



**Delimitação da Reserva Ecológica Nacional
Do Município de Tomar
(REN) - VOLUME I**

Abril de 2024

EQUIPA TÉCNICA:

- **Coordenação Geral:** Prof. José Álvaro Antunes Ferreira

- **Especialidade:**

Reserva Ecológica Nacional	Prof. Isabel Loupa Ramos Dr. Bruno Epifânio Eng. Frederico Henriques Eng. Afonso Amaral Eng. Rita Prior
----------------------------	---

Índice

VOLUME I

1. Introdução	9
1.1 Tipologias de áreas consideradas.....	10
1.2 Aspetos metodológicos.....	11
2. Cursos de água e respetivos leitos e margens.....	12
2.1 Definições e conceitos base	12
2.2 Objetivos de proteção.....	12
2.3 Critérios de delimitação	12
2.4 Aplicação dos critérios ao concelho de Tomar	13
2.4.1 Critério A - Leitos normais dos cursos de água que drenam bacias hidrográficas com um valor igual ou superior a 3,5 km ²	13
2.4.2 Critério B - Cursos de água associados a zonas ameaçadas pelas cheias	14
2.4.3 Cursos de água entubados	15
2.4.4 Delimitação das margens dos cursos de água a integrar na REN	16
3. Albufeiras que contribuam para a conectividade e coerência ecológica da REN, bem como os respetivos leitos, margens e faixas de proteção	21
3.1 Definições e conceitos base	21
3.2 Objetivos de proteção.....	23
3.3 Critérios de delimitação	23
3.4 Aplicação dos critérios no Concelho de Tomar.....	24
4. Áreas estratégicas de infiltração e de proteção e recarga de aquíferos	26
4.1 Definições e conceitos base	26
4.2 Objetivos de proteção.....	27
4.3 Critérios de delimitação	28
4.4 Aplicação dos critérios no Concelho de Tomar.....	29
4.4.1 Critério A - Aplicação do IFIa	30
4.4.2 Critério B - Sistemas aquíferos relevantes	31
4.4.3 Critério C - Características das formações geológicas	33
4.4.4 Conjugação dos vários critérios aplicados	37
5. Zonas ameaçadas pelas cheias	39
5.1 Definições e conceitos base	39

5.2	Objetivos de proteção.....	40
5.3	Critérios de delimitação	41
5.4	Aplicação dos critérios ao concelho de Tomar	41
5.4.1	Estudos hidrológicos e hidráulicos	43
5.4.2	Procedimentos hidrológicos expeditos.....	47
5.4.3	Delimitação das ZAC por tipologia de situação de risco	53
6.	Áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo.....	55
6.1	Definições e conceitos base	55
6.2	Objetivos de proteção.....	55
6.3	Critérios de delimitação	56
6.4	Aplicação dos critérios ao concelho de Tomar	59
6.4.1	Tratamento da informação	59
6.4.2	Cálculo da erosão potencial do solo	61
6.4.3	Procedimentos de generalização cartográfica e áreas a integrar a REN	62
7.	Áreas de instabilidade de vertentes.....	66
7.1	Definições e conceitos.....	66
7.2	Objetivos de proteção.....	69
7.3	Critérios de delimitação	69
7.4	Aplicação dos critérios ao concelho de Tomar	71
7.4.1	Inventário de movimentos de vertente	72
7.4.2	Fatores de predisposição	75
7.4.3	Método estatístico de relação espacial	88
7.4.4	Delimitação das escarpas naturais	94
7.4.5	Procedimentos de generalização cartográfica e áreas a integrar a REN	96
8.	Proposta de Exclusões	99
8.1	Metodologia	99
8.2	Propostas de exclusão.....	102
i.	Áreas efetivamente já comprometidas (C)	102
ii.	Áreas para satisfação de carências existentes em termos de habitação, atividades económicas, equipamentos e infraestruturas (E).....	102
8.3	Síntese das exclusões propostas	104
8.4	Quadro de referência	106
8.5	Quadro síntese da área de exclusão por uso proposto	107
9.	A definição da REN por aplicação de todos os critérios.....	108
10.	Referências gráficas e bibliográficas.....	112
	Anexo I - Dados geográficos base adquiridos para a delimitação da REN	113

Anexo II - Delimitação dos cursos de água e respetivos leitos e margens.....	114
Anexo III - Delimitação das albufeiras que contribuam para a conectividade e coerência ecológica da REN, bem como os respetivos leitos, margens e faixas de proteção	126
Anexo IV - Delimitação das áreas estratégicas de proteção e recarga de aquíferos	129
Anexo V - Delimitação das zonas ameaçadas pelas cheias	143
Anexo VI - Delimitação das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo	174
Anexo VII - Delimitação das áreas de instabilidade de vertentes	189

Índice de Figuras

Figura 1 - Localização do concelho de Tomar	10
Figura 2 - Cursos de água que drenam bacias hidrográficas com área igual ou superior a 3,5 km ² (Critério A).....	14
Figura 3 - Cursos de água associados a zonas ameaçadas pelas cheias (Critério B)	15
Figura 4 - Cursos de água entubados que não devem integrar a REN.....	16
Figura 5 - Bacias hidrográficas do concelho associadas aos troços de linhas de água geocodificadas de nível 4.....	17
Figura 6 - Cursos de água navegáveis e fluviáveis e cursos de água não fluviáveis nem fluviáveis	19
Figura 7 - Proposta de delimitação da tipologia “cursos de água e respetivos leitos e margens”.....	20
Figura 8 - Localização das albufeiras existentes no Concelho de Tomar	22
Figura 9 - Proposta de delimitação da tipologia “albufeiras que contribuam para a conectividade e coerência ecológica da REN, bem como os respetivos leitos, margens e faixas de proteção”	25
Figura 10 - Sistemas aquíferos presentes no concelho de Tomar.....	32
Figura 11 - Principais unidades hidrogeológicas presentes em Portugal continental e no concelho de Tomar	34
Figura 12 - Extrato da Carta Geológica de Portugal (folhas 1 e 2) à escala 1:500.000.....	35
Figura 13 - Proposta de delimitação da tipologia “áreas estratégicas infiltração e de proteção e recarga de aquíferos”	38
Figura 14 - Componentes do risco.....	40
Figura 15 - Aglomerados abrangidos por Estudos Hidrológicos e Hidráulicos existentes.....	46
Figura 16 - Zonas ameaçadas pelas cheias segundo o subcritério a)	48
Figura 17 - Zonas ameaçadas pelas cheias segundo os subcritérios b) e c).....	52
Figura 18 - Critérios de delimitação da tipologia ZAC com espacialização do trabalho de campo realizado no concelho de Tomar.....	53
Figura 19 - Proposta de delimitação da tipologia “Zonas ameaçadas pelas cheias” com aglomerados por tipologia de situação face ao risco de inundação	54
Figura 20 - Fluxograma metodológico para o cálculo da erosão potencial do solo (A)	61
Figura 21 – Erosão Potencial do solo (tha ⁻¹ ano ⁻¹) por classes	62
Figura 22 - Fluxograma metodológico do processo de generalização das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo.....	64
Figura 23 - Proposta de delimitação da tipologia “áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo”.....	65
Figura 24 - Ilustração esquemáticas dos principais movimentos de vertentes (adaptado de Highland e Bobrowsky, 2008).	68

Figura 25 - Exemplos de movimentos de vertente detetados a partir da análise de ortofotomapas à escala de visualização 1:1500 com respetivas fotografias obtidas durante o trabalho de campo.....	73
Figura 26 – Localização dos movimentos de vertente do concelho de Tomar.....	74
Figura 27 - Declives, em graus, no concelho de Tomar	77
Figura 28 - Inclinação do declive (α) e direção da vertente (ψ) (adaptado de By <i>et al.</i> , 2001)	78
Figura 29 - Exposição das vertentes no concelho de Tomar.....	79
Figura 30 - Exemplos do perfil transversal das vertentes a diferentes resoluções (5, 20 e 50 metros)	80
Figura 31 - Perfil transversal das vertentes no concelho de Tomar	81
Figura 32 - Distribuição espacial das unidades litológicas no concelho de Tomar	83
Figura 33 - Distribuição dos tipos de solos, classificados de acordo com o SROA, no concelho de Tomar	85
Figura 34 - Uso do solo de 2007 no concelho de Tomar	87
Figura 35 - Curva de sucesso do modelo de suscetibilidade a deslizamentos no concelho de Tomar com a marcação das respetivas quebras naturais (valores normalizados entre 0 e 1)	92
Figura 36 - Mapa de suscetibilidade a deslizamentos no concelho de Tomar	93
Figura 37 - Fluxograma metodológico para a determinação das escarpas naturais e respetiva faixa de proteção.....	95
Figura 38 - Escarpas naturais e respetivas faixas de proteção.....	95
Figura 39 - Exemplo da aplicação da metodologia de agregação das áreas mais suscetíveis à ocorrência de AIV.....	97
Figura 40 - Fluxograma metodológico do processo para a obtenção das áreas a integrar a REN	97
Figura 41 - Proposta de delimitação da tipologia “áreas de instabilidade de vertentes” discriminada por componentes.	98
Figura 42 - Sobreposição de Espaço Habitacional e Área de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo, originando o polígono de Exclusão (E) - exemplo polígono.....	103
Figura 43 - REN com as diferentes tipologias consideradas.....	110
Figura 44 - Proposta final de áreas a integrar na REN	111
Figura A. 1 - Leitos normais dos cursos de água que drenam bacias hidrográficas com área igual ou superior a 3,5km ² (Fonte: APA/ARHT)	114
Figura A. 2 - Ajustes efetuados aos cursos de água associados ao critério B.....	115
Figura A. 3 - Pequenos aproveitamentos hídricos associados aos cursos de água a integrar na REN	116
Figura A. 4 - Fluxograma metodológico para a delimitação da tipologia “cursos de água e respetivos leitos e margens”	125
Figura A. 5 - Albufeira da Barragem do Carril (leito, margem e faixa de proteção).....	126
Figura A. 6 - Albufeira de Castelo do Bode (leito, margem e faixa de proteção).....	127
Figura A. 7 - Fluxograma metodológico para a delimitação da tipologia “albufeiras que contribuam para a conectividade e coerência ecológica da REN, bem como os respetivos leitos, margens e faixas de proteção”	128
Figura A. 8 - Definição dos limites dos parâmetros para que se possa considerar uma área de infiltração máxima (valores considerados na aplicação apresentada) e valores respetivos atribuídos a cada parâmetro para cálculo do índice de facilidade de infiltração (IFI)	130
Figura A. 9 - Carta do Tipo Hídrico de Solo (TS)	131
Figura A. 10 - Carta de Declives (T)	132
Figura A. 11 - Carta do valor atribuído às classes de declives.....	133
Figura A. 12 - Carta geológica.....	134

