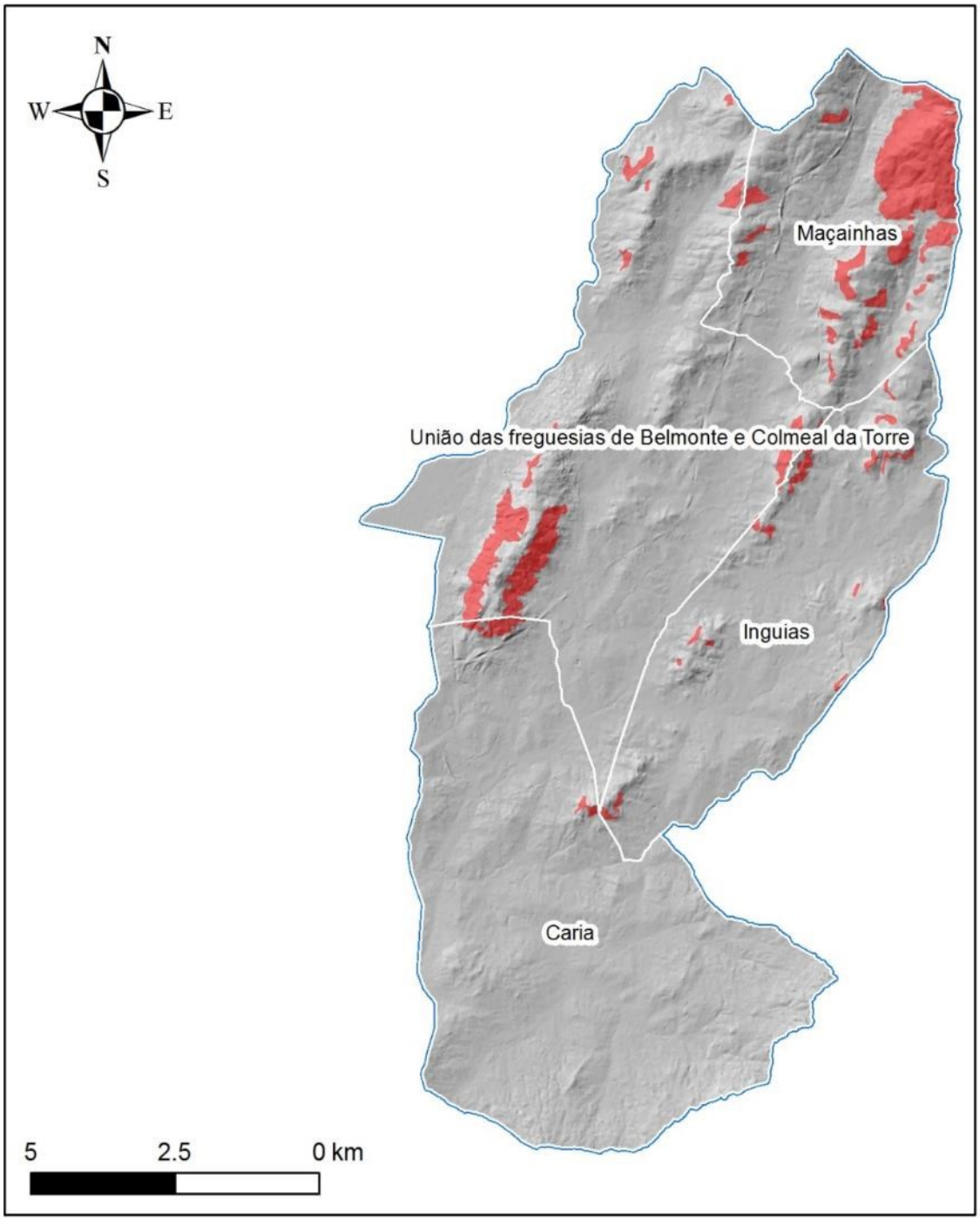


Figura 212 – Proposta de delimitação das áreas de instabilidade de vertentes para o concelho de Belmonte

3.3. QUANTIFICAÇÃO DE ÁREAS DA REN BRUTA

De acordo com a delimitação proposta nos capítulos anteriores e apresentada nos cartogramas (anexo 4), as áreas por tipologia são as seguintes:

Quadro 54 – Quantificação das áreas integradas na REN Bruta por tipologia

TIPLOGIA		AREA HÁ	% da sup. Concelho
Áreas relevantes para a sustentabilidade do ciclo hidrológico terrestre	CALM	229,68	1,93%
	AEIPRA	1338,05	11,27%
Áreas de prevenção de riscos naturais	ZAC	774,06	6,52%
	ZA	399,18	5,36%
	AIV	649,15	5,47%
	AEREHS	7093,75	59,73%

Quadro 55 – Quantificação das áreas integradas na REN Bruta por associação de tipologia

TIPLOGIA	AREA HÁ	% da sup. Concelho
AEIPRA	470,92	3,97%
AEIPRA+AEREHS	156,20	1,32%
AEREHS	6468,05	54,46%
AIV	285,65	2,41%
AIV+AEREHS	361,48	3,04%
AIV+CALM	1,18	0,01%
AIV+CALM+AEREHS	0,85	0,01%
CALM	72,45	0,61%
CALM+AEIPRA	39,54	0,33%
CALM+AEIPRA+AEREHS	10,13	0,09%
CALM+AEREHS	30,42	0,26%
ZAC	77,01	0,65%
ZAC+ AEIPRA	523,12	4,40%
ZAC+ AEIPRA+AEREHS	27,44	0,23%
ZAC+ CALM+AEIPRA	92,10	0,78%
ZAC+ CALM+AEIPRA+AEREHS	18,54	0,16%
ZAC+AEREHS	11,89	0,10%
ZAC+CALM	15,25	0,13%
ZAC+CALM+AEREHS	8,71	0,07%
Total	8670,92	73,01%

3.4. COMPATIBILIZAÇÃO COM CONCELHOS LIMÍTROFES

O processo de compatibilização da delimitação das ZAC com os concelhos limítrofes encontra-se exposta no capítulo 3.2.2.8.

Na delimitação da tipologia CALM foi assegurada a continuidade territorial com os concelhos limítrofes, nomeadamente Guarda, Fundão, Covilhã e Sabugal. Embora as delimitações de REN desses concelhos tenham sido efetuadas ao abrigo do Decreto-Lei n.º 93/90 de 19 de março, constatou-se uma conetividade e continuidade geográfica.

Não se procedeu a compatibilização da delimitação das AEIPRA com os concelhos limítrofes (Covilhã, Fundão, Sabugal e Guarda). Do ponto de vista técnico e dependendo das REN aprovadas nos concelhos contíguos, poderá tornar-se difícil a compatibilização, uma vez que se tratam de delimitações elaboradas com recurso a metodologias, cartografia e critérios que não são compatíveis com os adotados atualmente.

Também no que se refere às AEREHS e às AIV a compatibilização com os concelhos vizinhos poderá gerar erros, face aos diferentes períodos de delimitação e às metodologias e dados de base utilizados.

Assim, recomenda-se que no processo de revisão da REN dos concelhos de Covilhã, Fundão, Sabugal e Guarda, ao abrigo das Orientações Estratégicas de âmbito nacional e regional publicada pela Portaria n.º 336/2019, de 26 de setembro, alterada pela Portaria n.º264/2020, de 13 de novembro se considere a compatibilização com as tipologias delimitadas para o concelho de Belmonte.

REPÚBLICA PORTUGUESA | COESÃO TERRITORIAL

Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro

1.3 Conetividade e continuidade territorial da REN

Tal como já mencionado no parecer de 18 de fevereiro de 2020, a CMB efetuou a compatibilização da continuidade espacial das tipologias delimitadas na proposta com as correspondentes tipologias da REN delimitadas nos concelhos confinantes, nomeadamente, Covilhã, Fundão, Guarda e Sabugal.

Consideram que foi assegurada a conetividade e a continuidade geográfica da tipologia CALM com todos os concelhos limítrofes.

Relativamente às restantes tipologias delimitadas – AEIPRA, AEREHS, ZA, ZAC e AIV, a CM considera que, face aos diferentes períodos de delimitação das REN, dos dados de base, das dissemelhantes metodologias e critérios utilizados tendo em conta os Regimes Jurídicos da REN aplicados, é difícil a compatibilização com as REN em vigor dos outros concelhos, que só poderá ser ultrapassada quando os restantes Municípios procederem a uma nova delimitação da REN.

Sua referência	Sua comunicação de	Nossa referência	Data
ofícios n.º 163/ DTMPOU	2021-06-18	DSOT-DOTCN 429/2021 Proc: REN-CB.01.00/1-13	

3.5. COMPARAÇÃO COM REN EM VIGOR

As diferenças mais significativas entre a REN em vigor e REN bruta, são nas tipologias AEREHS e AIV essas diferenças justificam-se essencialmente pela diferença de critérios na delimitação das próprias tipologias. Na tipologia da AEIPRA a diferença evidencia-se essencialmente por não estarem ainda incluidas na proposta as cabeceiras das linhas de água, conforme já referido.

Quadro 56 – Quantificação das áreas integradas na REN Bruta por tipologia

		Vigor	Bruta	diferencial
Áreas relevantes para a sustentabilidade do ciclo hidrológico terrestre	**AEIPRA (sem cab)**	1276,7	1338,05	+4,6%
	CALM (LA+Marg)	910	229,68	+7,7%
Áreas de prevenção de riscos naturais	**ZAC**		771,61	
	AIV	36,45	649,15	+94,4%
	AEREHS	843,5	7093,75	+88,1%

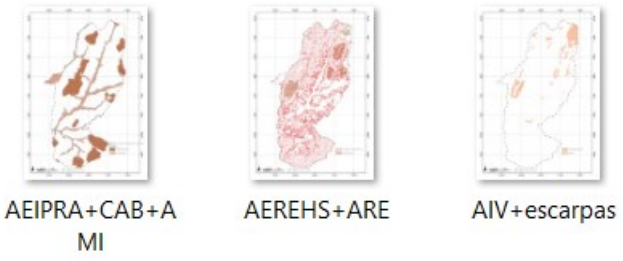


Figura 213 – Comparação da REN em vigor com REN Bruta, nas tipologias com diferenças relevantes (anexo 8)

4. ESTRATÉGIA MUNICIPAL

A revisão do PDM de Belmonte teve uma primeira deliberação de revisão em reunião de Câmara de 2003, decorrente da aplicação do diploma legal do Decreto-Lei n.º 380/99, de 22 de setembro, com o fundamento na necessidade de adequação a essa evolução, das condições económicas, sociais, culturais e ambientais, da necessidade de atualização das disposições vinculativas dos particulares e do estabelecimento de servidões administrativas e restrições de utilidade pública. Entretanto, a revisão tem tido avanço e retrocesso de várias naturezas, com destaque na constante introdução de novos normativos legislativos.

A Câmara Municipal de Belmonte delibera, pela primeira vez, em 2003, dar início à revisão do PDM, tendo, entretanto, procedido a vários procedimentos, aos estudos de caracterização, sendo os mesmos aprovados em 2008, pela Comissão de Acompanhamento. Em 2015, as entidades competentes na razão da sua matéria emitiram parecer do

relatório dos Fatores Críticos de Decisão, no Âmbito da Avaliação Ambiental Estratégica. Em paralelo, decorreu a delimitação da REN, contudo, por diversos motivos desde da alteração de legislação da REN pela publicação das orientações estratégicas de âmbito Nacional e Regional (2012), quer pela necessidade de implementar cartografia homologada (2014), quer pela alteração do Regime Jurídico dos Instrumentos de Gestão Territorial (2015), o Município não solicitou em tempo oportuno nenhuma reunião plenária da Comissão de Acompanhamento.

A Câmara Municipal de Belmonte deliberou, em reunião ordinária de 29 de janeiro de 2019, a suspensão parcial do PDM em virtude de oportunidade de criar um Área de Acolhimento Empresarial, em solo rústico. A suspensão prevista nas alíneas b) e c) do n.º 1 do artigo 126.º do Regime Jurídico dos Instrumentos de Gestão Territorial implica obrigatoriamente o estabelecimento de medidas preventivas e a abertura de procedimento de elaboração, revisão ou alteração de plano municipal para a área em causa, em conformidade com a deliberação tomada, o qual deve estar concluído no prazo em que vigorem as medidas preventivas. Foi fixado um prazo de execução do PDM de 15 meses. A suspensão só se tornou eficaz após a deliberação por parte da Assembleia Municipal, que ocorreu a 25 de novembro de 2019. A Comissão Consultiva do plano foi constituída por Despacho n.º 4633/2020 CCDR C (DR n.º75, IIS, 16 de abril de 2020). O Plano será constituído de acordo com o art. 96º e 97º do RJIGT.

Do procedimento inicial do plano, identificação pelas entidades da CC, dos interesses específicos a salvaguardar em função da natureza das respetivas atribuições, surgiram os contributos das seguintes entidades: CCDR Centro,Turismo de Portugal, ICNF, IP e IMT.

A vigência prolongada do atual PDM em vigor (27 anos) em termos de dinâmica, procedimento e elaboração expostos anteriormente, depreende-se, que esta revisão é uma oportunidade de compatibilizar o plano com as disciplinas dos diversos instrumentos de desenvolvimento territorial e de articulação das intervenções de âmbito nacional, regional e local. O objeto de fundo é a harmonização com quaisquer outros planos, programas e projetos, de interesse municipal ou intermunicipal, que prevalecem sobre o PDM. Assim como, adequação as novas regras de classificação e qualificação do solo, bem como a legislação complementar em vigor, cujas alterações e aprovações possam relevar incompatibilidades e/ou desconformidades pela sua natureza ou alcance.