Figura A. 13 - Carta do cálculo do Índice de facilidade de Infiltração adaptado (IFla).....	135
Figura A. 14 - Carta das áreas estratégicas de proteção e recarga de aquíferos, IFla \geq 17 (sem generalização cartográfica).....	136
Figura A. 15 - Carta das áreas estratégicas de proteção e recarga de aquíferos, IFla \geq 17 (pós generalização cartográfica – áreas superiores a 2ha)	137
Figura A. 16 - Carta das formações cársicas presentes no Concelho de Tomar	138
Figura A. 17 - Carta das zonas aluvionares do rio Nabão e da ribeira de Beselga	139
Figura A. 18 - Carta dos aquíferos mais importantes presentes no Concelho de Tomar segundo Lobo-Ferreira <i>et al.</i> (1995)	140
Figura A. 19 - Cartografia hidrogeológica considerada no processo de inclusão e exclusão de áreas sobre o mapa IFla	141
Figura A. 20 - Fluxograma metodológico para a delimitação das áreas estratégicas de proteção e recarga de aquíferos	142
Figura A. 21 - Diferentes níveis de perigosidade na área da cidade associada ao PGRI.....	143
Figura A. 22 - Resultados dos Estudos Hidráulicos e Hidrológicos que abrangem o rio Nabão.....	144
Figura A. 23 - Registos de cheias indicadas cartograficamente pelas Juntas de Freguesia (Além da Ribeira, Alviobeira, Beselga, Casais, Madalena, Paialvo, Pedreira, Sabacheira Santa Maria dos Olivais e São João Baptista).....	145
Figura A. 24 - Registos fotográficos referentes ao trabalho de campo realizado a 23 e 30 de janeiro de 2018.....	153
Figura A. 25 - Fluxograma metodológico para a delimitação das zonas ameaçadas pelas cheias.....	171
Figura A. 26 - Mapa de Declives	175
Figura A. 27 - Mapa do Coeficiente m.....	176
Figura A. 28 - Mapa do Comprimento do Desnível	177
Figura A. 29 - Mapa do Fator Topográfico.....	178
Figura A. 30 - Mapa do Fator K.....	179
Figura A. 31 - Mapa do Fator R.....	180
Figura A. 32 - Fluxograma metodológico para o cálculo da erosão potencial do solo (A)	181
Figura A. 33 - Processo de generalização das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo – PORMENOR 1.....	182
Figura A. 34 - Processo de generalização das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo – PORMENOR 2.....	183
Figura A. 35 - Processo de generalização das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo – PORMENOR 3.....	184
Figura A. 36 - Processo de generalização das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo – PORMENOR 4.....	185
Figura A. 37 - Processo de generalização das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo – PORMENOR 5.....	186
Figura A. 38 - Processo de generalização das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo – PORMENOR 6.....	187
Figura A. 39 - Processo de generalização das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo – PORMENOR 7.....	188
Figura A. 40 - Movimentos de vertente no concelho de Tomar.....	191
Figura A. 41 - Mapa de suscetibilidade a movimentos de vertente não-classificado	192
Figura A. 42 - Fluxograma metodológico para a determinação das “áreas de instabilidade de vertentes” associado aos movimentos de vertente	193
Figura A. 43 - Escarpas naturais – Área em pormenor	194
Figura A. 44 - Escarpas naturais com área superior a 100m ² – Área em pormenor	195
Figura A. 45 - Escarpas naturais com área superior a 200m ² – Área em pormenor	196
Figura A. 46 - Escarpas naturais e respetivas faixas de proteção – Área em pormenor	197
Figura A. 47 - Território abrangido por 70% das áreas mais suscetíveis à ocorrência de movimentos de vertente ..	198

Índice de Quadros

Quadro 1 - Tipologias de áreas a integrar na REN no concelho de Tomar.....	11
Quadro 2 - Bacias hidrográficas do concelho associadas aos troços de linhas de água geocodificadas de nível 4.....	18
Quadro 3 - Caudais de ponta de cheia adotados	44
Quadro 4 - Cotas de referência recolhidas através de trabalho de campo a 23 e 30 de janeiro de 2018.....	50
Quadro 5 - Tipos de movimentos de vertentes (Cruden e Varnes, 1996 in Eckelmann <i>et al.</i> , 2006:52).....	69
Quadro 6 - Fontes de Informação cartográfica para a obtenção dos fatores de predisposição.....	76
Quadro 7 - Frequências absolutas e relativas das classes de declives no concelho de Tomar	77
Quadro 8 - Frequências absolutas e relativas das classes da exposição das vertentes no concelho de Tomar.....	79
Quadro 9 - Frequências absolutas e relativas das classes do perfil transversal das vertentes no concelho de Tomar.	81
Quadro 10 - Frequências absolutas e relativas das classes das unidades litológicas do concelho de Tomar.....	84
Quadro 11 - Frequências absolutas e relativas das classes dos tipos de solos no concelho de Tomar.....	86
Quadro 12 - Frequências absolutas e relativas das classes do uso do solo no concelho de Tomar.....	87
Quadro 13 - Valor Informativo obtido para cada classe de cada fator de predisposição	88
Quadro 14 - Classes de suscetibilidade e respetiva área abrangida do concelho de Tomar	93
Quadro 15 - Categorias de Solo compatíveis com a Reserva Ecológica Nacional.....	99
Quadro 16 - Categorias de Solo analisadas no processo de proposta de exclusões.....	100
Quadro 17 - Incidência dos pedidos de exclusão de acordo com a tipologia da REN.....	101
Quadro 18 - Descrição dos atributos das <i>shapefiles</i> relativas às exclusões (tipo C e E) à REN.....	104
Quadro 19 - Resumo quantitativo da proposta de exclusões (C) e (E)	104
Quadro 20 - Síntese da proposta de exclusões (C) e (E)	106
Quadro 21 - Tipologias da Reserva Ecológica Nacional	109
Quadro A. 1 - Dados geográficos base adquiridos para a delimitação da REN	113
Quadro A. 2 - Identificação dos cursos de água associados aos Critérios A e B, integrados na tipologia Cursos de Água e Respetivos Leitos e Margens	117
Quadro A. 3 - Identificação dos cursos de água apenas associados ao Critério A, integrados na tipologia Cursos de Água e Respetivos Leitos e Margens.....	118
Quadro A. 4 - Identificação dos cursos de água apenas associados ao Critério B, integrados na tipologia Cursos de Água e Respetivos Leitos e Margens.....	119
Quadro A. 5 - Caracterização do Tipo Hídrico de Solo (TS) em função da legenda da Carta dos Solos de Portugal (Solo) às escalas 1/25000 e 1/50000	129
Quadro A. 6 - Divisão de parâmetros em classes e valor a atribuir a cada classe	130
Quadro A. 7 - Área central da cidade e aglomerados periurbanos associados a leitos de cheia por critério.....	172
Quadro A. 8 - Aglomerados urbanos associados a leitos de cheia por critério	172
Quadro A. 9 - Aglomerados rurais associados a leitos de cheia por critério	173
Quadro A. 10 - Erodibilidade por classe de solo (Fator K em SI)	174
Quadro A. 11 - Descrição geológica e litológica do concelho de Tomar associada a instabilidades de vertentes.....	189
Quadro A. 12 - Correspondência entre as unidades geológicas da legenda da carta geológica de Portugal e as classes litológicas.....	190

1. Introdução

Desde a sua criação em 1983, a Reserva Ecológica Nacional (REN) visa salvaguardar no território a “*estrutura biofísica básica (...) indispensável ao enquadramento equilibrado das atividades humanas*” (Decreto-Lei n.º 93/1990, de 19 de março). Em continuidade, no geral, com os diplomas anteriores, o mais recente regime da REN, constituído pelo Decreto-Lei n.º 166/2008, de 22 de agosto, na sua versão mais recente,

decorrentes das alterações introduzidas pelo Decreto-Lei n.º 124/2019, de 28 de agosto, estabelece que¹:

1 — A REN é uma estrutura biofísica que integra o conjunto das áreas que pela sensibilidade, função e valor ecológicos ou pela exposição e suscetibilidade perante riscos naturais, são objeto de proteção especial.

2 — A REN é uma restrição de utilidade pública, à qual se aplica um regime territorial especial que estabelece um conjunto de condicionamentos à ocupação, uso e transformação do solo, identificando os usos e as ações compatíveis com os objetivos desse regime nos vários tipos de áreas.

3 — A REN visa contribuir para a ocupação e o uso sustentáveis do território e tem por objetivos:

a) 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;

b) Prevenir e reduzir os efeitos da degradação das áreas estratégicas de infiltração e de recarga de aquíferos, dos riscos de inundações marítimas, 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;

c) Contribuir para a conectividade e a coerência ecológica da Rede Fundamental de Conservação da Natureza;

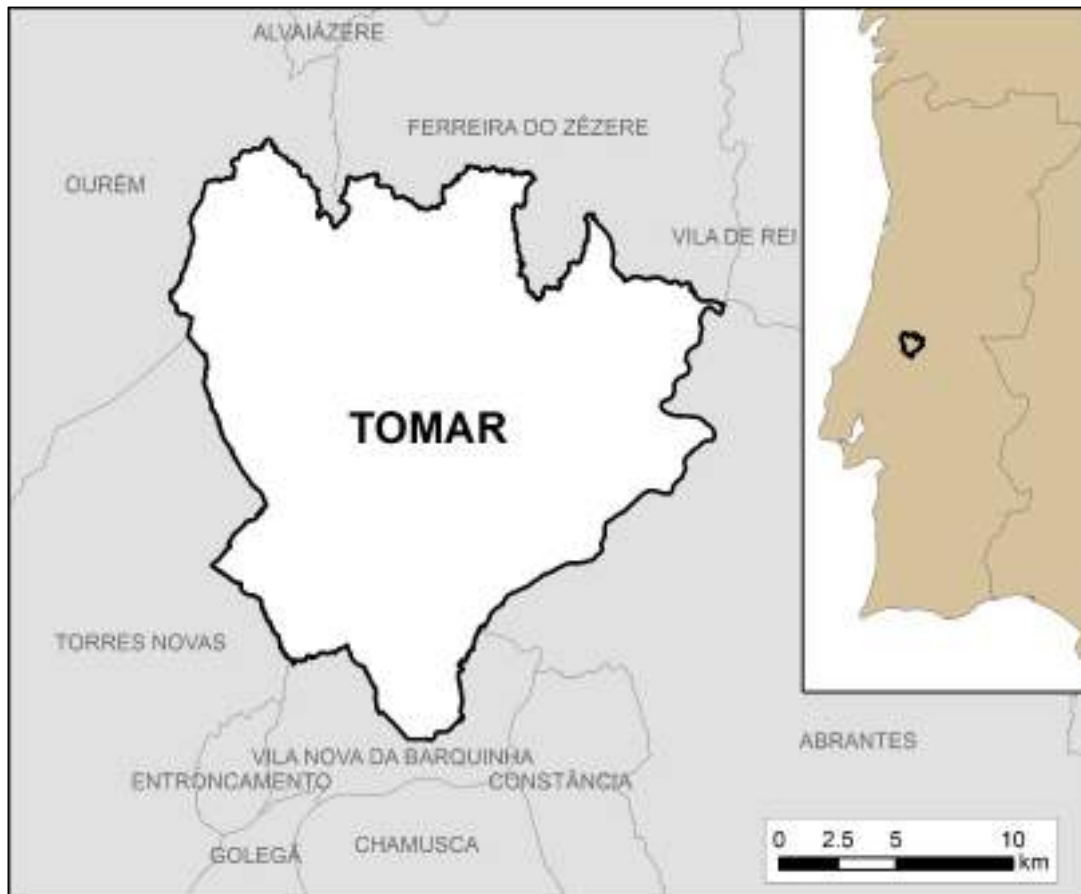
d) Contribuir para a concretização, a nível nacional, das prioridades da Agenda Territorial da União Europeia nos domínios ecológico e da gestão transeuropeia de riscos naturais.

A proposta aqui apresentada teve início em 2009 e coincide com um período no qual se verificaram sucessivas alterações ao Regime Jurídico da REN. Informado inicialmente pelo regime jurídico de 2008, à medida que os trabalhos progrediram, em condordância com as instituições com competência neste domínio, foram efetuadas adaptações operacionais à medida que decorriam as sucessivas alterações legislativas e as respetivas orientações técnicas, garantindo-se a sua coerência com a legislação em vigor, tendo em contas as exceções nela previstas.

¹ Artigo 2.º do Decreto-Lei n.º 124/2019, de 28 de agosto.

Neste contexto, o presente documento tem como objetivo constituir a memória descritiva e justificativa da proposta de delimitação da Reserva Ecológica Nacional para a área geográfica do concelho de Tomar (Figura 1).

Figura 1 - Localização do concelho de Tomar



1.1 Tipologias de áreas consideradas

Na prossecução dos objetivos em vigor são consideradas, no regime jurídico da REN, três classes de áreas: (a) "Áreas de proteção do litoral", (b) "Áreas relevantes para a sustentabilidade do ciclo hidrológico terrestre", e (c) "Áreas de prevenção de riscos naturais".

No Quadro 1 apresentam-se as tipologias dentro de cada categoria de área presentes no concelho de Tomar, tendo em consideração o seu enquadramento geográfico e as suas características biofísicas

Quadro 1 - Tipologias de áreas a integrar na REN no concelho de Tomar

Áreas integradas em REN	Tipologias
Áreas relevantes para a sustentabilidade do ciclo hidrológico terrestre	Cursos de água e respetivos leitos e margens
	Albufeiras que contribuam para a conectividade e coerência ecológica da REN, com os respetivos leitos, margens e faixas de proteção
	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

1.2 Aspetos metodológicos

Conforme referido anteriormente os procedimentos metodológicos utilizados para a delimitação das diversas tipologias de áreas a integrar na REN refletem a legislação aplicável, e as orientações e a parecer subsequentes emitidos pela CCDR-LVT e pela APA.

A aplicação destes critérios foi operacionalizada recorrendo à informação disponibilizada pelas respetivas entidades oficiais para o concelho de Tomar, conforme a lista apresentada no Quadro A. 1 do Anexo I. No sentido de tornar a aplicação dos critérios mais transparente e objetiva preferiram-se delimitações sistemáticas, em detrimento de delimitações casuísticas. Isto é, mesmo quando num caso em particular parecia mais adequada a diferenciação dos parâmetros utilizados para a aplicação de um dado critério, foi dada prioridade à adaptação geral dos parâmetros a toda a área do concelho.

A operacionalização desta abordagem metodológica beneficiou da utilização de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) tirando partido das suas capacidades de realização de operações de análise espacial, modelação geográfica e automatização dos critérios de delimitação definidos e respetiva parametrização. Deste modo, em benefício da transparência, da replicabilidade, e conseqüentemente, da consistência e precisão dos resultados, o presente relatório apresenta para cada tipologia de área, sempre que complexidade o justifica, o respetivo fluxograma dos procedimentos de delimitação, conforme delineados em ambiente ArcGIS 10.3.1 (ESRI).

A escala adotada na modelação espacial influencia diretamente os resultados e conteúdos da informação produzida. A modelação no contexto deste trabalho é realizada para a escala 1/25.000. Foi adquirida toda a informação relevante nos respetivos produtores oficiais (Quadro A. 1 **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** – Anexo I) para a área geográfica do Concelho de Tomar que se inscreve nas folhas número 299, 300, 309, 310, 311, 320, 321 e 330 da Carta Militar de Portugal. A cartografia base decorre da cartografia 10K de 2015, homologada pela DGT. Toda a cartografia final é representada no sistema global de referência PT-TM06/ETRS89.

Considerando que a unidade mínima cartográfica para a escala 1/25.000 é de 1 ha, sempre que a delimitação geográfica das tipologias originava áreas (ou vazios) de dimensão inferior a 1 ha, estas foram sujeitas a um processo de generalização, com exceção da tipologia “áreas de instabilidade de vertentes” que de acordo com as orientações da CCDR-LVT, se deverá considerar a delimitação das áreas a partir de 0,5 ha.

2. Cursos de água e respetivos leitos e margens

Face ao disposto nos pareceres emitidos pela CCDR-LVT, optou-se por aplicar, na presente delimitação, os critérios de delimitação dos “cursos de água e respetivo leitos e margens” de acordo com as Orientações Estratégicas de Âmbito Nacional e Regional.

2.1 Definições e conceitos base

A legislação em vigor define que 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 aluvial². Relativamente às “margens”, estas 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 fluviais³.

2.2 Objetivos de proteção

A tipologia de área “cursos de água e respetivos leitos e margens” inclui-se na classe de “áreas relevantes para a sustentabilidade do ciclo hidrológico terrestre”, e tem como funções⁴:

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

2.3 Critérios de delimitação

Os “cursos de água e respetivos leitos e margem” a integrar na REN são identificados com base nos critérios definidos no Ponto 2.1 da Secção III das Orientações Estratégicas de Âmbito Nacional e Regional para a delimitação da REN:

- Leitos normais dos cursos de água que drenam bacias hidrográficas com área igual ou superior a 3,5 km²;
- Cursos de água associados a zonas ameaçadas pelas cheias;

² N.º 1 da alínea a) da Secção II do Anexo I do Decreto-Lei n.º 239/2012 de 2 de novembro.

³ N.º 2 da alínea a) da Secção II do Anexo I do Decreto-Lei n.º 239/2012 de 2 de novembro.

⁴ N.º 4 da alínea a) da Secção II do Anexo I do Decreto-Lei n.º 239/2012 de 2 de novembro.

- Outros cursos de água considerados importantes para o regime hídrico e com relevante interesse ecológico, como é o caso de linhas de água cuja nascente se localiza em formações cárcicas, já que o respetivo regime de caudais pode ser superior ao que a delimitação da bacia superficial deixa antever.

De referir ainda que a delimitação da largura da margem deve observar o disposto na Lei da Água⁵ sendo que para cursos de água navegáveis e fluviáveis sujeitas à jurisdição das autoridades marítimas ou portuárias, a largura é de 50 metros, para as restantes águas navegáveis ou fluviáveis, a largura é de 30 metros, e para cursos de água não navegáveis nem fluviáveis, nomeadamente barrancos e córregos de caudal descontínuo, a largura é de 10 metros.

As Orientações Estratégicas de Âmbito Nacional e Regional definem ainda que os cursos de água (ou troços significativos) cujo escoamento não se processe a céu aberto, quando localizados em áreas urbanas consolidadas onde manifestamente não existam condições de renaturalização, não são integrados na REN.

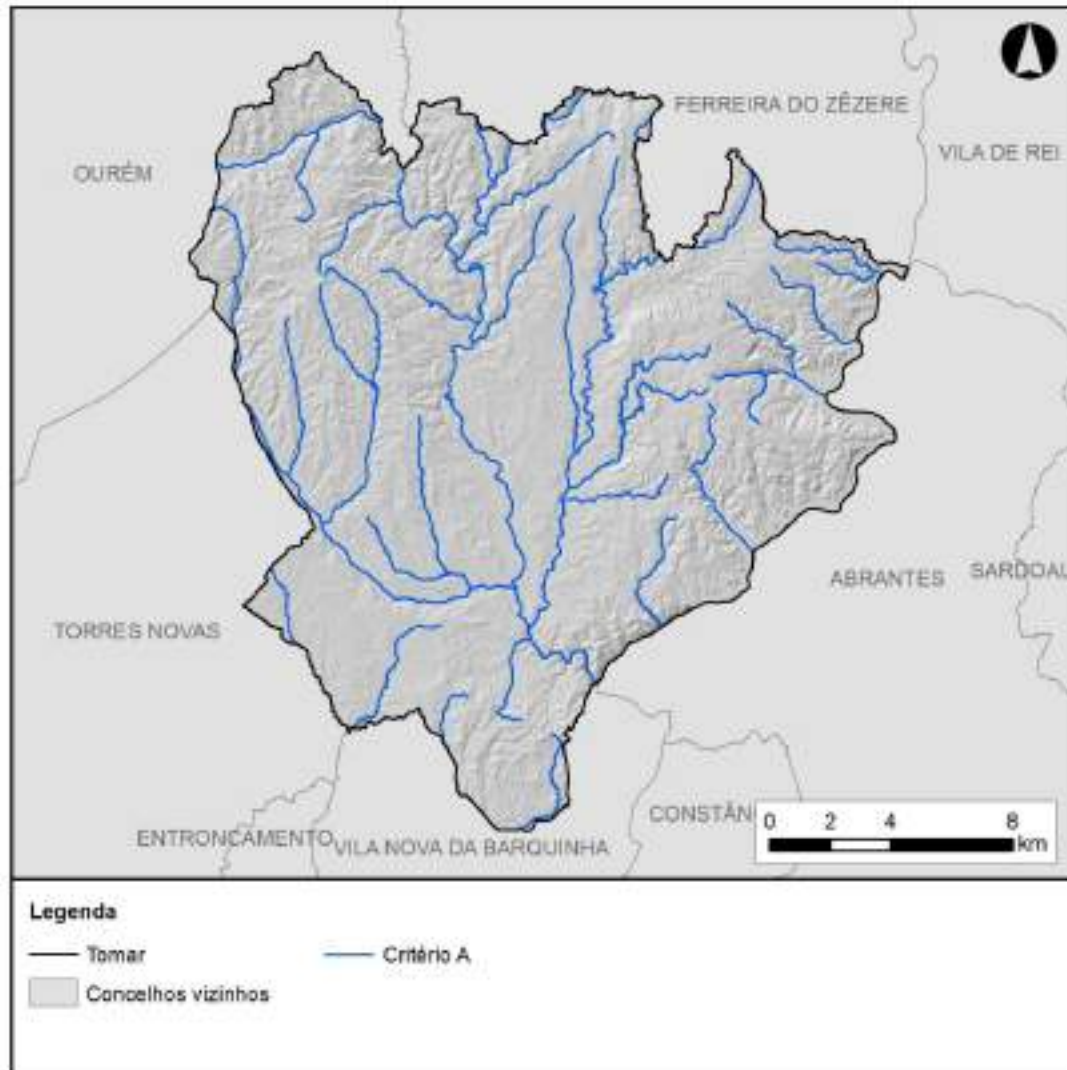
2.4 Aplicação dos critérios ao concelho de Tomar

2.4.1 Critério A - Leitos normais dos cursos de água que drenam bacias hidrográficas com um valor igual ou superior a 3,5 km²

A delimitação dos leitos normais dos cursos de água que drenam bacias hidrográficas com área igual ou superior a 3,5 km² (Critério A), conforme estabelecido pelas Orientações Estratégicas de Âmbito Nacional e Regional para a delimitação da REN, tem como informação base um ficheiro vetorial (*shapefile*) fornecido pela APA (RIOS_350HA_ARHT) (Figura A. 1 – Anexo II). A informação cartográfica presente neste ficheiro sofreu uma transposição de escala (1/25.000 para 1/10.000), de forma a proceder-se à marcação dos cursos de água a integrar na REN com maior rigor e exatidão espacial. Neste sentido, foi utilizada a informação espacial dos cursos de água da cartografia 10K homologada (2015) e a informação hidrográfica da *shapefile* fornecida pela APA. Os cursos de água foram verificados e delimitados em toda a sua extensão (da cabeceira até à foz) de acordo com a sua visibilidade e traçado no território, recorrendo à interpretação dos ortofotomapas (e.g. presença de valas e sulcos no terreno, aspeto da vegetação e erosão hídrica do solo visível no território) e da altimetria da cartografia 10K (curvas de nível com 5 metros de equidistância). Os cursos de água integrados na albufeira de Castelo do Bode (de acordo com a *shapefile* fornecida pela APA) foram igualmente representados em toda a sua extensão (até à cabeceira).