A revisão irá proporcionar a reapreciação da globalidade do plano em termos estruturais, correção de lacunas, colmatação de vazios, supressão de erros e atenuação de constrangimentos identificados e/ou constatados ao longo da vigência do PDM. Pretende-se adequar o Plano vindouro à realidade concelhia, à evolução, a médio e longo prazo, das condições ambientais, económicas, sociais e culturais.

Com a preocupação de alinhar os objetivos da revisão do PDM com o PNPOT e o com os princípios orientadores da Coesão Territorial, e tendo em conta a compatibilização e convergência pelos programas, planos e projetos com incidência na área do município, assume-se como objetivos estratégicos do plano a seguir ao longo de todo o período de vigência do plano, os seguintes objetivos:

- OE1: Promover a Economia Rural e a Economia Circular;
- OE2: Promover o Empreendedorismo e a Indústria Sustentável, a valorização e promoção dos produtos endógenos;
- OE3: Valorizar o Ambiente Natural e o património Cultural, e o Turismo;
- OE4: Valorizar as Energias Renováveis e o Uso Eficiente dos Recursos;

- OE5: Promover a Equidade Social, o Emprego, a Vitalidade;
- OE6: Promover a Regeneração e Inovação Urbana;
- OE7: Qualificar as Acessibilidades e a Mobilidade;
- OE8: promover a prevenção dos riscos naturais e tecnológicos.
- OE9: Adaptação às alterações climáticas.

A partir da definição dos eixos estruturantes para o desenvolvimento do concelho, definiram-se os objetivos específicos para o PDM como instrumento regulador que importa agora reforçar:

- Contribuir para o desenvolvimento urbano e económico do concelho;
- Promover o desenvolvimento e programar o crescimento urbano sustentável dos aglomerados populacionais em equilíbrio com as redes de infraestruturas;
- Qualificar e proteger ambientalmente o território através de regulação do sistema biofísico local;
- Promover a valorização ambiental tendo em vista a preservação dos principais valores naturais e paisagísticos concelhios;
- Contribuir para a mitigação dos efeitos das alterações climáticas promovendo os princípios da economia circular.

A revisão do PDM deve atender a:

- Reorganizar as infraestruturas em consonância com a realidade territorial e o desenvolvimento previsto;
- Promover o desenvolvimento da gestão urbanística municipal;
- A articulação do PDM com novas estratégias de âmbito regional e municipal;
- A articulação com o sistema multimunicipal de água e saneamento das Águas do Vale do Tejo;
- A definição da estrutura ecológica municipal e urbana, segundo as novas diretivas;
- Ajustar o Plano à realidade concelhia, com a introdução de correções de situações desadequadas às necessidades e anseios da população, bem como à legislação em vigor;
- Agilizar a gestão do PDM e proceder à sua articulação com outros Planos Municipais em revisão;
- Proceder à articulação do PDM com os Instrumentos de Gestão Territorial hierarquicamente superiores;
- Suprimir as deficiências e a desatualização, ao nível de representação, na Planta de Condicionantes e na Planta de Condicionantes, e proceder à revisão do Regulamento;
- Especificar um modelo estratégico de atuação que estabeleça ações distintas para a promoção de um desenvolvimento equilibrado do concelho, tendo em atenção a sua diversidade territorial e as mudanças operadas nos últimos anos;
- Definir e disponibilizar um quadro normativo e um programa de investimentos públicos municipais e governamentais, adequados ao desenvolvimento do concelho;

- Inclusão gráfica dos novos traçados das infraestruturas viárias;
- Ajustar os perímetros urbanos em função da ocupação atual e do crescimento previsto;
- Prever a implementação de novas Áreas de Acolhimento Empresarial;
- Estabelecer um ordenamento adequado e equilibrado que seja articulado com os concelhos vizinhos de modo a evitar descontinuidades territoriais.

5. DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS URBANAS CONSOLIDADAS

Para a explicitação da delimitação das áreas urbanas consolidadas (AUC) no âmbito da delimitação da REN, por ser uma análise um pouco extensa, optou–se por apresentar em volume próprio anexo ao presente procedimento (anexo 5)

6. DELIMITAÇÃO DA REN PROPOSTA

6.1. METODOLOGIA

Após a aferição das AUC´s (em anexo) de acordo com os conceitos técnicos e em sintonia com os levantamentos de campo e estudos de caracterização do concelho procedeu-se à retirada dessas áreas da REN bruta, de acordo com a seguinte metodologia:

- As AUC´s não podem sobrepor-se a áreas de maior sensibilidade ecológica, nomeadamente ZA, ZAC e CALM, quer estejam numa tipologia única quer estejam em sobreposição com qualquer outra tipologia.
- As AUC´s integradas em AEREHS, AEIPRA e AIV são retiradas, portanto não integram a proposta de REN,
- Do resultado do exercício anterior resultaramm áreas residuais que foram excluídas no seguinte modo:
    - A <100m² – excluídas;

Relativamente à tipologia AERHS e após a retirada das AUC´s, e faixa da A23 aplicou –se a seguinte metodologia.

- Foi feito o corte dessas situações e analisadas as manchas sobrantes.
- Foram desprezadas todas as manchas abaixo de 100 m^2.
- Foram feitos quatro grupos de manchas:
    I. 100<a<500m^2
    II. 500<a<1500m^2
    III. 1500<a<3000m^2
    IV. a>3000m2
- Considera-se que as manchas do grupo I poderão ser retiradas. No entanto apresentam-se ainda para validação.

6.2. QUANTIFICAÇÃO DE ÁREAS

Na tabela seguinte apresenta-se a quantificação das áreas integradas na REN proposta (liquida) por tipologia e representatividade face à área do concelho.

Quadro 57 – Quantificação das áreas integradas na REN líquida por tipologia

tipologia		AREA HÁ	% da sup. Concelho
Áreas relevantes para a sustentabilidade do ciclo hidrológico terrestre	**CALM (LA+Marg)**	229,68	1,934%
	AEIPRA	1320,97	11,123%
Áreas de prevenção de riscos naturais	**ZAC**	771,84	6,499%
	ZA	638,27	5,374%
	AIV	649,15	5,466%
	AEREHS	6660,00	56,080%

Quadro 58 – Quantificação das áreas integradas na REN líquida por associação de tipologia

tipologia	AREA HÁ	% da sup. Concelho
CALM	13,62	0,115%
AEIPRA	462,06	3,891%
ZAC	77,01	0,648%
AIV	285,04	2,400%
AEREHS	6041,58	50,872%
CALM+AIV	1,18	0,010%
CALM+AEIPRA	39,34	0,331%
CALM+AEREHS	30,04	0,253%
CALMA+AEIPRA+AEREHS	10,06	0,085%
CALM+AIV+AEREHS	0,85	0,007%
ZAC+CALM	15,99	0,135%
ZAC+AEIPRA	521,36	4,390%
ZAC +AEREHS	11,80	0,099%
ZAC+CALM+AEIPRA	91,56	0,771%
ZAC+CALM+AEREHS	8,52	0,072%
ZAC+AEIPRA+AEREHS	27,06	0,228%
ZAC+CALM+AEIPRA+AEREHS	18,53	0,156%
AEIPRA+AEREHS	150,99	1,271%
AIV+AEREHS	360,84	3,038%
total	8167,43	68,773%

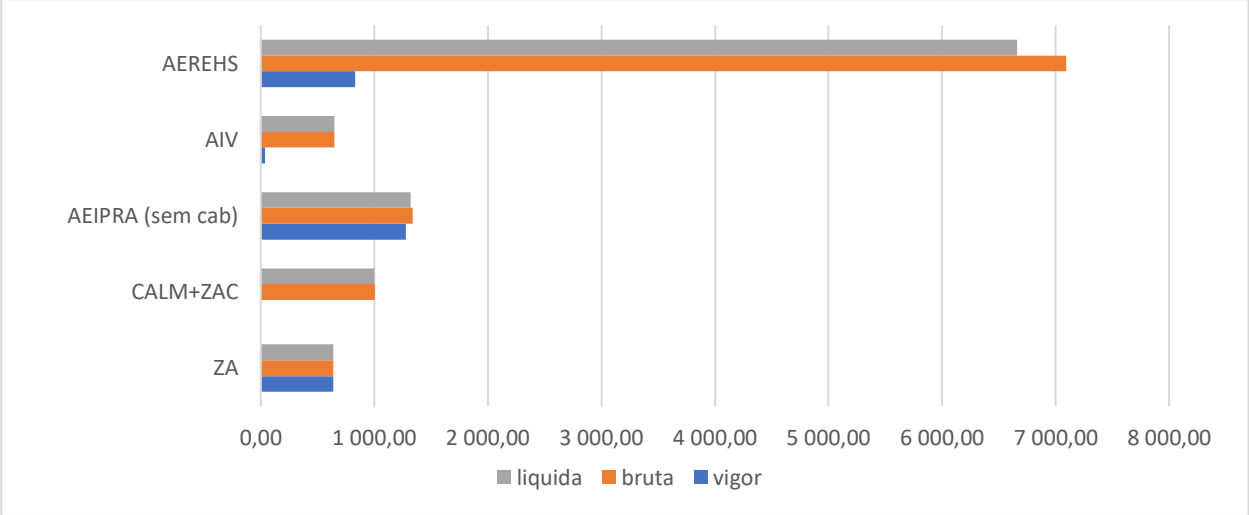


Gráfico 7- Comparação das áreas integradas na REN em vigor, Bruta e proposta (líquida) por tipologia

6.3. ORIENTAÇÕES PARA A PROPOSTA DE ORDENAMENTO

Em sede da proposta de ordenamento há que ter em conta a delimitação da REN, no valor ecológico associado e aos riscos inerentes que comprometam a segurança de pessoas e bens. Sendo:

- As AUC´s incluídas em ZAC e CALM serão devidamente analisadas em processo de proposta do PDM, e integradas em zonas inundáveis, mesmo quando sobrepostas com outras tipologias.
- As AIV e AEREHS retiradas da REN bruta deverão ser devidamente equacionadas quanto à possibilidade de deslizamento de terras.
- Sempre que áreas de ZAC e CALM estejam inseridas em AUC´s, na qualificação do solo deve ser equacionada a integração em espaços verdes.

6.4. PROPOSTA DE EXCLUSÃO

6.4.1. METODOLOGIA

Para a ponderação dos pedidos de exclusão, foram considerados os seguintes critérios:

- Espaços verdes em solo urbano não é considerada a exclusão.
- Nem todas as áreas classificadas como Aglomerado Rural (AR) e Áreas de edificação dispersa (AED) que coincidam com REN é considerada a exclusão. Há pequenas áreas que por serem residuais não geram conflito no modelo de ordenamento pretendido.
- Optou-se por não individualizar mancha em mancha em grande parte das situações, uma vez que a fundamentação e o uso atual ser semelhante, e a classe de espaço proposta ser a mesma.
- Não há exclusões em AIV, pois não foram detetados conflitos.

- Apesar de não haver exclusões em ZAC são apresentados alguns casos por se tratarem de zonas edificadas e consolidadas e por vezes sobre troços artificializados, e que a classificação de REN compromete o desenvolvimento socio económica do aglomerado em questão.
- Relativamente aos espaços a afetar a equipamentos e infraestruturas em Solo Rústico foi verificada a compatibilidade do uso com a tipologia da REN em questão e apenas é considerada a exclusão nos casos incompatíveis e nos caos em que haja muita construção associada. Sendo:
    - Cemitérios e Polidesportivos: exclusão;
    - ETAR´s, ETA´s, EE´s Parques de energias renováveis, parques de gás, zonas de lazer fluvial: não.

Nas áreas de conflito foram analisados os seguintes itens:

- COS 2018 – Nível 1 - 9 classes;
    - 1.Territórios artificializados
    - 2.Agricultura
    - 3.Pastagens
    - 4.Superfícies agroflorestais (SAF)
    - 5.Florestas
    - 7. Espaços descobertos ou com pouca vegetação
    - 8.Zonas húmidas
    - 9.Massas de água superficiais
- PDM em vigor: se as áreas em questão estavam inseridas em perímetro urbano, na RAN e na REN;
- Preexistências;
- Redes de infraestruturas lineares;
- Áreas consideradas na planta de compromissos.

6.4.2. IMAGEM AÉREA COM AS ÁREAS A EXCLUIR

Cartograma apresentado no anexo 6.

6.4.3. QUADRO DE ÁREAS A EXCLUIR EFETIVAMENTE JÁ COMPROMETIDAS

(Fichas por cada exclusão no anexo 7)

N.º de Ordem (Antigo)	Nº de ordem out 22	Nº de ordem agosto 23	Superfície (ha)	Tipologia (s) REN	Fim a que se destina		Sintese da Fundamentação
C1	C1	C1	0,0048	ZAC+AEIPRA	Solo Rústico	Espaço Agrícola de Produção	Edifício existente em processo de legalização junto da CMB (Protocolo de legalização/Município e requerente ID 49). Pré-existência que faz parte de um Protocolo de legalização criado pelo município, disposto na Planta de Compromissos.
C2	C2	C2	0,0667	AEIPRA+ AEREHS+ZAC	Solo Rústico	Espaço de Ocupação Turística	Academia de Golfe, Quinta da Bica já consolidada e em funcionamento - Compromisso privado, processo nº 31/2003, aprovado pelo Turismo de Portugal/ID55). Academia de Golfe, Quinta da Bica já em funcionamento com usos compatíveis com os objetivos de proteção ecológica e ambiental e de prevenção e redução de riscos naturais de áreas integradas na REN.
C4	C3	C3	0,5627	AEREHS	Solo Urbano	Espaço de Uso Especial - Equipamentos	Complexo desportivo existente, com polidesportivo em funcionamento e campo da bola em mau estado.
C5	C4	C4	0,1668	AEREHS	Solo Rústico	Espaço destinado a equipamentos, infraestruturas, outras estruturas e ocupações - Equipamentos	Cemitérios de Maçainhas e área de ampliação do cemitério, adjacente à malha urbana consolidada, que se desenvolve em estreita articulação com um arruamento existente.
C7	C5	C5	8,8149	AEREHS	Solo Urbano	Espaço de Atividades Económicas	Espaço de atividades económicas em Maçainhas (ALE de Maçainhas) com projeto aprovado, em fase de candidatura, que motivou suspensão parcial do PDM e com medidas preventivas (Aviso n.º 19118/2019).