Na figura seguinte (Figura 2) apresenta-se o resultado da delimitação segundo o critério A.

⁵ N.º 3 da alínea a) da Secção II do Anexo I do Decreto-Lei n.º 239/2012 de 2 de novembro.

Figura 2 - Cursos de água que drenam bacias hidrográficas com área igual ou superior a 3,5 km² (Critério A)

2.4.2 Critério B - Cursos de água associados a zonas ameaçadas pelas cheias

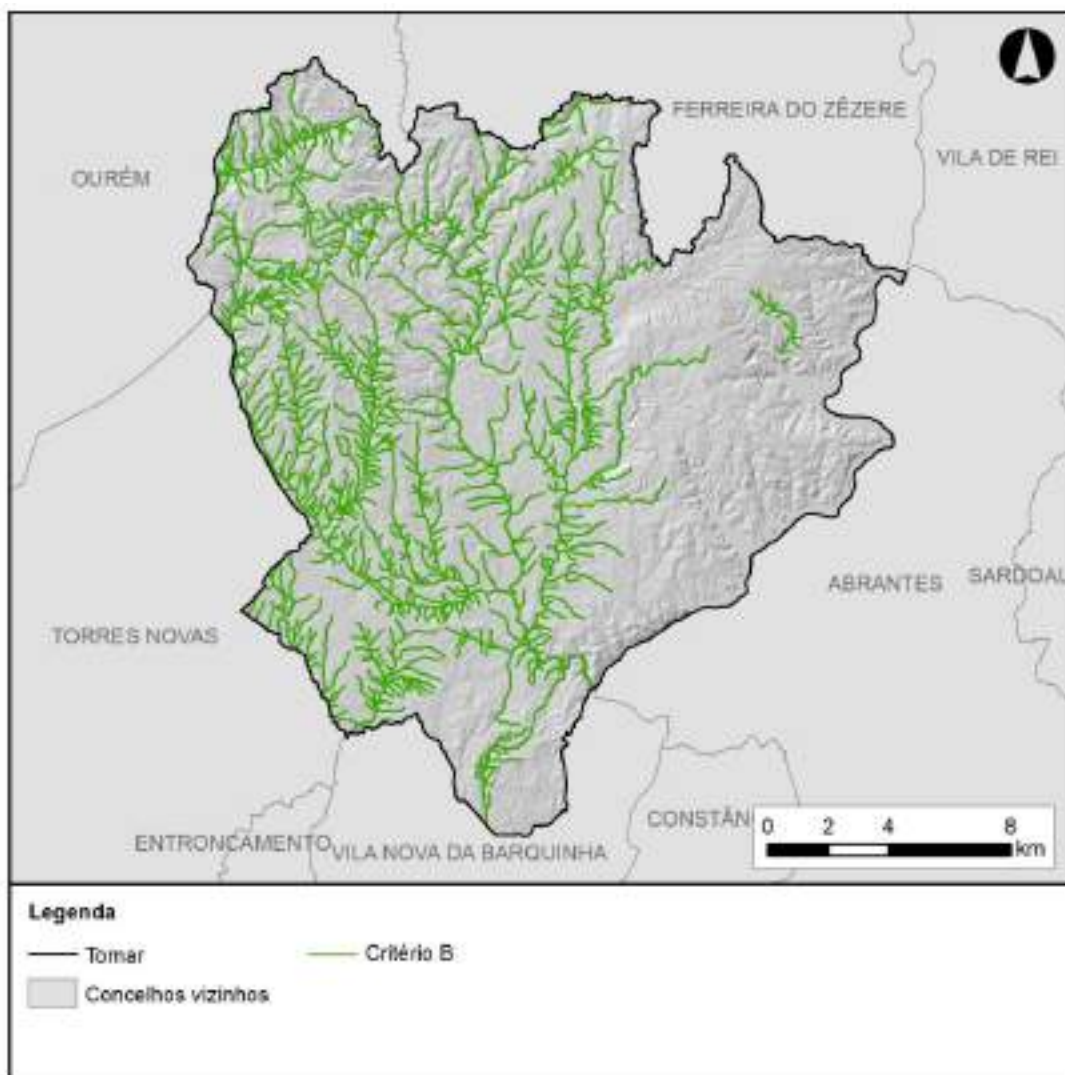
A delimitação dos cursos de água associados a zonas ameaçadas pelas cheias (Critério B), segundo as Orientações Estratégicas de Âmbito Nacional e Regional para a Delimitação da REN, fez-se através da identificação dos cursos de água que se encontram associados à delimitação da tipologia de área “zonas ameaçadas pelas cheias” (ZAC), apresentada no capítulo 5. Para este caso, considerou-se como cursos de água a integrar na REN, os cursos superiores a 250 metros de extensão total que drenam diretamente para uma ZAC, ou seja, os cursos que têm o troço sobreposto a uma área definida como ZAC e que poderão ser relevantes em situações de cheias associadas a episódios de precipitação intensa no que respeita a situações de risco para pessoas e bens.

Os cursos de água foram verificados e delimitados em toda a sua extensão (da cabeceira até à foz) de acordo com a sua existência e traçado no território, tendo como fonte de informação de análise três conjuntos de ortofotomapas de diferentes datas: 2007, 2010 e 2012. No decorrer deste procedimento foi necessário eliminar troços de cursos de água cujo traçado não é visível no território e corrigir o traçado dos cursos de água que estão claramente em desacordo com

os ortofotomapas analisados (Figura A. 2 – Anexo II). Este procedimento baseou-se na altimetria da cartografia 10K (curvas de nível com 5 metros de equidistância) e na interpretação dos ortofotomapas, no que diz respeito à presença de valas e sulcos no terreno, aspeto da vegetação e erosão hídrica do solo visível no território. Adicionalmente, e de forma a segurar a conectividade hidráulica, nos cursos de água incluíram-se ínsuas, mouchões, lodeiros e areais formados por deposição aluvial nos leitos dos cursos de água, e albufeiras dos pequenos aproveitamentos hídricos que não integram a tipologia “albufeiras” (Figura A. 3 – Anexo II).

Assim, todos os cursos de água identificados encontram-se associados a pelo menos um dos critérios (Critérios A ou B), são visíveis nas imagens analisadas e apresentam continuidade no traçado representado. Na figura seguinte (Figura 3) apresenta-se o resultado da delimitação segundo o critério B.

Figura 3 - Cursos de água associados a zonas ameaçadas pelas cheias (Critério B)

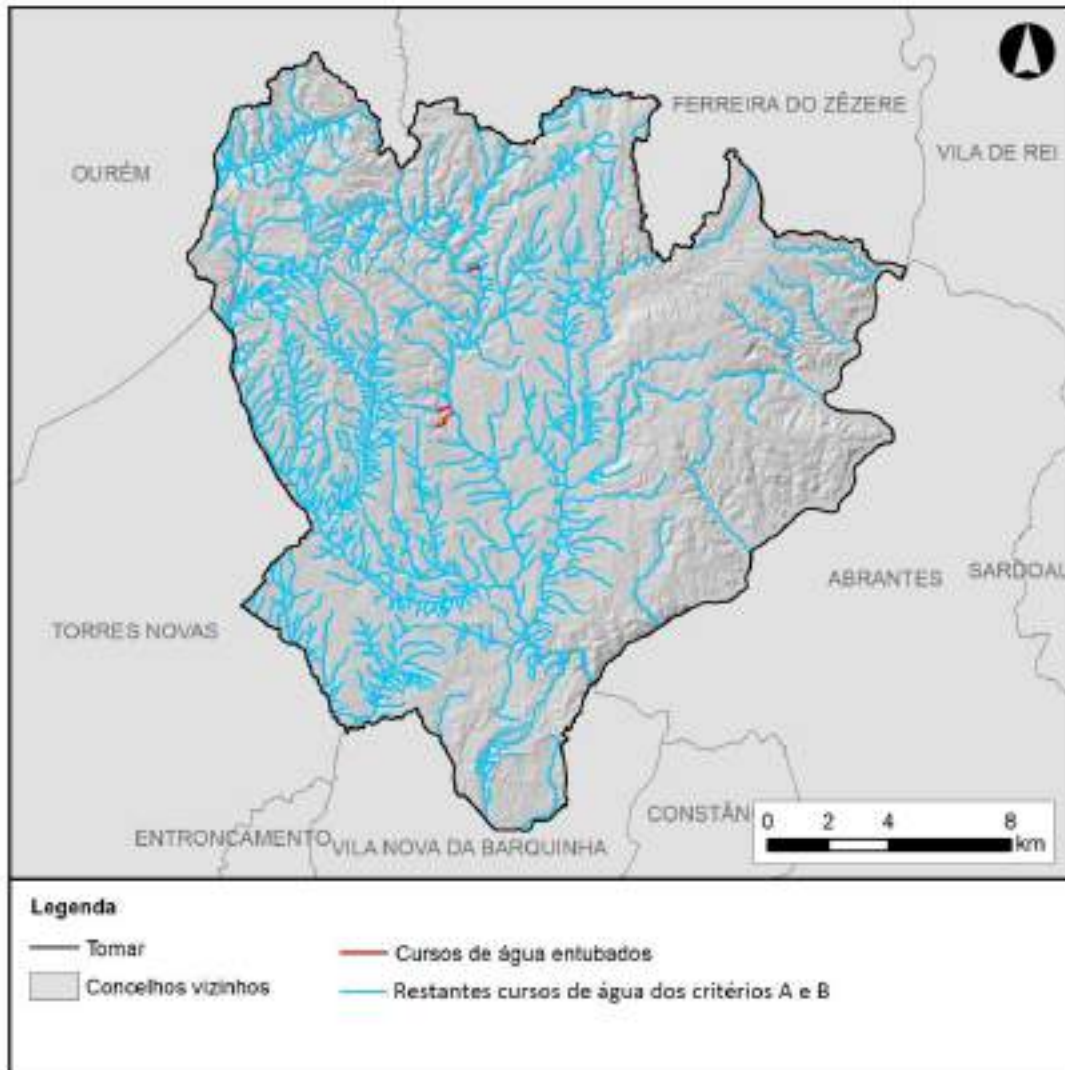


2.4.3 Cursos de água entubados

Após a identificação dos cursos de água que se enquadram nos Critérios A e B, foram identificados os cursos de água entubados através de uma análise apoiada em ortofotomapas e no conhecimento da equipa técnica sobre o terreno.

Na Figura 4 apresentam-se os cursos de água (troços significativos) identificados segundo os critérios A e B cujo escoamento não se processa a céu aberto e localizados em áreas urbanas consolidadas, onde manifestamente não existam condições de renaturalização, pelo que, segundo as Orientações Estratégicas de Âmbito Nacional e Regional para a Delimitação da REN, não são integrados na REN. Neste contexto foram identificados 4 troços que não foram considerados a integrar a REN.