N.º de Ordem (Antigo)	Nº de ordem out 22	Nº de ordem agosto 23	Superfície (ha)	Tipologia (s) REN	Fim a que se destina		Sintese da Fundamentação
C8	C6	C6	0,8872	AEREHS	Solo Rústico	Espaço destinado a equipamentos, infraestruturas, outras estruturas e ocupações - Infraestruturas	Centro de Apoio Logístico a veículos, existente, que precisa de formalizar e requalificar a sua atividade.
C9	C7	C7	0,0600	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Habitacional-1	Pequenos acertos relativos a edificações e/ou zonas infraestruturadas e com limites de cadastro.
C11	C8	C8	0,0160	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Habitacional-1	Pequenos acertos relativos a edificações e/ou zonas infraestruturadas e com limites de cadastro.
C14	C9	C9	0,0711	AEREHS	Solo Rústico	Espaço de Ocupação Turística	Unidade hoteleira existente. Pequenas manchas que deviam ter saído na versão da REN limpa, uma vez que as Áreas Urbanas Consolidadas foram retificadas.
C15	C10	C10	1,0003	AEREHS	Solo Rústico	Espaço destinado a equipamentos, infraestruturas, outras estruturas e ocupações - Infraestruturas	Central de Biomassa existente e devidamente licenciada, de Belmonte, atualmente desativada, mas que o Município pretende requalificar, no sentido da valorização de resíduos. O município pretende ativar e requalificar a Central de Biomassa, que apesar de estar devidamente licenciada, atualmente encontra-se desativada. Sendo que nos dias de hoje o meio ambiente é uma grande preocupação, importa procurar alternativas aos combustíveis fósseis. Pelo que a requalificação da central de biomassa é uma mais-valia para o município e para o ambiente.
C16	C11	C11	5,3759	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Habitacional-1, Espaço Urbano de Baixa densidade e Espaço de Atividades Económicas	Área adjacente à malha urbana consolidada, infraestruturada com edificações legalmente construídas, licenciadas ou autorizadas que abrange um espaço de atividades económicas em Belmonte.
C20	C12	C12	0,0076	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Habitacional-1	Pequenos acertos relativos a edificações e/ou zonas infraestruturadas e com limites de cadastro.

N.º de Ordem (Antigo)	Nº de ordem out 22	Nº de ordem agosto 23	Superfície (ha)	Tipologia (s) REN	Fim a que se destina		Sintese da Fundamentação
C21	C13	C13	0,0772	AEREHS	Solo Rústico	Área de Edificação Dispersa	Pequenos acertos relativos a edificações e/ou zonas infraestruturadas e com limites de cadastro. Pequenas manchas que deviam ter saído na versão da REN limpa, uma vez que as Áreas Urbanas Consolidadas foram retificadas.
C22	C14	C14	0,0327	AEREHS	Solo Rústico	Área de Edificação Dispersa	Pequenos acertos relativos a edificações e/ou zonas infraestruturadas e com limites de cadastro.
C23	C15	C15	0,1320	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Habitacional-1	Pequenos acertos relativos a edificações e/ou zonas infraestruturadas e com limites de cadastro.
C25	C16	C16	0,6525	AEREHS	Solo Urbano	Espaço de Usos Especial - Equipamentos	Área adjacente à malha urbana consolidada, que se desenvolve em estreita articulação com um arruamento existente e o Cemitério de Belmonte, destinada à colmatação e a conformação do perímetro urbano, por forma a enquadrar a ampliação do cemitério.
C26	C17	C17	0,3172	AEREHS	Solo Rústico	Espaço destinado a equipamentos, infraestruturas, outras estruturas e ocupações - Infraestruturas	Estação de Serviço de Belmonte existente e devidamente licenciada.
C29	C18	C18	0,6760	AIV+AEREHS	Solo Rústico	Espaço de Ocupação Turística	Pousada Convento de Belmonte existente. O polígono corresponde à área efetivamente necessária à implementação da atividade turística incompatível.
C30	C19	C19	1,4795	AEREHS	Solo Rústico	Espaço de Atividades Industriais	Espaço de Materiais de Construção existente, que se pretende formalizar com o devido contexto arquitetónico e paisagístico. Requer reclassificação pois a atividade de armazenagem e comércio de materiais de construção não é compatível com o solo rústico.
C31	C20	C20	0,0656	AEREHS	Solo Rústico	Aglomerado rural	Pequenos acertos relativos a edificações e/ou zonas infraestruturadas e com limites de cadastro.

N.º de Ordem (Antigo)	Nº de ordem out 22	Nº de ordem agosto 23	Superfície (ha)	Tipologia (s) REN	Fim a que se destina		Sintese da Fundamentação
C32	C21	C21	0,1147	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Urbano de Baixa Densidade	Pequenos acertos relativos a edificações e/ou zonas infraestruturadas e com limites de cadastro.
C33	C22	C22	1,3349	AEREHS	Solo Rústico	Espaço destinado a equipamentos, infraestruturas, outras estruturas e ocupações - Equipamentos	Equipamento Social existente na Quinta da Tapada Nova. A área destinada não se compatibiliza com o RJEN, uma vez que poderá ter construção nova e não apenas ampliação do existente.
C34	C23	C23	0,0111	AEREHS	Solo Rústico	Espaço destinado a equipamentos, infraestruturas, outras estruturas e ocupações - Equipamentos	Capela de Olas existente. Pequena mancha que devia ter saído na versão da REN limpa, uma vez que se encontra infraestruturada e com edificações.
C35	C24	C24	0,7325	AEREHS	Solo Rústico	Espaço destinado a equipamentos, infraestruturas, outras estruturas e ocupações - Infraestruturas	Amibelmonte - soluções ambientais, empresa existente e devidamente licenciada, no sítio do Sobral. Espaço existente e em funcionamento, fundamental para o tratamento de resíduos vários. Comércio, recolha, armazenamento e valorização de sucatas, resíduos metálicos ferrosos e não Ferrosos, entre outros, bem como, recolha e desmantelamento de veículos em fim de vida.
C36	C25	C25	0,1578	AEIPRA	Solo Urbano	Espaço Habitacional-1	Pequenos acertos relativos a edificações e/ou zonas infraestruturadas e com limites de cadastro.
C37	C26	C26	1,1164	AEREHS	Solo Rústico	Espaço de atividades Industriais	Área afeta à Adega da Quinta dos Termos.

N.º de Ordem (Antigo)	Nº de ordem out 22	Nº de ordem agosto 23	Superfície (ha)	Tipologia (s) REN	Fim a que se destina		Sintese da Fundamentação
C39	C27	C27	0,5933	AEREHS	Solo Rústico	Espaço destinado a equipamentos, infraestruturas, outras estruturas e ocupações - Infraestruturas	Ecocentro existente e devidamente licenciado junto à Quinta da Chandeirinha. Não há ampliação da infraestrutura, a área de proposta de exclusão corresponde ao limite de propriedade da infraestrutura.
C40	C28	C28	0,2452	AEIPRA	Solo Urbano	Espaço Habitacional-1	Área que se desenvolve na proximidade de um arruamento já dotado de infraestruturas. Observa-se a presença de preexistências de edificado, as quais estão legalmente construídas e licenciadas em solos que já integram o perímetro urbano de Malpique estabelecido pelo PDM em vigor. Foi pedido a desafetação em AH, sendo esta essencial para evitar espaços intersticiais no perímetro urbano de Malpique.
C43	C29	C29	0,1041	AEIPRA	Solo Rústico	Espaços Agrícolas de Produção	Portal D'Arte, espaço de oferta turística aprovado pelo Turismo de Portugal (nº 9958).
C45	C31	C30	0,0407	AEIPRA	Solo Rústico	Espaços Agrícolas de Produção	Edifício existente em processo de legalização junto da CMB (Protocolo de legalização/Município e requerente ID 40). Pré-existência que faz parte de um Protocolo de legalização criado pelo município, disposto na Planta de Compromissos.
C46	C32	C31	0,0462	AEIPRA	Solo Rústico	Espaços Florestal misto	Edifício existente em processo de legalização junto da CMB (Protocolo de legalização/Município e requerente ID 40). Pré-existência que faz parte de um Protocolo de legalização criado pelo município, disposto na Planta de Compromissos.
C47	C33	C32	3,5802	AEREHS	Solo Urbano	Espaço de Atividades Económicas e Espaço Habitacional-1	Loteamento municipal da Área Industrial de Caria, já com projeto aprovado no âmbito do PDM em vigor. A área desenvolve-se no limite do Bairro de S. Vicente, e integra preexistências de edificado. A proposta de exclusão resulta da necessidade de promover a conformação do perímetro urbano e enquadrar estas preexistências.
C48	C34	C33	0,0311	AEIPRA	Solo Urbano	Espaço de Atividades Económicas	

N.º de Ordem (Antigo)	Nº de ordem out 22	Nº de ordem agosto 23	Superfície (ha)	Tipologia (s) REN	Fim a que se destina		Sintese da Fundamentação
C49	C35	C34	0,3658	AEIPRA+AEREHS	Solo Urbano	Espaço de Atividades Económicas e Espaço Habitacional-1	
C50	C36	C35	0,3880	AEREHS	Solo Rústico	Área de Edificação Dispersa	A área desenvolve-se no limite do Bairro de S. Vicente, e integra preexistências de edificado. A proposta de exclusão resulta da necessidade de promover a conformação do perímetro urbano e enquadrar estas preexistências.
C51	C37	C36	0,0054	AEIPRA	Solo Rústico	Espaços Agrícolas de Produção e Espaços Florestais Mistos	Edifício existente em processo de legalização junto da CMB (Protocolo de legalização/Município e requerente ID 43)
C52	C38	C37	0,2709	AEREHS	Solo Rústico	Espaço destinado a equipamentos, infraestruturas, outras estruturas e ocupações - Equipamentos	Cemitério Monte do Bispo.
----	C39	C38	0,0408	ZAC	Solo Rústico	Espaço de Ocupação Turística	Academia de Golfe, Quinta da Bica já consolidada e em funcionamento - Compromisso privado, processo nº 31/2003, aprovado pelo Turismo de Portugal/ID55).
----	C40	C39	2,0983	AEIPRA	Solo Rústico	Área de Edificação Dispersa	A proposta de exclusão resulta da necessidade de promover a conformação do perímetro urbano e enquadrar estas preexistências.

6.4.4. QUADRO DE ÁREAS A EXCLUIR PARA SATISFAÇÃO DE CARÊNCIAS EXISTENTES

(Fichas por cada exclusão no anexo 7)

N.º de Ordem (Antigo)	Nº de ordem Out 22	Nº de ordem agosto 23	Superfície (ha)	Tipologia(s) REN	Fim a que se destina		Síntese da Fundamentação
E1	E1	E1	0,1334	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Habitacional-1	Área adjacente à malha urbana consolidada, infraestruturada, destinada à colmatação da frente urbana, preenchimento de zonas intersticiais ao longo de um arruamento existente.
E2	E2	E2	0,0581	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Habitacional-1	Pequenos acertos relativos a edificações e/ou zonas infraestruturadas e com limites de cadastro.
E3	E3	E3	0,0214	AEIPRA	Solo Urbano	Espaço Habitacional-1	Área adjacente à malha urbana consolidada, infraestruturada destinada à colmatação da frente urbana e preenchimento de zonas intersticiais, possibilitando a consolidação urbana em torno de um dos eixos de acesso ao aglomerado, o Caminho de Maçainhas, infraestruturado. Potencia assim a rentabilização dos investimentos já realizados aquando da execução destas infraestruturas.
E4	E4	E4	0,0829	AEIPRA+AEREHS	Solo Urbano	Espaço Habitacional-1	
E6	E5	E5	0,6075	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Habitacional-1	Área em malha urbana consolidada, infraestruturada com edificações legalmente construídas, licenciadas ou autorizadas destinada à colmatação da frente urbana infraestruturada, preenchimento de zonas intersticiais.
E8	E6	E6	0,1534	AEREHS	Solo Urbano	Espaço de Uso Especial - Equipamentos	Área adjacente à malha urbana consolidada, que se desenvolve em estreita articulação com um arruamento existente e o Cemitério de Colmeal da Torre, destinada à colmatação e a conformação do perímetro urbano, por forma a enquadrar a ampliação do cemitério.