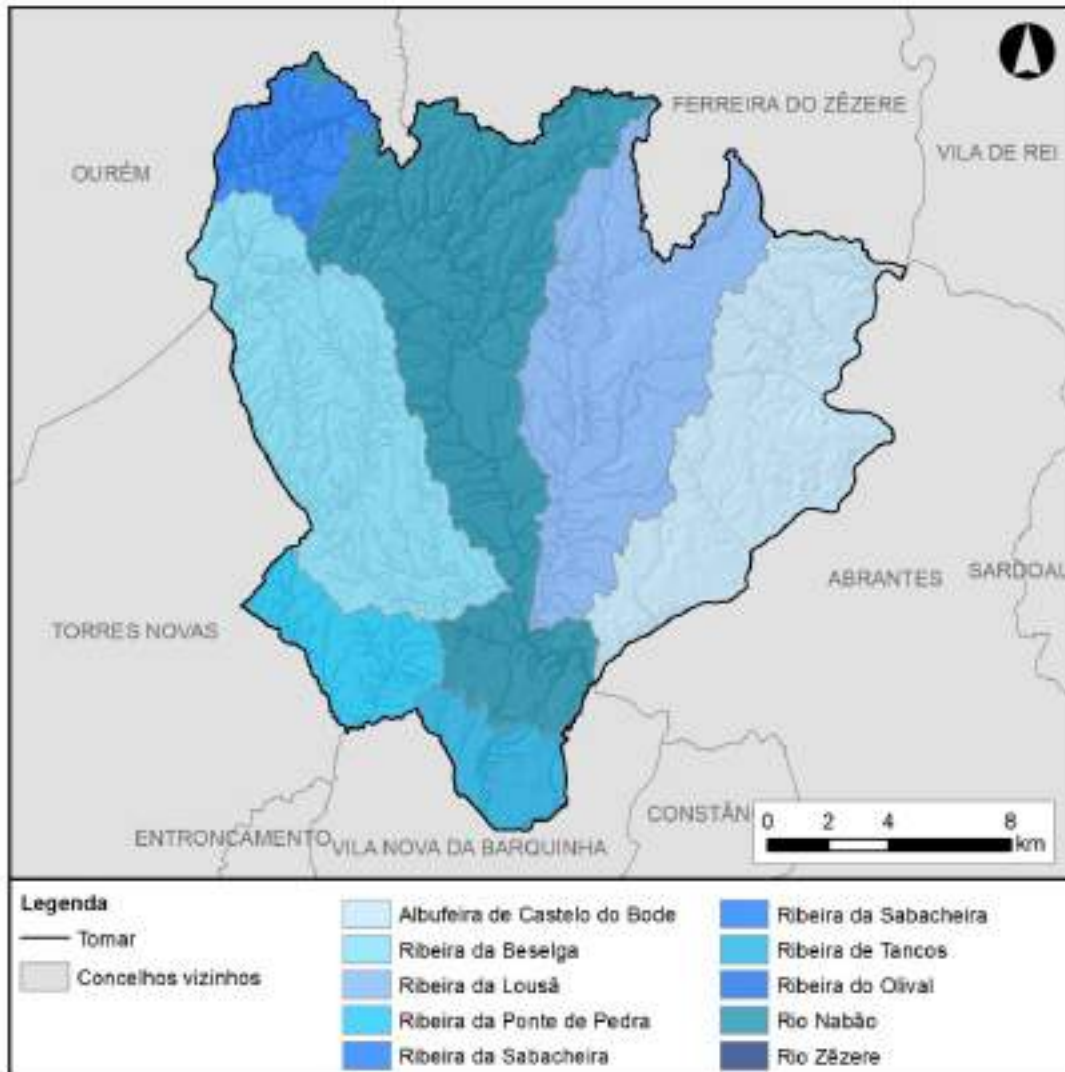
Figura 4 - Cursos de água entubados que não devem integrar a REN



2.4.4 Delimitação das margens dos cursos de água a integrar na REN

Através dos Critérios A e B identificaram-se os cursos de água a integrar na REN (Quadro A. 2, Quadro A. 3, Quadro A. 4 – Anexo II), integrados nas 8 bacias hidrográficas associadas aos troços de linhas de água geocodificadas de nível 4 (Figura 5, Quadro 2).

Figura 5 - Bacias hidrográficas do concelho associadas aos troços de linhas de água geocodificadas de nível 4



Quadro 2 - Bacias hidrográficas do concelho associadas aos troços de linhas de água geocodificadas de nível 4

Bacias Hidrográficas	Área da classe (ha)	Área do concelho (%)
Rio Zêzere	9,2	0,03
Rio Nabão	9757,3	27,78
Ribeira de Tancos	1363,4	3,88
Ribeira da Ponte de Pedra	1876,6	5,34
Ribeira da Beselga	6986,4	19,89
Ribeira da Lousã	7018,6	19,98
Ribeira da Sabacheira	1702,8	4,85
Ribeira do Olival	3,7	0,01
Albufeira de Castelo do Bode	6402,4	18,23

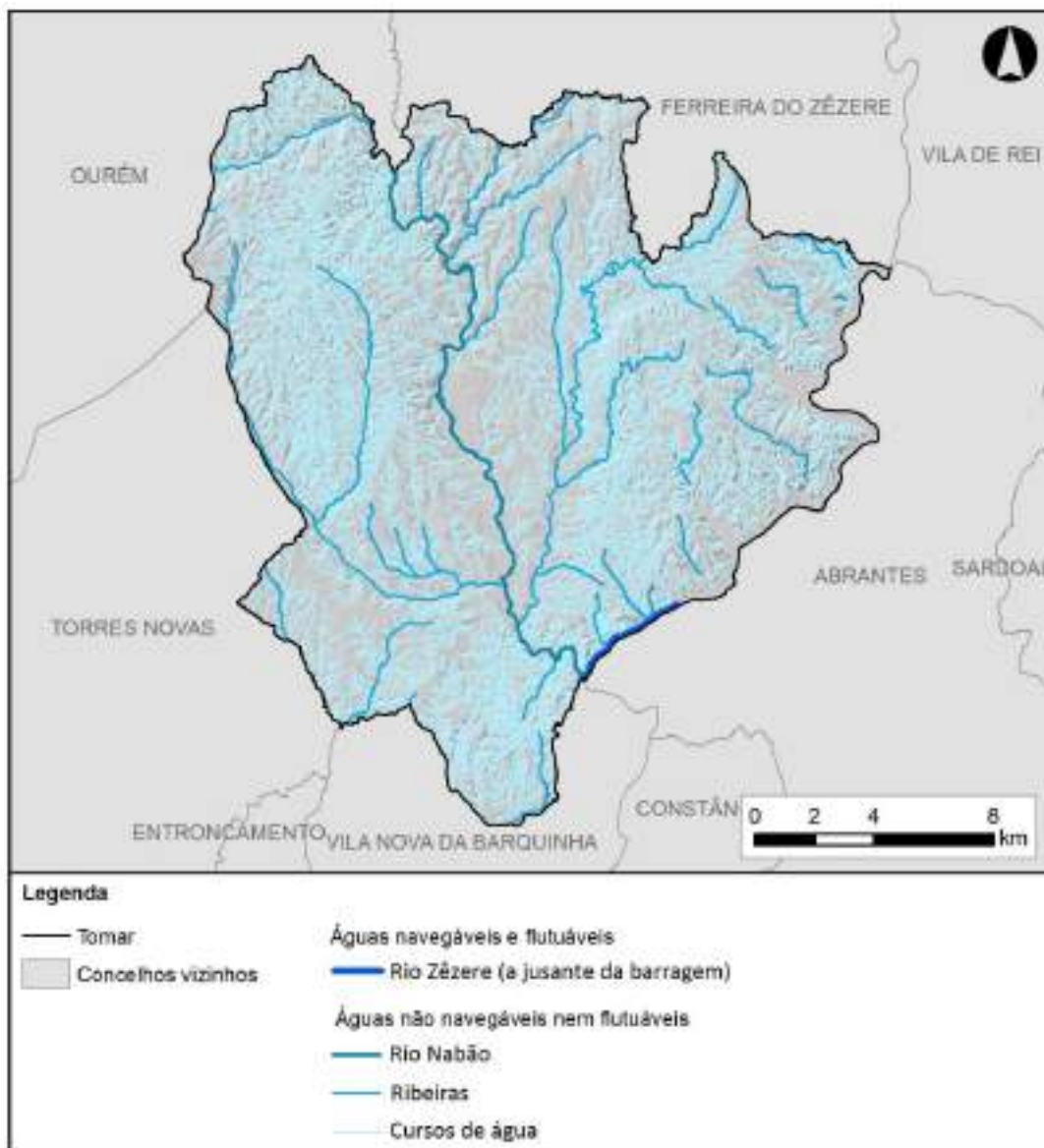
Atendendo ao disposto na Lei da Água⁶ e na Lei da Titularidade dos Recursos Hídricos⁷, foram delimitadas as margens dos cursos de água selecionados a integrar na REN no concelho de Tomar. A largura das margens para cursos de água navegáveis e flutuáveis sem jurisdição das autoridades marítimas ou portuárias e para cursos de água não navegáveis nem flutuáveis foi estabelecida em 30 metros e 10 metros, respetivamente. A delimitação da margem dos aproveitamentos hídricos seguiu o mesmo critério.

Na Figura 6 encontram-se identificadas as diferentes tipologias de cursos de águas para o concelho de Tomar: águas navegáveis e flutuáveis sem jurisdição das autoridades marítimas ou portuárias, e águas não navegáveis nem flutuáveis (rio Nabão, ribeiras e restantes cursos de água). A classificação hidrológica foi extraída de informação geográfica adquirida à APA, e posteriormente transposta para a hidrografia identificada na cartografia 10k (2015). Segundo o último parecer da CCDR-LVT, apenas o rio Zêzere (a jusante da barragem) deve ser considerado como águas flutuáveis e navegáveis sem jurisdição.

⁶ Lei n.º58/2008, de 29 de dezembro.

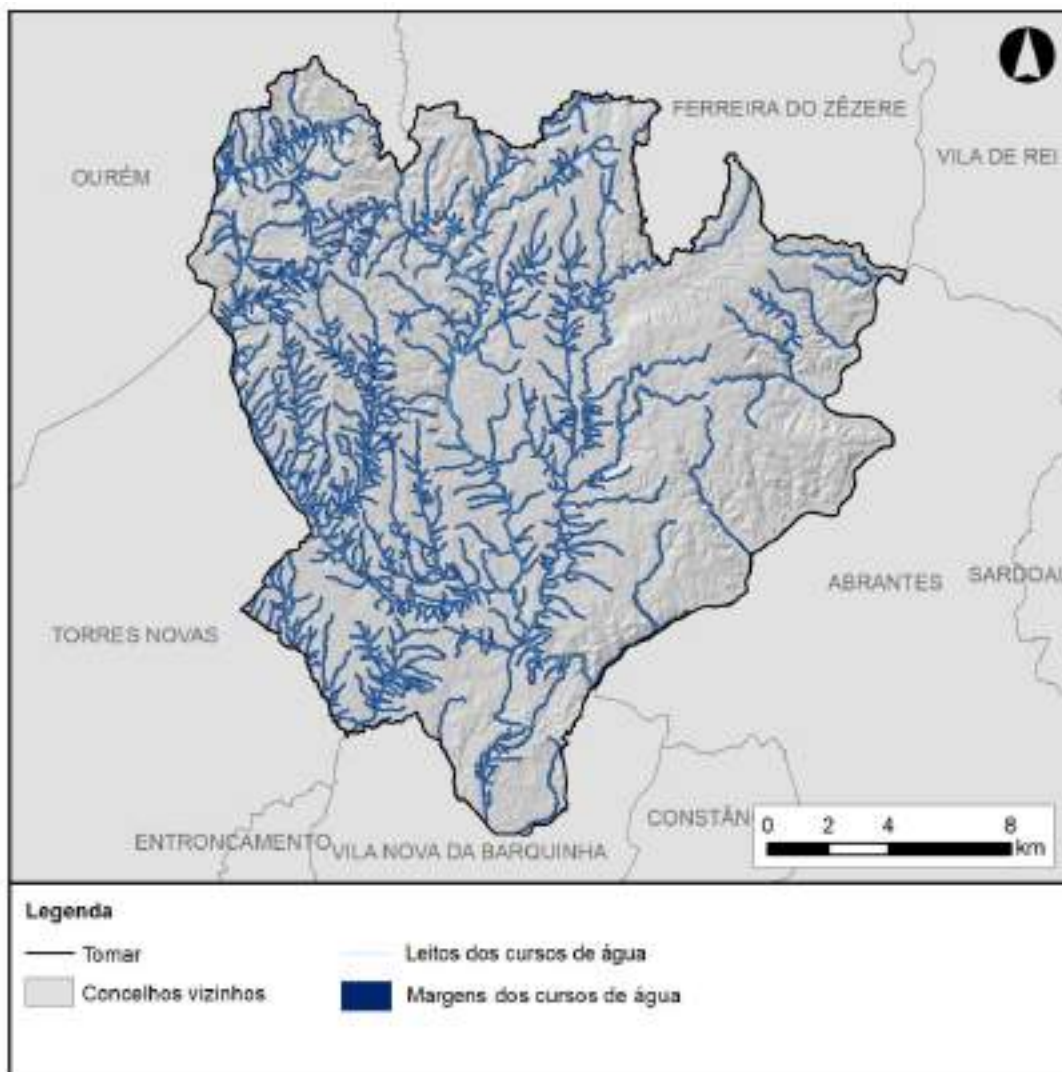
⁷ Lei n.º54/2005, de 15 de novembro.

Figura 6 - Cursos de água navegáveis e fluviáveis e cursos de água não fluviáveis nem fluviáveis



A delimitação das margens foi efetuada de forma automática recorrendo a uma operação de vizinhança denominada de *Buffer Distance Analysis* no ArcGIS. Na Figura 7 apresenta-se o resultado da aplicação dos critérios anteriormente enunciados, tendo em conta que um curso de água pode ser abrangido por mais do que um critério. As áreas identificadas na presente tipologia da REN correspondem a uma área total de 1517,2 ha, cerca de 4,3% da área total do concelho. Na Figura A. 4 (Anexo II) encontram-se esquematizados os procedimentos para a delimitação da presente tipologia da REN.

Figura 7 - Proposta de delimitação da tipologia “cursos de água e respetivos leitos e margens”



3. Albufeiras que contribuem para a conectividade e coerência ecológica da REN, bem como os respetivos leitos, margens e faixas de proteção

No que diz respeito a esta tipologia, o parecer emitido em 2012 pela CCDR-LVT refere que à delimitação da REN devem-se aplicar, na área afeta à área de intervenção do Plano de Ordenamento da Albufeira de Castelo do Bode (POACB), os mesmos critérios e metodologias que aplicados na restante área do concelho.

Desta forma, apresenta-se, de seguida, a delimitação da tipologia “albufeiras que contribuem para a conectividade e coerência ecológica da REN, bem como os respetivos leitos, margens e faixas de proteção” de acordo com as Orientações Estratégicas de Âmbito Nacional e Regional.

3.1 Definições e conceitos base

Segundo a legislação em vigor, a albufeira “corresponde à totalidade do volume de água retido pela barragem, em cada momento, cuja cota altimétrica máxima iguala o nível pleno de armazenamento, incluindo o respetivo leito, correspondendo as respetivas margens e faixas de proteção às áreas envolventes ao plano de água que asseguram a dinâmica dos processos físicos e biológicos associados à interface terra-água, incluindo as praias fluviais.”⁸. Incluem-se na REN todas as albufeiras que estejam classificadas como de águas públicas de serviço público, nos termos da Portaria n.º 522/2009, de 15 de maio, na redação atual, e as que tenham uma capacidade superior ou igual a 100.000 m³, sendo os pequenos aproveitamentos hídricos, com capacidade inferior, considerados cursos de água⁹.

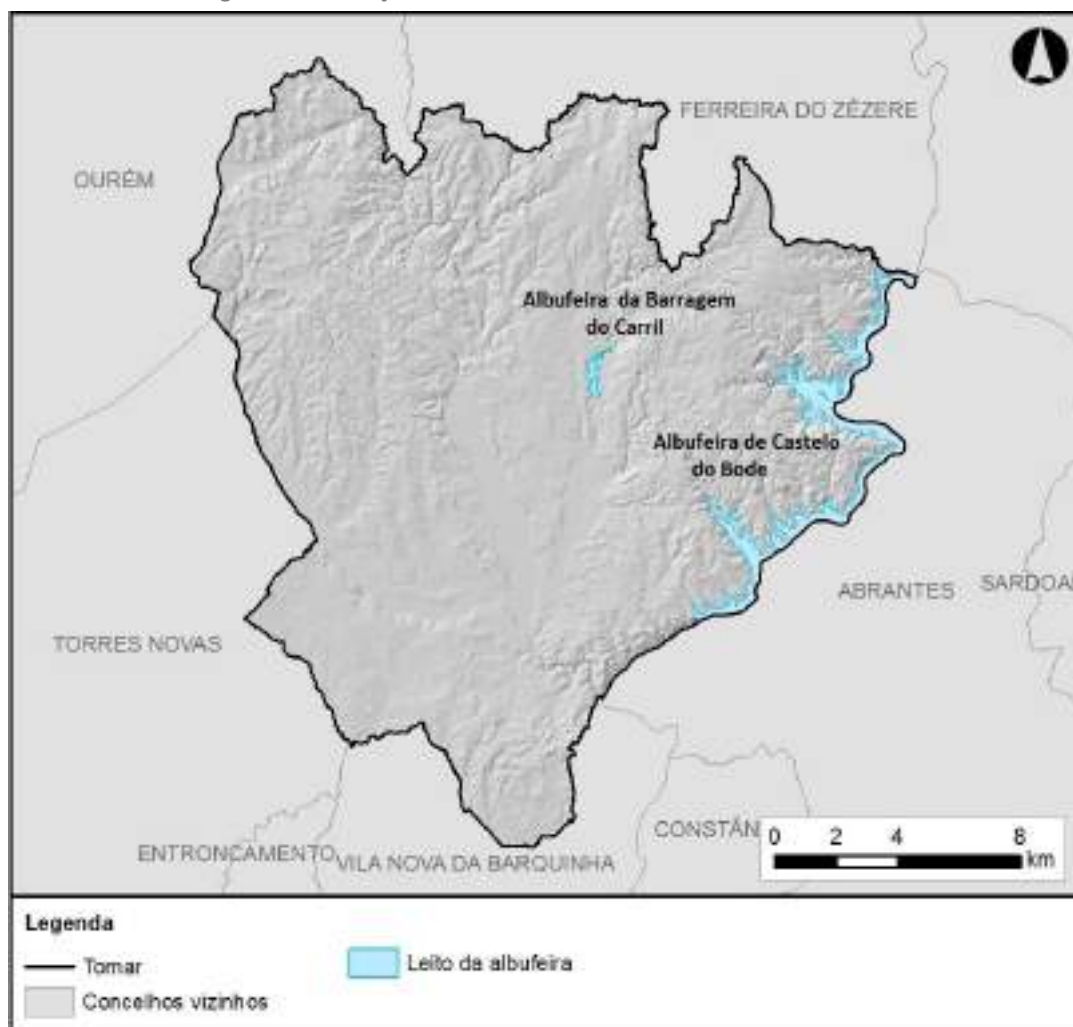
Desta forma, no concelho de Tomar existem duas albufeiras a integrar na REN do concelho, a Albufeira de Castelo de Bode e a Albufeira da Barragem do Carril (conforme apresentado na Figura 8):

- A Albufeira de Castelo do Bode, classificada como de águas públicas de serviço público, resulta da construção da respetiva barragem em 1951, localizada no troço terminal do rio Zêzere, a montante da confluência deste com o rio Nabão. A albufeira ocupa uma área de cerca de 3300 ha e uma extensão de 60 km e, no nível pleno de armazenamento (cota 121 m), tem uma capacidade total de armazenamento de cerca de 1100 hm³;
- A Albufeira da Barragem do Carril resulta do aterro construído em 2002 com o objetivo de fazer o aproveitamento hidroagrícola de 400 hectares de solos de elevada aptidão para as culturas de regadio, nas freguesias de Junceira, Santa Maria dos Olivais e São Pedro de Tomar. A albufeira tem uma capacidade total de armazenamento de 2,3 hm³, sendo o nível pleno de armazenamento à cota 95m.

⁸ N.º 1 da alínea c) da Secção II do Anexo I do Decreto-Lei n.º 239/2012 de 2 de novembro.

⁹ Ponto 2.3 da Secção III das Orientações Estratégicas de Âmbito Nacional e Regional (RCM nº 81/2012).

Figura 8 - Localização das albufeiras existentes no Concelho de Tomar



O Plano de Bacia Hidrográfica do Tejo (PBHT) define ainda as albufeiras como “massas de água lânticas permanentes e artificiais, relativamente recentes e de volume muito variável. Ao existirem, constituem também ecossistemas onde espécies e comunidades se estabelecem, com uma dinâmica própria. Algumas das comunidades aí existentes, como a ictiofauna, são também utilizadas pelas populações humanas como forma de lazer e recurso piscatório”. O PBHT menciona ainda que estes meios artificiais estão sujeitos a grandes variações espaço-temporais impressas pelo regime de uso dos recursos hídricos. As comunidades aí existentes estão também muito dependentes deste regime de uso e da sua bacia de drenagem, com a qual formam uma unidade indissociável (MAOT, 2001)¹⁰.

¹⁰ MAOT - Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território (2001). *Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Tejo, Revisão 1 – Relatório Final*, MAOT.

3.2 Objetivos de proteção

A tipologia “albufeiras que contribuam para a conectividade e coerência ecológica da REN, bem como os respetivos leitos, margens e faixas de proteção” inclui-se na classe de “áreas relevantes para a sustentabilidade do ciclo hidrológico terrestre”, cujas funções são¹¹:

- i) Salvaguardada e proteção dos recursos hídricos armazenados, nas suas componentes quantitativa e qualitativa;
- ii) Salvaguardada das funções principais das albufeiras, no caso de se tratar de uma albufeira de água públicas de serviço público;
- iii) Regulação do ciclo da água e controlo de cheias;
- iv) Conservação das espécies de fauna.