N.º de Ordem (Antigo)	Nº de ordem Out 22	Nº de ordem agosto 23	Superfície (ha)	Tipologia(s) REN	Fim a que se destina		Síntese da Fundamentação
E9	E7	E7	0,5689	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Habitacional-1	Área adjacente à malha urbana consolidada, infraestruturada, destinada à colmatação da frente urbana, preenchimento de zonas intersticiais, possibilitando a consolidação urbana em torno de um arruamento que já está infraestruturado, potenciando assim a rentabilização dos investimentos já realizados aquando da execução destas infraestruturas.
E10	E8	E8	0,6594	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Habitacional-1	Área adjacente à malha urbana consolidada, corresponde a uma expansão e faz parte integrante do perímetro urbano de Colmeal da Torre do PDM em vigor, mas que ainda não se encontra comprometida. A exclusão destes solos possibilita a inclusão destes na categoria de Espaço Habitacional-1 e enquadra a construção de novas tipologias de edificado compatíveis com a função residencial, com a consequente rentabilização das infraestruturas já existentes.
E11	E9	E9	0,0969	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Habitacional-1	Área abrange o Monumento Nacional - Torre de Centrum-Cellas e envolvente, classificada como Espaço Cultural, onde se pretende implementar atividades de apoio como centro de interpretação e espaço museológico com atividades de apoio.
E11	E10	E10	0,2759	AEREHS	Solo Rústico	Espaço Cultural	Área abrange o Monumento Nacional - Torre de Centrum-Cellas e envolvente, classificada como Espaço Cultural, onde se pretende implementar atividades de apoio como centro de interpretação e espaço museológico com atividades de apoio.

N.º de Ordem (Antigo)	Nº de ordem Out 22	Nº de ordem agosto 23	Superfície (ha)	Tipologia(s) REN	Fim a que se destina		Síntese da Fundamentação
E12	E11	E11	0,3344	AEREHS	Solo Rústico	Espaços destinados a equipamentos, infraestruturas e outras estruturas e ocupações - Equipamentos	Pequenos acertos relativos a edificações e/ou zonas infraestruturadas e com limites de cadastro.
E13	E12	E12	0,1088	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Urbano de Baixa Densidade	Área adjacente à malha urbana consolidada, destinada à colmatação e conformação do atual perímetro, com a subsequente inclusão desta área na categoria de Espaço Habitacional-1, enquadrando assim a possibilidade de edificação de novas tipologias de edificado compatíveis com a função residencial no local.
E14	E13	E13	0,4756	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Urbano de Baixa Densidade	Área adjacente à malha urbana consolidada, infraestruturada com edificações, legalmente construídas, destinada à colmatação e conformação do atual perímetro de Colmeal da Torre.
E16	E14	E14	0,5828	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Urbano de Baixa Densidade	Área inserida em zona consolidada, infraestruturada com edificações legalmente construídas, licenciadas ou autorizadas destinada à colmatação da frente urbana infraestruturada, acerto com cadastro, sem alternativas fora da RAN.

N.º de Ordem (Antigo)	Nº de ordem Out 22	Nº de ordem agosto 23	Superfície (ha)	Tipologia(s) REN	Fim a que se destina		Síntese da Fundamentação
E17	E15	E15	0,7422	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Habitacional-1	Proposta que visa a satisfação de carênciasem termos de habitação, fundamental paradar conformidade ao Sistema Urbanoproposto, dando enquadramento àssituações legalmente existentes, semalternativas fora da REN.
E18	E16	E16	0,5640	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Habitacional-1	Área adjacente à malha urbana consolidada, infraestruturada com edificações, legalmente construídas, destinada à colmatação e conformação do atual perímetro de Belmonte. A exclusão destes solos possibilita a sua inclusão na categoria de Espaço Habitacional-1 e enquadra a construção de novas tipologias de edificado compatíveis com a função residencial, com a consequente rentabilização das infraestruturas já existentes.
E19	E17	E17	1,2165	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Habitacional-1	A área proposta para exclusão corresponde a uma expansão, uma vez que se trata de uma área que não se encontra ainda comprometida em termos de edificado, mas que se encontra integrada no perímetro urbano de Belmonte estabelecido pelo PDM em vigor. A área é servida por infraestruturas, e observa enquadramento numa envolvente urbana que se apresenta semipreenchida. A proposta de exclusão visa promover a conformação e colmatação do perímetro urbano, enquadrando assim a inclusão destes solos na categoria de Espaço Habitacional-1, a possibilidade de construção de novos edifícios e a rentabilização das infraestruturas já executadas.

N.º de Ordem (Antigo)	Nº de ordem Out 22	Nº de ordem agosto 23	Superfície (ha)	Tipologia(s) REN	Fim a que se destina		Síntese da Fundamentação
E20	E18	E18	1,4750	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Urbano de baixa Densidade	Área desenvolve-se ao longo a estrada N345, arruamento infraestruturado. A proposta visa a colmatação da frente urbana e preenchimento de zonas intersticiais ao longo de um arruamento existente.
E21	E19	E19	0,1743	AEREHS	Solo Urbano	Espaço de Uso Especial - Equipamentos	Área afeta à zona desportiva de Belmonte, estádio de futebol e serviços conexos
ENOVO (E21)	E20	E20	0,1148	AEREHS	Solo Urbano	Espaço de Uso Especial - Equipamentos	Área afeta à zona desportiva de Belmonte, estádio de futebol e serviços conexos, conforme compromisso, disposto na Planta de Compromissos.
E23	E21	E21	0,5733	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Habitacional-1	Área adjacente à malha urbana consolidada, infraestruturada, destinada à colmatação da frente urbana, preenchimento de zonas intersticiais ao longo de um arruamento existente.
E24	E22	E22	2,2031	AEREHS	Solo Urbano	Espaço de Uso Especial - Equipamentos	Proposta que visa a satisfação de carências em termos de habitação e equipamento apoiada por infraestruturas, fundamental para dar conformidade ao Sistema Urbano proposto, dando enquadramento às situações legalmente existentes, sem alternativas fora da REN. A par com o E51, integram terrenos municipais que visam a integração da estratégia municipal no âmbito da habitação municipal.

N.º de Ordem (Antigo)	Nº de ordem Out 22	Nº de ordem agosto 23	Superfície (ha)	Tipologia(s) REN	Fim a que se destina		Síntese da Fundamentação
E25	E23	E23	0,4856	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Habitacional-1	Área adjacente à malha urbana consolidada, infraestruturada, destinada à colmatação da frente urbana, preenchimento de zonas intersticiais ao longo de um arruamento existente.
E26	E24	E24	0,3345	AIV+AEREHS	Solo Urbano	Espaço Habitacional-1	Proposta que visa a satisfação de carências em termos de habitação, fundamental para dar conformidade ao Sistema Urbano proposto, dando enquadramento às situações legalmente existentes, sem alternativas fora da REN.
E31	E25	E25	5,5898	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Urbano de Baixa Densidade	A área adjacente à malha urbana consolidada, com edificações que se desenvolve em estreita articulação com um arruamento infraestruturado, a Rua da Laigeiras. A exclusão pretendida assume por objetivo a colmatação e a conformação do perímetro urbano, por forma a enquadrar estas edificações no aglomerado de Malpique.
E32	E26	E26	0,1029	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Habitacional-1	Área adjacente à malha urbana consolidada, infraestruturada, destinada à colmatação da frente urbana, preenchimento de zonas intersticiais ao longo de um arruamento existente.
E33	E27	E27	0,2928	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Habitacional-1	A área proposta para exclusão corresponde a uma expansão, uma vez que se trata de uma área que não se encontra ainda comprometida em termos de edificado, mas que se encontra já integrada no perímetro urbano de Malpique estabelecido pelo PDM em vigor. A proposta de exclusão apresentada visa a conformação e colmatação do perímetro urbano deste aglomerado.

N.º de Ordem (Antigo)	Nº de ordem Out 22	Nº de ordem agosto 23	Superfície (ha)	Tipologia(s) REN	Fim a que se destina		Síntese da Fundamentação
E34	E28	E28	0,1592	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Habitacional-1	A área proposta para exclusão corresponde a uma expansão, uma vez que se trata de uma área que não se encontra ainda comprometida em termos de edificado, mas que se encontra já integrada no perímetro urbano de Malpique estabelecido pelo PDM em vigor. A proposta de exclusão apresentada visa a conformação e colmatação do perímetro urbano deste aglomerado.
E35	E29	E29	0,6659	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Habitacional-1	
E36	E30	E30	1,8510	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Habitacional-1	A área proposta para exclusão corresponde a uma expansão, uma vez que se trata de uma área que não se encontra ainda comprometida em termos de edificado, mas que se encontra já integrada no perímetro urbano de Malpique estabelecido pelo PDM em vigor. A proposta de exclusão apresentada visa a conformação e colmatação do perímetro urbano deste aglomerado.
E37	E31	E31	0,0074	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Habitacional-1	Pequenos acertos relativos a edificações e/ou zonas infraestruturadas e com limites de cadastro.
E38	E32	E32	0,1215	AEREHS	Solo Rústico	Área de Edificação Dispersa	A área a excluir desenvolve-se em torno de um arruamento já infraestruturado, com presença pontual de preexistência de edificado. O objetivo da presente proposta de exclusão resulta da necessidade de garantir a conformação e colmatação do perímetro urbano.
E39	E33	E33	3,0981	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Urbano de Baixa Densidade, Espaço de Uso Especial - Equipamentos	Área inserida em zona adjacente à malha urbana consolidada, infraestruturada com edificações legalmente construídas, licenciadas ou autorizadas que fazem parte da vivência da população residente de Caria.

N.º de Ordem (Antigo)	Nº de ordem Out 22	Nº de ordem agosto 23	Superfície (ha)	Tipologia(s) REN	Fim a que se destina		Síntese da Fundamentação
E40	E34	E34	0,0307	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Urbano de Baixa Densidade	Pequenos acertos relativos a edificações e/ou zonas infraestruturadas e com limites de cadastro.
E41	E35	E35	0,5323	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Urbano de Baixa Densidade	Área adjacente à malha urbana consolidada, que se desenvolve ao longo de um arruamento infraestruturado, destinada à colmatação e conformação do atual perímetro, por forma a enquadrar surgimento de novos edifícios compatíveis com a função residencial e a rentabilização das infraestruturas já existentes.
E42	E36	E36	0,0325	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Urbano de Baixa Densidade	Pequenos acertos relativos a edificações e/ou zonas infraestruturadas e com limites de cadastro.
E43	E37	E37	0,8195	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Urbano de Baixa Densidade	Proposta que visa a satisfação de carências em termos de habitação, atividades económicas, equipamento apoiada por infraestruturas, fundamental para dar conformidade ao Sistema Urbano proposto, dando enquadramento às situações legalmente existentes, sem alternativas fora da REN.
E44	E38	E38	0,0716	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Urbano de Baixa Densidade	Pequenos acertos relativos a edificações e/ou zonas infraestruturadas e com limites de cadastro.
E45	E39	E39	0,0191	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Urbano de Baixa Densidade	Pequenos acertos relativos a edificações e/ou zonas infraestruturadas e com limites de cadastro.

N.º de Ordem (Antigo)	Nº de ordem Out 22	Nº de ordem agosto 23	Superfície (ha)	Tipologia(s) REN	Fim a que se destina		Síntese da Fundamentação
E46	E40	E40	0,1574	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Habitacional-1	Área adjacente à malha urbana consolidada, não se apresenta comprometida em termos de edificado, mas desenvolve-se em torno de um arruamento já infraestruturado e faz parte integrante do perímetro urbano de Caria estabelecido pelo PDM em vigor. Esta exclusão visa promover a colmatação e conformação do perímetro urbano.
E47	E41	E41	0,0532	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Habitacional-1	Pequenos acertos relativos a edificações e/ou zonas infraestruturadas e com limites de cadastro.
E48	E42	E42	0,2391	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Habitacional-1	Área adjacente à malha urbana consolidada que assume correspondência com uma área não comprometida e que se apresenta já integrada no perímetro urbano de Carvalhal Formoso estabelecido pelo PDM em vigor. A exclusão proposta visa a colmatação do atual perímetro urbano, com a subsequente inclusão destes solos na categoria de Espaço Habitacional-1, viabilizando assim a construção de novas tipologias de edificado compatíveis com a função residencial e a rentabilização das infraestruturas já existentes.

N.º de Ordem (Antigo)	Nº de ordem Out 22	Nº de ordem agosto 23	Superfície (ha)	Tipologia(s) REN	Fim a que se destina		Síntese da Fundamentação
E49	E43	E43	0,0733	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Habitacional-1	Área adjacente à malha urbana consolidada que assume correspondência com uma área não comprometida e que se apresenta já integrada no perímetro urbano de Carvalhal Formoso estabelecido pelo PDM em vigor. A exclusão proposta visa a colmatação do atual perímetro urbano, com a subsequente inclusão destes solos na categoria de Espaço Habitacional-1, viabilizando assim a construção de novas tipologias de edificado compatíveis com a função residencial e a rentabilização das infraestruturas já existentes.
E51	E44	E44	0,4382	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Habitacional-1	Área adjacente à malha urbana consolidada, junto ao Estádio de Futebol de Belmonte, e visa a colmatação e a conformação do perímetro Urbano. Antigo C19
ENOVO(C4)	E45	E45	0,6522	AEREHS	Solo Urbano	Espaço de Uso Especial - Equipamentos	Área adjacente ao Complexo desportivo existente, com polidesportivo em funcionamento e campo da bola em mau estado. Precisa de estacionamento, para garantir a oferta desportiva em Maçainhas.
ENOVO (E17)	E46	E46	0,0922	AEREHS	Solo Urbano	Espaço de atividades económicas	Proposta que visa a satisfação de carências em termos de habitação, fundamental para dar conformidade ao Sistema Urbano proposto, dando enquadramento às situações legalmente existentes, sem alternativas fora da REN.