3.3 Critérios de delimitação

Segundo o Ponto 2.3 da Secção III das Orientações Estratégicas de Âmbito Nacional e Regional para a delimitação da REN a nível municipal, a delimitação desta tipologia de área reflete, de forma independente, a representação das suas três componentes (leito da albufeira, margem e faixa de proteção contígua à margem):

1. Leito da albufeira

A delimitação das albufeiras corresponde ao plano de água até à cota do Nível de Pleno Armazenamento (NPA). Na REN incluem-se todas as albufeiras que estejam classificadas como de águas públicas de serviço público, nos termos da Portaria n.º 522/2009, de 15 de maio, na redação atual, e as que tenham uma capacidade superior ou igual a 100.000 m³. Os pequenos aproveitamentos hídricos, com capacidade inferior, são considerados cursos de água.

2. Margem

A definição da margem tem por base o disposto na Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro (Lei da Água), podendo tomar o valor de 50 m, 30 m ou 10 m, consoante respeite a águas navegáveis ou flutuáveis sujeitas à jurisdição das autoridades marítimas ou portuárias, restantes águas navegáveis ou flutuáveis, ou águas não navegáveis nem flutuáveis. A Lei n.º 54/2005, de 15 de novembro, alterada pela Lei n.º 34/2014, de 19 de junho, estabelece que as margens das albufeiras de águas públicas de serviço público têm largura de 30 metros. Quando a margem tiver natureza de praia em extensão superior à estabelecida, esta estende-se até onde o terreno apresentar tal natureza.

3. Faixa de proteção

A faixa de proteção inicia-se no limite do plano de água e inclui a margem. A determinação da largura desta faixa deve atender à dimensão e situação da albufeira na bacia hidrográfica, numa avaliação casuística devidamente descrita e fundamentada, adotando sempre, como valor mínimo, a largura de 100 m, medida na horizontal.

¹¹ N.º 5 da alínea c) da Secção II do Anexo I do Decreto-Lei n.º 239/2012 de 2 de novembro.

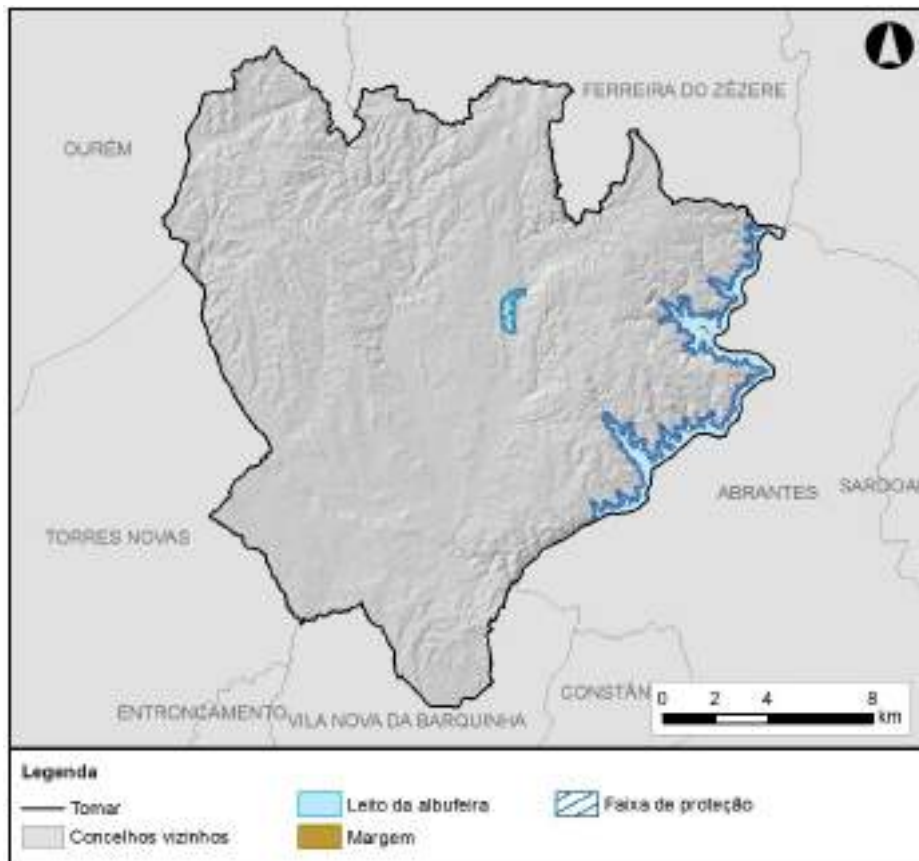
3.4 Aplicação dos critérios no Concelho de Tomar

De acordo com os critérios de delimitação identificados no capítulo 3.3 procedeu-se à delimitação do leito da albufeira, margem e faixa de proteção para ambas as albufeiras existentes no concelho de Tomar:

- A delimitação do **leito das albufeiras** a integrar a REN deriva de diferentes fontes de informação. Enquanto o limite do leito da Albufeira de Castelo do Bode foi retirado da página da DGT (www.igeo.pt/DadosAbertos/Listagem.aspx), o limite do leito da Albufeira da Barragem do Carril foi fornecido pelos serviços do Ministério da Agricultura, considerando o Nível de Pleno Armazenamento dos planos de água;
- As **margens** foram delimitadas com a largura de 30 m, uma vez que ambas as albufeiras são classificadas como águas navegáveis ou flutuáveis não sujeitas à jurisdição das autoridades marítimas ou portuárias;
- A delimitação da **faixa de proteção** a integrar na REN de ambas as albufeiras teve em consideração a largura de 100 m medidos a partir do nível de pleno armazenamento referente a cada uma das albufeiras, dada a ausência de valores biofísicos nas áreas envolventes às albufeiras.

Da aplicação dos respetivos critérios a ambas as albufeiras, é possível observar na Figura 9 as áreas a integrar nesta proposta de REN para o concelho de Tomar. No Anexo III apresenta-se individualmente e de forma pormenorizada os resultados finais das albufeiras a integrar na REN do concelho de Tomar (Figura A. 5 e Figura A. 6), bem como o fluxograma das operações realizadas no *software* ArcGIS (Figura A. 7).

Figura 9 - Proposta de delimitação da tipologia “albufeiras que contribuem para a conectividade e coerência ecológica da REN, bem como os respetivos leitos, margens e faixas de proteção”



4. Áreas estratégicas de infiltração e de proteção e recarga de aquíferos

No que diz respeito a esta tipologia foi delimitada de acordo com o Decreto-Lei n.º 124/2019, 28 de agosto e Portaria n.º 336/2019, de 26 de setembro, com a designação “áreas estratégicas de infiltração e de proteção e recarga de aquíferos”.

Assim, a metodologia utilizada no presente relatório, incorpora os aspetos geológicos e hidrogeológicos e os critérios aplicáveis para a delimitação da REN, nos parágrafos seguintes descrevem-se os conceitos base subjacentes e a metodologia aplicável.

4.1 Definições e conceitos base

ÁREAS ESTRATÉGICAS DE INFILTRAÇÃO E DE PROTEÇÃO E RECARGA DE AQUÍFEROS

As “áreas estratégicas de infiltração e de proteção e recarga de aquíferos” são definidas como “áreas geográficas que, devido à natureza do solo, às formações geológicas aflorantes e subjacentes e à morfologia do terreno, apresentam condições favoráveis à ocorrência de infiltração e recarga natural dos aquíferos e se revestem de particular interesse na salvaguarda da quantidade e qualidade da água a fim de prevenir ou evitar a sua escassez ou deterioração”¹².

NOÇÃO DE INFILTRAÇÃO

A penetração no solo da água que este recebe na sua superfície (chuva, rega) denomina-se infiltração. A infiltração é definida como “a passagem da água através da superfície do solo para o seu interior” (Portela, 2005)¹³. A autora refere que, “tal processo não pode ser confundido com a percolação da água no solo, ou seja, com o processo de movimento, sob ação da gravidade, da água através do interior do solo”. Refere-se também que “a infiltração e o movimento de água no solo desempenham um papel fundamental no escoamento superficial, na recarga dos aquíferos, na evapotranspiração, na erosão do solo e no transporte de substâncias químicas no interior do solo”.

A taxa de infiltração é definida como “o volume de fluxo da água movendo-se no perfil do solo por unidade de área e tempo” (Costa, 1999)¹⁴. Este fluxo tem unidades de velocidade, pois traduz a velocidade com que a água atravessa o solo, a partir da superfície. A taxa máxima de infiltração define a capacidade de infiltração de um solo e está diretamente relacionada com a condutividade hidráulica do solo (permeabilidade), e depende essencialmente das características do espaço intersticial (estrutura, textura, porosidade), do teor do solo em água (saturação), da temperatura e do revestimento vegetal.

Após a infiltração, a água que não fica retida no solo por capilaridade, atinge a zona saturada das formações geológicas subjacentes, onde se movimenta e onde pode ser captada, nos

¹² N.º 1 da alínea d) da Secção II do Anexo I do Decreto-Lei n.º 239/2012 de 2 de novembro.

¹³ Portela, M. (2005). *Modelação Hidrológica. Texto de apoio à disciplina de Modelação Hidrológica (em preparação)*. Instituto Superior Técnico.

¹⁴ Costa, J.B. (1999). *Caracterização e Constituição do Solo*. 6.ª edição. Serviço de Educação. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa.

aquíferos, possibilitando o aproveitamento humano em quantidades economicamente apreciáveis (Lencastre, 2003)¹⁵.

AQUÍFERO

Aquífero é definido pela Lei da Água (Lei 58/2005), no artigo 4.º, alínea j) como “uma ou mais camadas subterrâneas de rocha ou outros estratos geológicos suficientemente porosos e permeáveis para permitirem um fluxo significativo de águas subterrâneas ou a captação de quantidades significativas de águas subterrâneas”.

RECARGA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Oliveira (2006)¹⁶ define a recarga de águas subterrâneas como “a quantidade de água que é acrescentada à zona saturada da água subterrânea. A zona saturada subsuperficial pode constituir-se como uma entidade hidrogeológica, que armazena e transmite água, e que é suscetível de ser explorada para abastecimentos às populações, indústria e agricultura”.

O Plano da Bacia Hidrográfica do Tejo (PBHT) menciona que “a recarga natural corresponde aos recursos hídricos subterrâneos naturais renováveis. Podem-se considerar como fontes de recarga, a recarga por infiltração da água da chuva, a recarga a partir de cursos de água e de outros corpos hídricos superficiais e a recarga por escoamento subterrâneo”.

O PBHT, define a recarga por infiltração da água, como a “quantidade de água que se infiltra abaixo do solo após os processos de evapotranspiração e de escoamento direto, e que vai ter um percurso subterrâneo, podendo, em condições de não exploração, ficar armazenada no aquífero ou constituir escoamento subterrâneo que posteriormente aflora à superfície contribuindo para o escoamento dos cursos de água (escoamento de base)”.