N.º de Ordem (Antigo)	Nº de ordem Out 22	Nº de ordem agosto 23	Superfície (ha)	Tipologia(s) REN	Fim a que se destina		Síntese da Fundamentação
ENOVO (E20)	E47	E47	0,0791	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Urbano de baixa Densidade	Área adjacente à malha urbana consolidada, não se apresenta comprometida em termos de edificado, mas desenvolve-se em torno de um arruamento já infraestruturado e faz parte integrante do perímetro urbano de Belmonte estabelecido pelo PDM em vigor. Esta exclusão visa promover a colmatação e conformação do perímetro urbano.
E22	E48	E48	0,0594	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Habitacional-1	Pequenos acertos relativos a edificações e/ou zonas infraestruturadas e com limites de cadastro.
C41	E49	E49	0,0914	AEREHS	Solo Urbano	Espaço de Uso Especial - Infraestruturas	Área afeta ao Espaço de Comércio Automóveis existente em Caria, sendo fundamental para o seu crescimento e desenvolvimento.
C42	E50	E50	0,0581	AEREHS	Solo Urbano	Espaço de Uso Especial - Infraestruturas	
	E51	E51	0,5757	AEREHS	Solo Urbano	Espaço Habitacional-1	proposta que visa a satisfação de carências em termos de habitação e equipamento apoiada por infraestruturas, fundamental para dar conformidade ao Sistema Urbano proposto, dando enquadramento às situações legalmente existentes, sem alternativas fora da REN. A par com o E22, integram terrenos municipais que visam a integração da estratégia municipal no âmbito da habitação municipal.

6.4.5. QUADRO SINTESE DAS EXCLUSÕES

	Áreas efetivamente já comprometidas (Cn)			Áreas destinadas à satisfação de carências existentes (En)			
tipologia	sup. (ha)	% rel. à tipologia	% sup. Concelho	sup. (ha)	% rel. à tipologia	% sup. Concelho	Total (ha)
AEREHS	27,8610	0,0048	0,0024	27,5671	0,0050	0,0025	58,8068
AEIPRA	2,7287	0,0012	0,0000	0,0214	0,0000	0,0000	0,5858
AEIPRA+AEREHS	0,3658	0,0108	0,0001	0,0829	0,0006	0,0000	1,6967
AEIPRA+ AEREHS+ZAC	0,0667	0,0019	0,0001	0	0,0009	0,0000	1,0105
AIV+AEREHS	0,6760	0	0	0,3345	0	0	0,2854
AEIPRA+ZAC	0,0048	0	0	0	0	0	62,3852
ZAC	0,0408	0	0	0	0	0	
	31,7438			28,0059			

6.4.6. QUADRO SÍNTESE POR TIPOLOGIA

O resultado da delimitação por tipologia após exclusão, apresentada no quadro seguinte, corresponde às áreas aferidas na delimitação da REN liquida, excluindo as áreas propostas para exclusão apresentadas no capítulo anterior.

tipologia	AREA HA	% da sup. Concelho
CALM	13,62	0,115%
AEIPRA	459,31	3,868%
ZAC	76,97	0,648%
AIV	285,04	2,400%
AEREHS	5986,16	50,405%
CALM+AIV	1,18	0,010%
CALM+AEIPRA	39,34	0,331%
CALM+AEREHS	30,04	0,253%
CALMA+AEIPRA+AEREHS	10,06	0,085%
CALM+AIV+AEREHS	0,85	0,007%
ZAC+CALM	15,99	0,135%
ZAC+AEIPRA	521,36	4,390%
ZAC +AEREHS	11,80	0,099%
ZAC+CALM+AEIPRA	91,56	0,771%
ZAC+CALM+AEREHS	8,52	0,072%
ZAC+AEIPRA+AEREHS	26,66	0,225%
ZAC+CALM+AEIPRA+AEREHS	18,53	0,156%
AEIPRA+AEREHS	150,54	1,268%
AIV+AEREHS	332,16	2,797%
total	8079,68	68,034%

6.4.7. QUADRO DIFERENCIAL

	Superfície (ha)	% Superfície Concelho
Bruta	8670,92	73,01%
Liquida	8167,43	68,77%
Proposta	8079,68	68,03%

7. BIBLIOGRAFIA

Almeida, C.; Mendonça, J.L.; Jesus M.R. e Gomes A.J. (2000) – Sistemas aquíferos de Portugal Continental. Instituto da Água, I.P.. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. Lisboa, 2000. 640 pp.

ARH Tejo (2012) – Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Tejo. Relatório Síntese – Versão Extensa. Administração de Região Hidrográfica do Tejo, I.P. Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território. Lisboa, 2012. 380 pp.

BRANDÃO, Cláudia; RODRIGUES, Rui (1998) - Precipitações Intensas em Portugal Continental para períodos de retorno até 1000 anos. Lisboa: Instituto da Água, Direcção dos Serviços dos Recursos Hídricos.

Cartografia base e ortofotomapas disponibilizados pela Câmara Municipal de Belmonte

Câmara Municipal de Belmonte (2015) - Delimitação das Zonas Ameaçadas pelas Cheias, no Concelho de Belmonte, Estudo hidrológico e hidráulico.

CCDR-LVT (2009) – Reserva Ecológica Nacional do Oeste e Vale do Tejo – Quadro de Referência Regional. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo. Lisboa, 2009. 85 pp.

CCDR-LVT (2010) – Reserva Ecológica Nacional da Área Metropolitana de Lisboa – Quadro de Referência Regional. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo. Lisboa, 2010. 83 pp.

CCDR-LVT - Direção de serviços de Ordenamento do Território. (2015). "Guia Metodológico para a Delimitação da Reserva Ecológica Nacional – região de Lisboa e Vale do Tejo". Lisboa

CENOR- projectos de Engenharia, Lda (2012) Estudo dos riscos inerentes à ocorrência de cheias – ampliação das instalações fabris da Fapricela

CHOW, Ven Te; MAIDMENT, David R.; MAYS, LARRY W. (1998) - Applied Hydrology. New York: Mcgraw-Hill Book Company. ISBN 0-07-100174-3

Clamote, V. (2011) – O desnivelamento entre a superfície da Meseta e as superfícies abatidas da Beira Baixa. Compreensão geomorfológica da sua evolução. Dissertação apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra para a obtenção do Grau de Mestre em Geografia Física, Ambiente e Ordenamento do Território. Universidade de Coimbra. Coimbra, 2011. 114pp.

Feio, M., Daveau, S., Ferreira, A.B., Ferreira, D.B, Martins, A., Pereira, A.R. e Ribeiro, A. (2004) – O relevo de Portugal. Grandes unidades regionais. Associação Portuguesa de Geomorfologia – volume II, Coimbra, 151 pp.

Ferreira, A.B. (2005) - Dinâmica recente e actual. Medeiros, C.A. (Ed.), Geografia de Portugal, Parte 1 - O Ambiente Físico, Volume 1, Círculo de Leitores: 181 – 255.

Henriques, C. (2009) - Dinâmica de vertentes no contexto da reserva ecológica nacional: o caso de estudo do concelho de Caldas da Rainha. Tese de mestrado em sistemas de informação geográfica e modelação territorial aplicados ao ordenamento. Universidade de Lisboa. 140 pp.

Hosmer, D. e Lemeshow, S. (2000) – Applied logistic Regression. Wiley, New York, 375 pp.

IGEO, Instituto Geográfico do Exército – Carta Militar de Portugal – Folha n.º 214, 224, 225, 235, 236 e 363 (1:25 000), Lisboa.

INAG (2005) – Relatório Síntese Sobre a Caracterização das Regiões Hidrográficas Prevista na Directiva Quadro da Água (Artigo 5º). Instituto da Água, I.P. Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território. Lisboa. 175 pp.

INAG (2000) – Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Tejo. Anexo 4 – Recursos Hídricos Subterrâneos, Tomo 4ª – Caracterização Hidrogeológica. Instituto da Água, Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território. Lisboa, 2000. 402pp.

LENCASTRE, A; FRANCO, F. M. (1992) - Lições de Hidrologia, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 1992.

Lopes, A. (2014) – Comparação de metodologias para a delimitação de áreas estratégicas de proteção e recarga de aquíferos. Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Geologia Aplicada, na especialidade de Hidrogeologia. Lisboa, 2014. 89pp.

Mendes, E.; Ferreira Gomes, L.M. e Condesso de Melo, M.T. (2008) – Contributo para a caracterização hidrogeológica das águas subterrâneas do Maciço Granito da Serra da Estrela. Comunicações Geológicas, Tomo 95. Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação. Lisboa, 2008. pp 61-71.

Ministério da Agricultura, Pescas e Florestas – Instituto de Desenvolvimento Rural e Hidráulica. (2004). "Elaboração da Carta de Solos e de Aptidão das Terras da Zona Interior Centro – Memória e Anexos". Consórcio: Geometral, SA/Agroconsultores. Lisboa

Mitasova, H. M. Hofierka, J.; Zlocha , M.; Iverson, R. (1996). "Modelling Topographic Potential for Erosion and deposition using GIS". In International Journal of Geographical Information Systems, 10 (59, pp. 629-641)

Municípia, EM,SA. (2011) - Estudo Hidrológico e Hidráulico das bacias Hidrográficas de Oeiras para elaboração de carta de zonas inundáveis de acordo com o Decreto-Lei nº.115/2010. Oeiras: Municípia, EM,S.A.

Pimenta, M. T. (1999)—"Diretrizes para a aplicação da Equação Universal de Perda dos Solos em SIG. Fator de Cultura C e Fator de Erodibilidade do Solo K".

PROT-Centro (2007) – Plano Regional de Ordenamento do Território do Centro. Área setorial: Riscos e Proteção Civil. Atualizado em 2011.

Varnes, D.J. (1984) - Landslide hazard zonation: a review of principles and practice. UNESCO, Paris.

Yin, K.L.; Yan, T.Z. (1988) - Statistical prediticti̇on model for slope instability of metamorphosed rocks. In: C.Bonnard (ed.) Proc. Fifth International Symposium in Landslides, Lausanne, A.A. Balkema, Rotterdam: 1269-1272.

Teixeira, C.; Martins, J.A.; Medeiros, A.C.; Peinador Fernandes, A.; Mesquita, L.P.; Peres, A.M. e Pilar, L. (1965) – Notícia explicativa da Carta Geológica de Portugal Continental à escala 1:50 000, Folha 21-A, Sabugal. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa, 1965. 25pp;

Teixeira, C.; Martins, J.A.; Medeiros, A.C.; Fernandes, A.P.; Mesquita, L.P.; Ferro, M.N.; Rocha, A. e Pilar, L. (1962) – Notícia explicativa da Carta Geológica de Portugal Continental à escala 1:50 000, Folha 18-C, Guarda. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa, 1962. 25pp;

Teixeira, C.; Paula Santos, J.; Carvalho, H.F.; Peinador Fernandes, A. e Margarida Vairinho, M. (1974) – Notícia explicativa da Carta Geológica de Portugal Continental à escala 1:50 000, Folha 20-B, Covilhã. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa, 1974. 52pp.

Sites consultados:

http://www.apambiente.pt/?ref=16&subref=7&sub2ref=9&sub3ref=834

Informação Geográfica do Atlas da Água do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH). (03/09/2015). http://geo.snirh.pt/AtlasAgua/.

Informação Geográfica do Atlas da Água do Sistema Nacional de Informação de Ambiente – SNIAmb. (03/09/2015). http://sniamb.apambiente.pt/Home/Default.htm

Metadados – Factor de erosividade da precipitação – R (50,8 mm) no Sistema Nacional de Informação de Ambiente – SNIAmb. (09/09/2015).http://sniamb.apambiente.pt/geoportal/catalog/search/resource/details.page?uuid={CB8B69E9-63C2-4B0D-9CD8-6756BE78B3F0}

Nota Explicativa da Carta de Solos de Portugal e da Carta de Capacidade de Uso do Solo. (08/09/2015). http://www.dgadr.mamaot.pt/nota-explicativa

Parâmetros de transformação de coordenadas – métodos das Grelhas NTv2. (03/09/2015). http://www.dgterritorio.pt/cartografia_e_geodesia/geodesia/transformacao_de_coordenadas/grelhas_em_ntv2/

Agência Portuguesa do Ambiente - Planos de Gestão de Região Hidrográfica. Lisboa, 2013. [consult. 06 abril 2015]. Disponível na WWW: <URL: http://www.apambiente.pt/?ref=16&subref=7&sub2ref=9&sub3ref=834>.

Agência Portuguesa do Ambiente - Plano Nacional da Água. Lisboa. [consulta. 05 abril 2015]. Disponível na WWW:<URL:http://www.apambiente.pt/?ref=16&subref=7&sub2ref=9&sub3ref=833>.

Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (Atlas da Água) disponível na WWW: <URL: geo.snirh.pt

https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/rainfall-erosivity-european-union-and-switzerland

ANEXOS

ANEXO 1 – ESTAÇÃO HIDROMÉTRICA DE MANTEIGAS

Expressões utilizadas:

Uma dada variável amostral pode ser representada pela seguinte expressão:

$$x = \overline{x} + K\sigma_x$$

em que

$\overline{x}$ = média = $\dfrac{\sum x_i}{n}$ $\qquad$ σ_x = desvio-padrão = $\sqrt{\dfrac{\sum (x_i - \overline{x})^2}{n-1}}$

K = coeficiente que depende da lei estatística $\qquad$ n = número de valores da amostra

LEI ESTATÍSTICA	
NORMAL	$x = \overline{x} + K_N\sigma_x$ $K_N = \begin{cases} -\left(w - \dfrac{2{,}515517 + 0{,}802853w + 0{,}010328w^2}{1 + 1{,}432788w + 0{,}189269w^2 + 0{,}001308w^3}\right) & \text{se } F(x) < 0{,}5 \\ w - \dfrac{2{,}515517 + 0{,}802853w + 0{,}010328w^2}{1 + 1{,}432788w + 0{,}189269w^2 + 0{,}001308w^3} & \text{se } F(x) \geq 0{,}5 \end{cases}$ $w = \begin{cases} \sqrt{\ln\left(\dfrac{1}{F(x)^2}\right)} & \text{se } F(x) < 0{,}5 \\ \sqrt{\ln\left(\dfrac{1}{(1-F(x))^2}\right)} & \text{se } F(x) \geq 0{,}5 \end{cases}$
LOG-NORMAL (GALTON)	$y = \ln(x)$ $y = \overline{y} + K_N\sigma_y$ $x = e^{(\overline{y} + K_N\sigma_y)}$
GUMBEL	$x = \overline{x} + K_G\sigma_x$ $K_G = -\dfrac{\sqrt{6}}{\pi}\left(0{,}5772 + \ln\left[\ln\left(\dfrac{T}{T-1}\right)\right]\right)$ T = período de retorno = $\dfrac{1}{1-F(x)}$
PEARSON III	$x = \overline{x} + K_{III}\sigma_x$ $K_{III} = K_N + \left(K_N^2 - 1\right)\left(\dfrac{C_a}{6}\right) + \dfrac{1}{3}\left(K_N^3 - 6K_N\right)\left(\dfrac{C_a}{6}\right)^2 - \left(K_N^2 - 1\right)\left(\dfrac{C_a}{6}\right)^3 + K_N\left(\dfrac{C_a}{6}\right)^4 + \dfrac{1}{3}\left(\dfrac{C_a}{6}\right)^5$ C_a = coeficiente de assimetria = $\dfrac{n\sum (x_i - \overline{x})^3}{(n-1)(n-2)\sigma_x^3}$

A – Estação Hidrométrica de Manteigas

Homogenidade da estação Hidrométrica de Manteigas

	Qmáx anual	Qmax	média acumulada	desvio padrão (Qmax)/√(média acumulada)	intervalo a 95%
	Qmax	Média acumulada			Intervalo a 95%
1	79,9	79,9	18,59308	28,60198278	101,4855172
2	50,1	65	13,147293	39,27552928	90,81197072
3	28	52,66666667	10,73472	44,00408589	86,08341411
4	79,3	59,325	9,29654	46,82286639	83,26463361
5	64,3	60,32	8,3150782	48,74649626	81,34100374
6	71,7	62,21666667	7,5905931	50,16646083	79,92103917
7	73,9	63,88571429	7,0275237	51,27005666	78,81744334
8	56,9	63,0125	6,5736465	52,15963964	77,92786036
9	63,4	63,05555556	6,1976933	52,89649426	77,19100574
10	67	63,45	5,8796482	53,51985136	76,56764864
11	76,6	64,64545455	5,6060246	54,05614377	76,03135623
12	78,7	65,81666667	5,3673599	54,52391794	75,56358206
13	57	65,13846154	5,1567926	54,93662229	75,15087771
14	24	62,2	4,9692097	55,30427804	74,78322196
15	77,6	63,22666667	4,8007126	55,63452616	74,45297384
16	92,3	65,04375	4,64827	55,93330819	74,15419181

			Medido		Log-normal			GUMBEL		PEARSON III	
i	F(x) i/(n+1)	T 1/(1-F(x))	Qmax	ln(Qmax)	w	K_N	Qmax	KG	Qmax	KP	Qmax
1	0,05882	1,0625	24	3,178054	2,38043	-1,56505	34,3727	-1,26203	41,5788	-1,75888	32,3408
2	0,11765	1,13333	28	3,332205	2,06885	-1,18694	39,5789	-1,04326	45,6463	-1,20072	42,7187
3	0,17647	1,21429	50,1	3,914021	1,86258	-0,92881	43,5792	-0,87948	48,6915	-0,8547	49,1523
4	0,23529	1,30769	56,9	4,041295	1,70113	-0,72126	47,087	-0,73809	51,3204	-0,59623	53,958
5	0,29412	1,41667	57	4,043051	1,56447	-0,54101	50,3617	-0,60749	53,7486	-0,38554	57,8753
6	0,35294	1,54545	63,4	4,149464	1,44323	-0,37695	53,5397	-0,48171	56,0873	-0,2046	61,2396
7	0,41176	1,7	64,3	4,16356	1,33214	-0,22261	56,7123	-0,35681	58,4095	-0,04352	64,2346
8	0,47059	1,88889	67	4,204693	1,22782	-0,07361	59,9536	-0,22965	60,7739	0,10382	66,9741
9	0,52941	2,125	71,7	4,272491	1,22782	0,07361	63,3377	-0,09717	63,2371	0,2417	69,5377
10	0,58824	2,42857	73,9	4,302713	1,33214	0,22261	66,9577	0,04405	65,8627	0,3737	71,992
11	0,64706	2,83333	76,6	4,338597	1,44323	0,37695	70,9253	0,19842	68,7329	0,50262	74,389
12	0,70588	3,4	77,6	4,351567	1,56447	0,54101	75,401	0,37228	71,9656	0,63123	76,7803
13	0,76471	4,25	78,7	4,365643	1,70113	0,72126	80,6448	0,57587	75,751	0,76284	79,2273
14	0,82353	5,66667	79,3	4,373238	1,86258	0,92881	87,1361	0,82795	80,438	0,9023	81,8202
15	0,88235	8,5	79,9	4,380776	2,06885	1,18694	95,9431	1,17028	86,8028	1,05851	84,7248
16	0,94118	17	92,3	4,525044	2,38043	1,56505	110,475	1,73549	97,3119	1,25505	88,379

	Log-normal	GUMBEL	PEARSON III

F(x)	T	w	KN	Qmax	KG	Qmax	KP	Qmax
0,006	1,006036	3,19875	-2,51256	24,1393	-1,7228	33,0117	-3,44688	0,95557
0,007	1,007049	3,15019	-2,45769	24,6385	-1,69894	33,4552	-3,33717	2,99541
0,01	1,010101	3,03485	-2,32679	25,8713	-1,64078	34,5366	-3,08159	7,74748
0,02	1,020408	2,79715	-2,05419	28,6403	-1,51359	36,9014	-2,57655	17,1378
0,03	1,030928	2,64823	-1,88121	30,5491	-1,42828	38,4877	-2,27466	22,7509
0,04	1,041667	2,53727	-1,75108	32,0685	-1,36153	39,7287	-2,05679	26,8016
0,05	1,052632	2,44775	-1,64521	33,3602	-1,30552	40,7702	-1,88532	29,9898
0,06	1,06383	2,37209	-1,5551	34,5006	-1,25656	41,6805	-1,74337	32,6291
0,07	1,075269	2,30619	-1,47608	35,5326	-1,21262	42,4974	-1,62189	34,8877
0,08	1,086957	2,24754	-1,40532	36,4828	-1,17245	43,2442	-1,51547	36,8666
0,09	1,098901	2,19451	-1,34097	37,3691	-1,13522	43,9365	-1,42057	38,6309
0,1	1,111111	2,14597	-1,28173	38,2041	-1,10033	44,5852	-1,33481	40,2256
0,11	1,123596	2,10108	-1,22667	38,9968	-1,06737	45,198	-1,25645	41,6825
0,12	1,136364	2,05925	-1,17509	39,7543	-1,03601	45,781	-1,18422	43,0254
0,13	1,149425	2,02001	-1,12646	40,482	-1,00601	46,3389	-1,11715	44,2725
0,14	1,162791	1,98298	-1,08035	41,1842	-0,97716	46,8753	-1,05448	45,4378
0,15	1,176471	1,94788	-1,03643	41,8645	-0,94931	47,3932	-0,9956	46,5325
0,16	1,190476	1,91446	-0,99442	42,5256	-0,92232	47,8949	-0,94003	47,5656
0,17	1,204819	1,88253	-0,9541	43,1701	-0,89609	48,3826	-0,88738	48,5447
0,18	1,219512	1,85192	-0,91526	43,8	-0,87053	48,858	-0,8373	49,4757
0,19	1,234568	1,82249	-0,87776	44,4169	-0,84555	49,3224	-0,78952	50,3641
0,2	1,25	1,79412	-0,84146	45,0225	-0,82109	49,7772	-0,74381	51,214
0,21	1,265823	1,76672	-0,80623	45,618	-0,79708	50,2235	-0,69996	52,0294
0,22	1,282051	1,74019	-0,77197	46,2047	-0,77349	50,6622	-0,65779	52,8134
0,23	1,298701	1,71445	-0,7386	46,7834	-0,75026	51,0942	-0,61716	53,5688
0,24	1,315789	1,68945	-0,70603	47,3553	-0,72734	51,5202	-0,57793	54,2982
0,25	1,333333	1,66511	-0,67419	47,921	-0,70472	51,9409	-0,53999	55,0036
0,26	1,351351	1,64139	-0,64302	48,4813	-0,68234	52,357	-0,50323	55,6871
0,27	1,369863	1,61823	-0,61247	49,037	-0,66018	52,7689	-0,46756	56,3503
0,28	1,388889	1,5956	-0,58248	49,5887	-0,63822	53,1773	-0,4329	56,9948
0,29	1,408451	1,57345	-0,553	50,1368	-0,61642	53,5825	-0,39918	57,6219
0,3	1,428571	1,55176	-0,524	50,6821	-0,59477	53,9851	-0,36632	58,2328
0,31	1,449275	1,53048	-0,49544	51,225	-0,57324	54,3854	-0,33427	58,8287
0,32	1,470588	1,50959	-0,46727	51,7659	-0,55182	54,7838	-0,30297	59,4107
0,33	1,492537	1,48907	-0,43948	52,3054	-0,53047	55,1807	-0,27237	59,9795
0,34	1,515152	1,46888	-0,41202	52,8438	-0,50919	55,5764	-0,24243	60,5361
0,35	1,538462	1,44901	-0,38488	53,3816	-0,48795	55,9712	-0,21311	61,0813
0,36	1,5625	1,42944	-0,35801	53,9192	-0,46674	56,3656	-0,18437	61,6158
0,37	1,587302	1,41014	-0,33141	54,4569	-0,44555	56,7597	-0,15616	62,1402
0,38	1,612903	1,3911	-0,30504	54,9951	-0,42435	57,1538	-0,12847	62,6552
0,39	1,639344	1,3723	-0,27889	55,5342	-0,40313	57,5483	-0,10125	63,1613
0,4	1,666667	1,35373	-0,25293	56,0745	-0,38188	57,9434	-0,07448	63,659
0,41	1,694915	1,33536	-0,22715	56,6164	-0,36058	58,3395	-0,04813	64,1489
0,42	1,724138	1,31719	-0,20152	57,1603	-0,33922	58,7367	-0,02218	64,6314
0,43	1,754386	1,29921	-0,17603	57,7064	-0,31777	59,1353	0,0034	65,107
0,44	1,785714	1,28139	-0,15065	58,2552	-0,29624	59,5357	0,02863	65,576

0,45	1,818182	1,26373	-0,12538	58,8069	-0,2746	59,9381	0,05352	66,0389
0,46	1,851852	1,24622	-0,1002	59,3619	-0,25284	60,3427	0,07811	66,496
0,47	1,886792	1,22884	-0,07508	59,9206	-0,23094	60,7499	0,1024	66,9477
0,48	1,923077	1,21159	-0,05002	60,4834	-0,20889	61,1598	0,12642	67,3942
0,49	1,960784	1,19445	-0,025	61,0505	-0,18667	61,5729	0,15018	67,8361
0,5	2	1,17741	-1E-07	61,6224	-0,16427	61,9894	0,1737	68,2734
0,51	2,040816	1,19445	0,025	62,1997	-0,14167	62,4096	0,19701	68,7067
0,52	2,083333	1,21159	0,05002	62,7829	-0,11886	62,8338	0,22011	69,1364
0,53	2,12766	1,22884	0,07508	63,3726	-0,09581	63,2624	0,24304	69,5627
0,54	2,173913	1,24622	0,1002	63,969	-0,07251	63,6956	0,26581	69,9859
0,55	2,222222	1,26373	0,12538	64,5728	-0,04894	64,1339	0,28842	70,4063
0,56	2,272727	1,28139	0,15065	65,1843	-0,02507	64,5775	0,31089	70,8241
0,57	2,325581	1,29921	0,17603	65,8042	-0,0009	65,027	0,33323	71,2396
0,58	2,380952	1,31719	0,20152	66,4329	0,0236	65,4826	0,35547	71,653
0,59	2,439024	1,33536	0,22715	67,071	0,04846	65,9448	0,3776	72,0645
0,6	2,5	1,35373	0,25293	67,7192	0,0737	66,4141	0,39965	72,4744
0,61	2,564103	1,3723	0,27889	68,3781	0,09935	66,891	0,42162	72,8829
0,62	2,631579	1,3911	0,30504	69,0484	0,12543	67,3759	0,44353	73,2903
0,63	2,702703	1,41014	0,33141	69,7308	0,15197	67,8694	0,46539	73,6969
0,64	2,777778	1,42944	0,35801	70,4262	0,17901	68,3721	0,48722	74,1028
0,65	2,857143	1,44901	0,38488	71,1354	0,20658	68,8847	0,50904	74,5083
0,66	2,941176	1,46888	0,41202	71,8593	0,23472	69,4079	0,53084	74,9137
0,67	3,030303	1,48907	0,43948	72,599	0,26346	69,9422	0,55265	75,3193
0,68	3,125	1,50959	0,46727	73,3556	0,29285	70,4887	0,57449	75,7253
0,69	3,225806	1,53048	0,49544	74,1303	0,32294	71,0481	0,59636	76,132
0,7	3,333333	1,55176	0,524	74,9243	0,35377	71,6215	0,6183	76,5398
0,71	3,448276	1,57345	0,553	75,7391	0,38541	72,2098	0,6403	76,9489
0,72	3,571429	1,5956	0,58248	76,5764	0,41792	72,8142	0,6624	77,3597
0,73	3,703704	1,61823	0,61247	77,4379	0,45137	73,4361	0,6846	77,7726
0,74	3,846154	1,64139	0,64302	78,3254	0,48583	74,0767	0,70694	78,188
0,75	4	1,66511	0,67419	79,2413	0,52138	74,7379	0,72943	78,6062
0,76	4,166667	1,68945	0,70603	80,1879	0,55813	75,4212	0,7521	79,0277
0,77	4,347826	1,71445	0,7386	81,1681	0,59619	76,1287	0,77498	79,453
0,78	4,545455	1,74019	0,77197	82,1848	0,63566	76,8627	0,79809	79,8827
0,79	4,761905	1,76672	0,80623	83,2417	0,6767	77,6257	0,82147	80,3174
0,8	5	1,79412	0,84146	84,3427	0,71946	78,4207	0,84515	80,7576
0,81	5,263158	1,82249	0,87776	85,4927	0,76412	79,2511	0,86917	81,2043
0,82	5,555556	1,85192	0,91526	86,6969	0,8109	80,1208	0,89358	81,6581
0,83	5,882353	1,88253	0,9541	87,9618	0,86004	81,0345	0,91843	82,1201
0,84	6,25	1,91446	0,99442	89,2949	0,91183	81,9975	0,94378	82,5914
0,85	6,666667	1,94788	1,03643	90,7051	0,96664	83,0165	0,96969	83,0733
0,86	7,142857	1,98298	1,08035	92,2034	1,02487	84,0993	0,99626	83,5673
0,87	7,692308	2,02001	1,12646	93,8028	1,08705	85,2554	1,02357	84,0751
0,88	8,333333	2,05925	1,17509	95,5198	1,15382	86,4968	1,05174	84,5989
0,89	9,090909	2,10108	1,22667	97,3753	1,22597	87,8384	1,08092	85,1414
0,9	10	2,14597	1,28173	99,3958	1,30456	89,2996	1,11128	85,7059
0,91	11,11111	2,19451	1,34097	101,617	1,39095	90,9058	1,14305	86,2966
0,92	12,5	2,24754	1,40532	104,085	1,48698	92,6913	1,17653	86,919
0,93	14,28571	2,30619	1,47608	106,869	1,59526	94,7045	1,2121	87,5805

0,94	16,66667	2,37209	1,5551	110,066	1,71957	97,0158	1,25034	88,2915
0,95	Melhor lei	**Gumbel**					1,29207	89,0673
0,96							1,33859	89,9322
0,97							1,39217	90,9286
0,98							1,4575	92,1431
0,99							1,54751	93,8167
0,999							1,72571	97,13
0,9999							1,80623	98,6272
0,99999							1,84105	99,2745

T	F(x)	K_G	Q [m^3/s]
2	0,5	-0,164272	61,99
10	0,9	1,30456321	89,30
20	0,95	1,86581074	99,73
100	0,99	3,13668064	123,36
500	0,998	4,39468871	146,75

ERRO ABSOLUTO		
Log-normal	GUMBEL	PEARSON III
0,432194176	0,73244981	0,34753297
0,413532127	0,63022422	0,52566707
0,130155224	0,02811376	0,01891704
0,172460641	0,09805985	0,05170407
0,116461441	0,05704255	0,01535621
0,155524503	0,11534277	0,03407545
0,118005178	0,09160991	0,00101773
0,105170175	0,09292694	0,00038699
0,116629187	0,11803268	0,03015761
0,093941981	0,10875865	0,02581867
0,074082325	0,10270348	0,02886376
0,028337661	0,07260769	0,01056378
0,024711942	0,03747175	0,00670054
0,098815513	0,01435031	0,03178056
0,200789719	0,0863928	0,06038516
0,196913069	0,05429989	0,04248095
SOMA	2,477724861	2,44038707	1,23140855

B – Estação Hidrométrica do Cabril

Homogenidade da estação Hidrométrica do Cabril

	Qmáx anual	Qmax	média acumulada	desvio padrão (Qmax)/√(média acumulada)	intervalo a 95%
1	580,9	732,5607	732,5607	407,8631222	1441,827617
2	421,1	531,0403	631,8005	288,4027795	1207,689647
3	354,4	446,9264	570,1758	235,4798834	1103,962677
4	544,3	686,4052	599,2332	203,9315611	1042,129102
5	269,4	339,7347	547,3335	182,4019334	999,9318066
6	1132,1	1427,6674	694,0558	166,5094224	968,7830575
7	577,1	727,7686	698,8719	154,15777	944,5742638
8	157,3	198,3677	636,3089	144,2013898	925,060117
9	116	146,2852	581,8618	135,9543741	908,8962632
10	513	646,9335	588,3690	128,977644	895,2221235
11	230,1	290,1743	561,2604	122,9753584	883,4578599
12	990	1248,4681	618,5277	117,7399417	873,1966318
13	668	842,4007	635,7487	113,120877	864,1434313
14	577	727,6425	642,3125	109,0060046	856,0784296
15	118	148,8073	609,4122	105,3098053	848,8340122
16	457	576,3131	607,3435	101,9657806	842,2798441
17	1378	1737,7667	673,8390	98,92133728	836,3128449
18	236	297,6146	652,9376	96,13425984	830,8502735
19	650,36	820,1553	661,7385	93,5702175	825,8248429
20	401,76	506,6511	653,9842	91,20096668	821,1811966
21	217,91	274,8017	635,9279	89,00303004	816,8733199
22	369,71	466,2335	628,2145	86,95670983	812,862606
23	1297,01	1635,6320	672,0152	85,04533994	809,1163899
24	167,18	210,8272	652,7991	83,25471119	805,606822
25	281,89	355,4855	640,9065	81,57262444	802,3099926
26	581,94	733,8723	644,4821	79,98853919	799,2052425
27	452,66	570,8400	641,7546	78,49329447	796,2746167
28	514,17	648,4089	641,9923	77,07888502	793,5024251
29	446,87	563,5383	639,2870	75,73828041	790,8748884
30	581,72	733,5948	642,4306	74,46527747	788,3798485

			Medido		Log-normal			GUMBEL		PEARSON III	
i	F(x) i/(n+1)	T 1/(1-F(x))	Qmax	ln(Qmax)	w	KN	Qmax	KG	Qmax	KP	Qmax
1	0,03226	1,03333	146,285153	4,985558	2,62068	-1,8486	160,923	-1,412	66,54	-1,2746	122,552
2	0,06452	1,06897	148,807311	5,002652	2,3413	-1,5179	199,243	-1,2362	138,238	-1,1613	168,798
3	0,09677	1,10714	198,367712	5,290122	2,16119	-1,3002	229,339	-1,1114	189,149	-1,0706	205,77
4	0,12903	1,14815	210,827172	5,351039	2,02371	-1,1310	255,821	-1,0089	230,954	-0,9907	238,366
5	0,16129	1,19231	274,801704	5,61605	1,91026	-0,9892	280,362	-0,9189	267,646	-0,9169	268,451
6	0,19355	1,24	290,174256	5,670482	1,81231	-0,8649	303,797	-0,8368	301,126	-0,847	296,978
7	0,22581	1,29167	297,614622	5,695799	1,72515	-0,7527	326,625	-0,76	332,472	-0,7794	324,527
8	0,25806	1,34783	339,734657	5,828165	1,64593	-0,6493	349,187	-0,6867	362,37	-0,7133	351,486
9	0,29032	1,40909	355,485533	5,873485	1,57274	-0,5524	371,738	-0,6157	391,299	-0,648	378,143
10	0,32258	1,47619	446,926364	6,102394	1,50426	-0,4605	394,486	-0,5463	419,615	-0,5828	404,727
11	0,35484	1,55	466,233482	6,144687	1,43951	-0,3723	417,615	-0,4777	447,6	-0,5173	431,433
12	0,3871	1,63158	506,651061	6,227823	1,37774	-0,2869	441,299	-0,4093	475,495	-0,4511	458,437
13	0,41935	1,72222	531,040327	6,274838	1,31836	-0,2035	465,71	-0,3406	503,514	-0,3838	485,908
14	0,45161	1,82353	563,538331	6,334235	1,2609	-0,1216	491,029	-0,2711	531,859	-0,3149	514,014
15	0,48387	1,9375	570,839978	6,347109	1,20494	-0,0404	517,454	-0,2003	560,731	-0,2439	542,933
16	0,51613	2,06667	576,31306	6,356651	1,20494	0,0404	545,208	-0,1277	590,34	-0,1706	572,857
17	0,54839	2,21429	646,933479	6,472243	1,2609	0,1216	574,548	-0,0528	620,913	-0,0942	604,004
18	0,58065	2,38462	648,408941	6,474522	1,31836	0,2035	605,785	0,02519	652,706	-0,0142	636,626
19	0,6129	2,58333	686,405249	6,531468	1,37774	0,2869	639,294	0,10687	686,021	0,07011	671,025
20	0,64516	2,81818	727,642529	6,58981	1,43951	0,3723	675,55	0,19317	721,219	0,15971	707,57
21	0,67742	3,1	727,768637	6,589983	1,50426	0,4605	715,158	0,2852	758,753	0,25571	746,726
22	0,70968	3,44444	732,560737	6,596546	1,57274	0,5524	758,922	0,38438	799,205	0,35959	789,095
23	0,74194	3,875	733,594821	6,597957	1,64593	0,6493	807,933	0,49262	843,352	0,47333	835,485
24	0,77419	4,42857	733,872259	6,598335	1,72515	0,7527	863,743	0,61256	892,271	0,59967	887,015
25	0,80645	5,16667	820,155278	6,709494	1,81231	0,8649	928,647	0,74804	947,529	0,74261	945,315
26	0,83871	6,2	842,400709	6,736256	1,91026	0,9892	1006,27	0,90499	1011,54	0,9083	1012,89
27	0,87097	7,75	1248,46812	7,129673	2,02371	1,1310	1102,8	1,0933	1088,35	1,107	1093,93
28	0,90323	10,3333	1427,66743	7,263797	2,16119	1,3002	1230,15	1,3315	1185,5	1,35782	1196,24
29	0,93548	15,5	1635,63195	7,399785	2,3413	1,5179	1415,96	1,66113	1319,94	1,70349	1337,22
30	0,96774	31	1737,76673	7,460356	2,62068	1,8486	1753,13	2,21468	1545,72	2,27945	1572,14

		Log-normal			GUMBEL		PEARSON III	
F(x)	T	w	KN	Qmax	KG	Qmax	KP	Qmax
0,006	1,006036	3,19875	-2,5121	104,826	-1,7228	-60,234	-1,4266	60,5635
0,007	1,007049	3,15019	-2,4573	108,609	-1,6989	-50,505	-1,4174	64,3333
0,01	1,010101	3,03485	-2,3263	118,193	-1,6408	-26,782	-1,3931	74,239
0,02	1,020408	2,79715	-2,0537	140,95	-1,5136	25,093	-1,3316	99,3204
0,03	1,030928	2,64823	-1,8808	157,611	-1,4283	59,8896	-1,2842	118,642
0,04	1,041667	2,53727	-1,7507	171,43	-1,3615	87,112	-1,244	135,069
0,05	1,052632	2,44775	-1,6449	183,559	-1,3055	109,959	-1,2081	149,694
0,06	1,06383	2,37209	-1,5548	194,557	-1,2566	129,927	-1,1753	163,072
0,07	1,075269	2,30619	-1,4758	204,741	-1,2126	147,847	-1,1447	175,53
0,08	1,086957	2,24754	-1,4051	214,311	-1,1725	164,23	-1,1159	187,278
0,09	1,098901	2,19451	-1,3408	223,402	-1,1352	179,417	-1,0885	198,461
0,1	1,111111	2,14597	-1,2816	232,111	-1,1003	193,645	-1,0622	209,184
0,11	1,123596	2,10108	-1,2265	240,509	-1,0674	207,089	-1,0369	219,526
0,12	1,136364	2,05925	-1,1750	248,651	-1,036	219,878	-1,0123	229,548
0,13	1,149425	2,02001	-1,1264	256,581	-1,006	232,116	-0,9884	239,299

0,14	1,162791	1,98298	-1,0803	264,331	-0,9772	243,882	-0,9651	248,817
0,15	1,176471	1,94788	-1,0364	271,932	-0,9493	255,242	-0,9422	258,136
0,16	1,190476	1,91446	-0,9945	279,406	-0,9223	266,249	-0,9198	267,282
0,17	1,204819	1,88253	-0,9542	286,774	-0,8961	276,947	-0,8977	276,278
0,18	1,219512	1,85192	-0,9154	294,052	-0,8705	287,374	-0,876	285,144
0,19	1,234568	1,82249	-0,8779	301,256	-0,8455	297,563	-0,8545	293,897
0,2	1,25	1,79412	-0,8416	308,398	-0,8211	307,539	-0,8333	302,552
0,21	1,265823	1,76672	-0,8064	315,491	-0,7971	317,329	-0,8123	311,123
0,22	1,282051	1,74019	-0,7722	322,544	-0,7735	326,953	-0,7915	319,621
0,23	1,298701	1,71445	-0,7388	329,567	-0,7503	336,428	-0,7708	328,058
0,24	1,315789	1,68945	-0,7063	336,569	-0,7273	345,773	-0,7502	336,443
0,25	1,333333	1,66511	-0,6745	343,557	-0,7047	355,003	-0,7298	344,784
0,26	1,351351	1,64139	-0,6433	350,538	-0,6823	364,129	-0,7094	353,091
0,27	1,369863	1,61823	-0,6128	357,52	-0,6602	373,166	-0,6891	361,371
0,28	1,388889	1,5956	-0,5828	364,51	-0,6382	382,124	-0,6689	369,63
0,29	1,408451	1,57345	-0,5534	371,512	-0,6164	391,014	-0,6486	377,877
0,3	1,428571	1,55176	-0,5244	378,533	-0,5948	399,844	-0,6284	386,116
0,31	1,449275	1,53048	-0,4959	385,579	-0,5732	408,625	-0,6082	394,355
0,32	1,470588	1,50959	-0,4677	392,654	-0,5518	417,365	-0,588	402,598
0,33	1,492537	1,48907	-0,4399	399,766	-0,5305	426,071	-0,5678	410,852
0,34	1,515152	1,46888	-0,4125	406,917	-0,5092	434,752	-0,5475	419,122
0,35	1,538462	1,44901	-0,3853	414,115	-0,488	443,414	-0,5272	427,412
0,36	1,5625	1,42944	-0,3585	421,363	-0,4667	452,064	-0,5068	435,729
0,37	1,587302	1,41014	-0,3319	428,667	-0,4455	460,709	-0,4863	444,078
0,38	1,612903	1,3911	-0,3055	436,032	-0,4243	469,355	-0,4658	452,462
0,39	1,639344	1,3723	-0,2793	443,463	-0,4031	478,009	-0,4451	460,888
0,4	1,666667	1,35373	-0,2533	450,966	-0,3819	486,676	-0,4243	469,36
0,41	1,694915	1,33536	-0,2275	458,545	-0,3606	495,364	-0,4034	477,884
0,42	1,724138	1,31719	-0,2019	466,207	-0,3392	504,077	-0,3824	486,463
0,43	1,754386	1,29921	-0,1764	473,956	-0,3178	512,822	-0,3612	495,105
0,44	1,785714	1,28139	-0,1510	481,798	-0,2962	521,605	-0,3399	503,812
0,45	1,818182	1,26373	-0,1257	489,739	-0,2746	530,431	-0,3183	512,591
0,46	1,851852	1,24622	-0,1004	497,785	-0,2528	539,307	-0,2966	521,448
0,47	1,886792	1,22884	-0,0753	505,942	-0,2309	548,239	-0,2747	530,386
0,48	1,923077	1,21159	-0,0502	514,218	-0,2089	557,232	-0,2526	539,414
0,49	1,960784	1,19445	-0,0251	522,618	-0,1867	566,294	-0,2302	548,535
0,5	2	1,17741	0,0000	531,15	-0,1643	575,43	-0,2076	557,756
0,51	2,040816	1,19445	0,0251	539,821	-0,1417	584,648	-0,1847	567,084
0,52	2,083333	1,21159	0,0502	548,639	-0,1189	593,953	-0,1616	576,526
0,53	2,12766	1,22884	0,0753	557,613	-0,0958	603,354	-0,1381	586,087
0,54	2,173913	1,24622	0,1004	566,751	-0,0725	612,858	-0,1144	595,775
0,55	2,222222	1,26373	0,1257	576,062	-0,0489	622,471	-0,0903	605,598
0,56	2,272727	1,28139	0,1510	585,557	-0,0251	632,203	-0,0659	615,564
0,57	2,325581	1,29921	0,1764	595,246	-0,0009	642,062	-0,0411	625,681
0,58	2,380952	1,31719	0,2019	605,139	0,0236	652,057	-0,0159	635,958
0,59	2,439024	1,33536	0,2275	615,25	0,04846	662,196	0,00974	646,404
0,6	2,5	1,35373	0,2533	625,59	0,0737	672,491	0,0358	657,031
0,61	2,564103	1,3723	0,2793	636,174	0,09935	682,951	0,06232	667,848
0,62	2,631579	1,3911	0,3055	647,016	0,12543	693,589	0,08933	678,867

0,63	2,702703	1,41014	0,3319	658,133	0,15197	704,415	0,11688	690,1
0,64	2,777778	1,42944	0,3585	669,541	0,17901	715,443	0,14498	701,561
0,65	2,857143	1,44901	0,3853	681,26	0,20658	726,688	0,17367	713,264
0,66	2,941176	1,46888	0,4125	693,31	0,23472	738,163	0,20299	725,225
0,67	3,030303	1,48907	0,4399	705,713	0,26346	749,885	0,23299	737,46
0,68	3,125	1,50959	0,4677	718,494	0,29285	761,873	0,26371	749,988
0,69	3,225806	1,53048	0,4959	731,679	0,32294	774,144	0,29519	762,828
0,7	3,333333	1,55176	0,5244	745,298	0,35377	786,721	0,32749	776,004
0,71	3,448276	1,57345	0,5534	759,384	0,38541	799,627	0,36068	789,538
0,72	3,571429	1,5956	0,5828	773,971	0,41792	812,886	0,3948	803,456
0,73	3,703704	1,61823	0,6128	789,102	0,45137	826,527	0,42995	817,79
0,74	3,846154	1,64139	0,6433	804,819	0,48583	840,581	0,46618	832,569
0,75	4	1,66511	0,6745	821,175	0,52138	855,083	0,5036	847,832
0,76	4,166667	1,68945	0,7063	838,224	0,55813	870,073	0,54231	863,619
0,77	4,347826	1,71445	0,7388	856,032	0,59619	885,593	0,58241	879,975
0,78	4,545455	1,74019	0,7722	874,671	0,63566	901,694	0,62403	896,951
0,79	4,761905	1,76672	0,8064	894,225	0,6767	918,431	0,66732	914,607
0,8	5	1,79412	0,8416	914,791	0,71946	935,871	0,71244	933,01
0,81	5,263158	1,82249	0,8779	936,48	0,76412	954,086	0,75958	952,237
0,82	5,555556	1,85192	0,9154	959,422	0,8109	973,165	0,80896	972,378
0,83	5,882353	1,88253	0,9542	983,772	0,86004	993,207	0,86084	993,537
0,84	6,25	1,91446	0,9945	1009,71	0,91183	1014,33	0,91553	1015,84
0,85	6,666667	1,94788	1,0364	1037,47	0,96664	1036,69	0,97337	1039,43
0,86	7,142857	1,98298	1,0803	1067,3	1,02487	1060,44	1,03482	1064,5
0,87	7,692308	2,02001	1,1264	1099,54	1,08705	1085,8	1,10041	1091,25
0,88	8,333333	2,05925	1,1750	1134,6	1,15382	1113,03	1,17079	1119,95
0,89	9,090909	2,10108	1,2265	1173,01	1,22597	1142,46	1,24679	1150,95
0,9	10	2,14597	1,2816	1215,45	1,30456	1174,51	1,3295	1184,68
0,91	11,11111	2,19451	1,3408	1262,84	1,39095	1209,75	1,4203	1221,72
0,92	12,5	2,24754	1,4051	1316,41	1,48698	1248,92	1,5211	1262,83
0,93	14,28571	2,30619	1,4758	1377,94	1,59526	1293,08	1,63456	1309,11
0,94	16,66667	2,37209	1,5548	1450,06	1,71957	1343,78	1,76457	1362,13
0,95	20	2,44775	1,6449	1536,94	1,86581	1403,43	1,91714	1424,36
0,96	25	2,53727	1,7507	1645,69	2,04385	1476,04	2,10233	1499,89
0,97	33,33333	2,64823	1,8808	1789,98	2,27217	1569,16	2,33893	1596,4
0,98	50	2,79715	2,0537	2001,55	2,59229	1699,73	2,66908	1731,05
0,99	100	3,03485	2,3263	2386,94	3,13668	1921,77	3,22673	1958,5
0,999	1000	3,71692	3,0902	3909,65	4,93552	2655,45	5,04773	2701,21
0,9999	10000	4,29193	3,7190	5868,6	6,73119	3387,84	6,85551	3438,54
0,99999	100000	4,79853	4,2649	8349,72	8,52655	4120,09	8,67078	4178,92

ERRO ABSOLUTO

Log-normal	GUMBEL	PEARSON III
0,10006646	0,545134664	0,16223887
0,338933225	0,071028739	0,134337591
0,156128536	0,046475332	0,037315842
0,213417967	0,095464298	0,13062325
0,020234715	0,026040197	0,023111924
0,04694541	0,037740709	0,023448813
0,097476235	0,117120907	0,090426714
0,027822976	0,066627532	0,03458896
0,045718852	0,100746129	0,063735832
0,117335571	0,061109896	0,094421595
0,10427878	0,03996566	0,074641651
0,128988566	0,061493823	0,095161506
0,123023628	0,051834682	0,084988205
0,128667777	0,056214872	0,087880478
0,093521578	0,017708258	0,048887623
0,05397324	0,024339494	0,005996668
0,111889774	0,04022125	0,066358221
0,065736582	0,006627833	0,018171409
0,068634117	0,000559958	0,022406507
0,07159101	0,008828014	0,027585658
0,01732751	0,04257409	0,026048204
0,035984427	0,090974151	0,077173579
0,101334649	0,149615318	0,138891206
0,176965882	0,215839705	0,208677544
0,132282337	0,155304106	0,152604368
0,194525681	0,200784805	0,202389099
0,116677538	0,128253532	0,123779174
0,138352609	0,169624286	0,162104464
0,134304898	0,193007017	0,182443468
0,008841828	0,110515387	0,095312849
SOMA **3,170982359**	**2,9317746**	**2,6957513**

Melhor lei **log-normal**

T	F(x)	w	K_N	Q [m^3/s]
2	0,5	-0,16427204	0,0000	531,15
10	0,9	1,304563213	1,2816	1215,45
20	0,95	1,865810741	1,6449	1536,94
100	0,99	3,136680644	2,3263	**2386,94**
500	0,998	4,394688714	2,8782	3409,14

ANEXO 2 - VALORES DE ERODIBILIDADE PARA A CARTOGRAFIA DE SOLOS À ESCALA 1:100000 (H. SIMÕES, 2013)

S.R.O.A.	Código S.R.O.A.	Código FAO	FAO	Código WRB	WRB	K (métrico)	K SI
Alfloramentos Rochosos	Argn, Arg, Arq, Arx	RO	Alfloramentos Rochosos	F	Alfloramentos Rochosos	0,00	0,00
Aliviossolos Modernos Não Calcários	Al, A, Aa	Jd	Fluvissolos Dístricos	FL.dy	Fluvisol Dystric	0,26	0,03
Área Social	Asoc	Urb	Urbanos		Área Social	0,04	0,00
Litólicos Húmicos	Mnsx, Mnsg	T	Antrossolos	AT.pa.rg	Anthrosol Plagic Regic	0,35	0,04
Litólicos não Húmicos	Par, Pg, Pga, Pgm, Ppg, Psn, Pt, Vf, Vts, Vt	Bdx	Cambissolos Dístricos Crómicos	CM.dy.ha(cr)	Cambisol Dystric Haplic (Chromic)	0,31	0,03
		Bdx	Cambissolos Dístricos	CM.len.dy	Cambisol Endoleptic Dystric	0,31	0,03
				CM.len.sk(dy)	Cambisol Endoleptic Skeletic (Dystric)	0,31	0,03
				CM.sk.dy	Cambisol Skeletic Dystric	0,31	0,03
				CM.dy.ha(cr)	Cambisol Dystric Haplic	0,31	0,03
Litosolos	Rg	Id	Litossolos Dístricos	LP.dy	Leptosol Dystric	0,39	0,04
Mediterrânicos Vermelhos de Materiais Não Calcários, Normais	Vgn, Pv, Vx, Pvx, Vtc, Sr	Lrk, Lcr, Lf	Luvissolos	LV.ap.dy	Luvisol Abruptic Dystric	0,32	0,03
				LV.ap.dy(ab)	Luvisol Abruptic Dystric (Albic)	0,32	0,03
				LV.dy.cr	Luvisol Dystric Chromic	0,32	0,03
Plano de água			Plano de água		Plano de água	0,00	0,00
Rankers	Qg, Qn, Qq	U	Ranker	UM.hu.sk	Umbrisol Humic Skeletic	0,51	0,05
				UM.len.hu	Umbrisol Endoleptic Humic	0,51	0,05
				UM.lep.hu	Umbrisol Epileptic Humic	0,51	0,05
Regossolos Psamiticos	Rg	Rc	Regossolos	RG.lep.dy	Regosol Epileptic Dystric	0,06	0,01
				RG.ai.dy	Regosol Aric Dystric	0,06	0,01
				RG.len.dy	Regosol Endoleptic Dystric	0,06	0,01

S.R.O.A.	Código S.R.O.A.	Código FAO	FAO	Código WRB	WRB	K (métrico)	K SI
				RG.len.sk(dy)	Regosol Endoleptic Skeletic (Dystric)	0,06	0,01
				RG.lep.dy(sk)	Regosol Epileptic Dystric (Skeletic)	0,06	0,01
				RG.sk.dy	Regosol Skeletic Dystric	0,06	0,01

ANEXO 3 – PLANTA DA ZAC COM OS PERFIS

ANEXO 4 – CARTOGRAMAS POR TIPOLOGIA DA REN BRUTA

ANEXO 5 – ÁREAS URBANAS CONSOLIDADAS

ANEXO 6 – IMAGEM AÉREA COM AS ÁREAS A EXCLUIR

ANEXO 7 – FICHAS DE EXCLUSÃO

ANEXO 8 – COMPARAÇÃO DE TIPOLOGIAS

PEÇAS DESENHADAS

REN 1- delimitação da REN líquida com proposta de exclusão