4.2 Objetivos de proteção

As “áreas estratégicas de infiltração de proteção e recarga de aquíferos” incluem-se na classe das “áreas relevantes para a sustentabilidade do ciclo hidrológico”, e tem como funções¹⁷:

- i. Garantir a manutenção dos recursos hídricos renováveis disponíveis e o aproveitamento sustentável dos recursos hídricos subterrâneos;
- ii. Contribuir para a proteção da qualidade da água;
- iii. Assegurar a sustentabilidade dos ecossistemas aquáticos e da biodiversidade dependentes da água subterrânea, com particular incidência na época de estio;
- iv. Prevenir e reduzir os efeitos dos riscos de cheias e inundações, de seca extrema e de contaminação e sobreexploração dos aquíferos;
- v. Prevenir e reduzir o risco de intrusão salina, no caso dos aquíferos costeiros e estuarinos;

¹⁵ Lencastre, A.F.M. (2003). *Lições de Hidrologia*. 3ª edição. Fundação Armando Lencastre.

¹⁶ Oliveira, M.M. (2006). *Recarga de Águas Subterrâneas – Método de avaliação*. Teses e Programas de Investigação. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Lisboa.

¹⁷ N.º 3 da alínea d) da Secção II do Anexo I do Decreto-Lei n.º 239/2012 de 2 de novembro.

- vi. Assegurar a sustentabilidade dos ecossistemas de águas subterrâneas, principalmente nos aquíferos cársicos, como por exemplo invertebrados que ocorrem em cavidades e grutas.

4.3 Critérios de delimitação

Segundo a legislação em vigor “a delimitação das áreas estratégicas de infiltração e de proteção e recarga de aquíferos deve considerar o funcionamento hidráulico do aquífero, nomeadamente no que se refere aos mecanismos de recarga e descarga e ao sentido do fluxo subterrâneo e eventuais conexões hidráulicas, a vulnerabilidade à poluição e as pressões existentes resultantes de atividades e ou instalações, e os seus principais usos, em especial a produção de água para consumo humano”¹⁸.

Segundo as orientações de delimitação da REN facultadas pela CCDR-LVT a delimitação das áreas estratégicas de infiltração e de proteção e recarga deve incidir sobre: os sistemas aquíferos inventariados pelo INAG; os sistemas indicados em estudos técnico-científicos validados que sejam produtivos e economicamente exploráveis; e outros sistemas que não sendo economicamente exploráveis o possam vir a ser, havendo possibilidade de recuperação, deste que sejam importantes para a prevenção e redução de situações de cheias e inundações e de seca extrema, bem como para a sustentabilidade de sistemas aquáticos e da biodiversidade dependentes da água subterrânea. A CCDR-LVT considera como importante para a delimitação desta tipologia as seguintes informações:

- a) Fontes bibliográficas (cartas geológicas e respetivas notícias explicativas, cartas de solos, teses mestrado e doutoramento, estudos geológicos, hidrogeológicos e geotécnicos, planos de bacias hidrográficas e artigos científicos publicados em revistas especializadas, inventário de captações e relatórios de sondagem);
- b) Características das formações geológicas com destaque para as que conferem maior permeabilidade;
- c) Caracterização dos sistemas aquíferos, incluindo, entre outros, fluxos, vulnerabilidade à poluição e salinidade;
- d) Características dos solos;
- e) Declive do terreno.

É ainda indicado pela CCDR-LVT que “a ocupação do solo não deve ser considerada atenta à sua mutabilidade no tempo”.

Lobo-Ferreira *et al.* (1995)¹⁹ refere a respeito de metodologias de análise da recarga de aquíferos que a recarga através da precipitação depende essencialmente dos seguintes itens:

- valor absoluto da pluviosidade e do seu regime de precipitação (intensidade);

¹⁸ N.º 2 da alínea d) da Secção II do Anexo I do Decreto-Lei n.º 239/2012 de 2 de novembro.

¹⁹ Lobo-Ferreira, J.P.C., Oliveira, M.M., Moinante, M.J. (1995). *Desenvolvimento de um Inventário das Águas Subterrâneas de Portugal*. Volume 2. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Departamento de Hidráulica. Grupo de Investigação de Águas Subterrâneas. Lisboa.

- tipo de solo (porosidade, material constituinte, taxa de infiltração);
- teor de humidade do solo (função de episódios de precipitações anteriores);
- uso do solo que o pode tornar mais ou menos impermeável, da cobertura vegetal que vai condicionar a evapotranspiração;
- meio rochoso por onde a água circula antes de atingir o aquífero;
- características do aquífero (e.g. porosidade eficaz, condutividade hidráulica, espessura).

Oliveira e Lobo-Ferreira (2002)²⁰ no sentido de operacionalizar as “áreas de infiltração máxima” no contexto da delimitação da Reserva Ecológica Nacional de acordo com Decreto-Lei n.º 93/1990, de 19 de março, que encontram correspondência na “áreas estratégicas de infiltração e de proteção e recarga de aquíferos” do Decreto-Lei n.º 166/2008, de 22 de agosto, desenvolveram uma metodologia para delimitação destas áreas com base no cálculo do Índice de Facilidade de Infiltração (IFI).

O IFI baseia-se em informação geográfica e técnicas de modelação, que permitem derivar os valores dos parâmetros que condicionam a determinação e o processo de infiltração, nomeadamente o tipo hídrico de solo (TS), a capacidade utilizável (nu), a profundidade média atingida pelas raízes das plantas (Rp), a quantidade máxima de água armazenável no solo e que pode ser utilizada para a evapotranspiração (AGUT) e o declive da superfície topográfica (T). Ao IFI é, ainda, acrescentado um fator geológico, relacionado com a fracturação ou a carsificação.

A metodologia referida do Cálculo do IFI é um desenvolvimento para a escala local do método DRASTIC²¹ utilizado no Plano das Bacias Hidrográficas do Tejo e das Ribeiras do Oeste, e que avalia a vulnerabilidade à poluição de águas subterrâneas com intuito de melhorar a gestão dos aquíferos de Portugal.

4.4 Aplicação dos critérios no Concelho de Tomar

As “áreas estratégicas de infiltração e de proteção e recarga de aquíferos” para o concelho de Tomar foram delimitadas da seguinte forma tendo em conta as orientações facultadas pela CCDR-LVT:

- **Critério A** - Mediante a aplicação de uma adaptação do IFI (designado IFIa) considera-se as “características dos solos” e “declive do terreno” (alíneas d) & e) das orientações com recurso “artigos científicos publicados” (alínea a) das orientações);
- **Critério B** - Inclusão dos sistemas de aquíferos relevantes (alínea c) das orientações);
- **Critério C** - Características das formações geológicas (alínea b) das orientações e pareceres de 2012 e 2016).

²⁰ Oliveira, M.M., Lobo-Ferreira, J.P.C. (2002). *Proposta de uma Metodologia para a Definição de Áreas de Infiltração Máxima*. Revista Recursos Hídricos, Vol. 23 n.º 1, pp. 63-74.

²¹ Aller, L., Bennet, T., Leher, J. H., Petty, R.J. (1987). *DRASTIC: a standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings*, U.S. EPA Report 600/2-85/018.

4.4.1 Critério A - Aplicação do IFIa

A adaptação efetuada ao IFI está relacionada com a necessidade de respeitar a orientação da CCDR-LVT segundo a qual “a ocupação do solo não deve ser considerada atenta à sua mutabilidade no tempo”. Assim, na forma adaptada do IFI não se inclui no cálculo a forma como a vegetação intervém no processo de recarga, tendo sido retirado o cálculo da evapotranspiração (AGUT), o qual teria em conta a profundidade média atingida pelas raízes das plantas (Rp) e a capacidade utilizável do solo (nu). Desta forma, o IFIa não mede a facilidade de infiltração real ou presente, mas a facilidade de infiltração potencial. De seguida descreve-se a metodologia adotada para a aplicação do IFIa ao concelho de Tomar:

- Tratamento da informação sobre os solos;
- Tratamento da informação altimétrica para cálculo dos declives;
- Cálculo do índice de facilidade de infiltração adaptado;
- Identificação geográfica das áreas do IFIa.

TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO SOBRE OS SOLOS

O cálculo deste fator para o concelho de Tomar partiu da atribuição a cada unidade pedológica da classificação portuguesa (SROA) do tipo hídrico de solo. Esta tipificação dos solos segue a metodológica do *soil conservation servisse* (USDA-NRCS, 2007²²), onde são definidos quatro tipos de solo (A, B, C e D), traduzindo o grau de facilidade de infiltração hídrica: de “A” (solos arenosos, com taxas de infiltração altas), a “D” (solos argilosos, com taxas de infiltração baixas).

Oliveira e Lobo-Ferreira (2002)²³ propõem a correspondência direta entre o tipo hídrico do solo e as unidades pedológicas da classificação de solo constante nas cartas de solos disponíveis em Portugal (Quadro A. 5 – Anexo IV). Onde Oliveira e Lobo-Ferreira (2002) não contemplaram as classes de solos existentes no concelho de Tomar, recorreu-se à descrição²⁴ da textura da unidade pedológica em causa, que consta na sua designação na legenda, de forma a atribuir-lhe o seu tipo hídrico característico, segundo as classificações que podem ser efetuadas pelo ábaco triangular de classificação textural, onde são identificados os quatro tipos hidrológicos (Portela, 2005²⁵; USDA-NRCS, 2007).

Para as unidades complexas, constituídas por mais de uma família de solo, definiu-se como tipo de solo, a que apresentava maior percentagem. Nos casos de igualdade de proporção, atribuiu-se como tipo hidrológico, a correspondente à primeira família.

²² USDA-NRCS (2007). *Part 630 Hydrology - National Engineering Handbook - Chapter 7 Hydrologic Soil Groups*, Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture.

²³ Oliveira, M.M., Lobo-Ferreira, J.P.C. (2002). *Proposta de uma Metodologia para a Definição de Áreas de Infiltração Máxima*. Revista Recursos Hídricos, Vol. 23 n.º 1, pp. 63-74.

²⁴ Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural. Acedido a 5 de Novembro de 2014, no endereço: <http://www.dgadr.mamaot.pt/nota-explicativa>.

²⁵ Portela, M. (2005). *Modelação Hidrológica. Texto de apoio à disciplina de Modelação Hidrológica (em preparação)*. Instituto Superior Técnico.

TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO ALTIMÉTRICA PARA CÁLCULO DOS DECLIVES

A informação dos declives é obtida por modelação num Sistema de Informação Geográfica (SIG) da informação altimétrica. Conforme proposto por Oliveira e Lobo-Ferreira (2002) foram usadas cinco classes de declives: 0-2%, 2-6%, 6-12%, 12-18%, >18% (Quadro A. 6 – Anexo IV).

CÁLCULO DO ÍNDICE DE FACILIDADE DE INFILTRAÇÃO ADAPTADO (IFIA)

O cálculo do Índice de Facilidade de Infiltração adaptado (IFIA), baseado em Oliveira e Lobo-Ferreira (2002), consiste no somatório dos valores assumidos por cada um dos parâmetros condicionantes e reguladores da infiltração, permitindo a determinação das áreas mais favoráveis à infiltração com os valores resultantes da aplicação da equação. O estabelecimento dos valores limites fixos (ou seja, a partir de que valor se considera muito favorável) estará dependente da área geográfica em causa. Contudo, o IFI permite sempre fazer uma gradação das zonas mais favoráveis à ocorrência de infiltração.

Conforme referido anteriormente, o cálculo do IFI faz-se de uma forma adaptada, sem consideração do uso do solo. Retirando-se o fator correspondente à evapotranspiração, o cálculo do IFIA faz-se utilizando dois parâmetros:

$$\text{IFIA} = \text{TS} + \text{T}$$

Onde:

TS é o valor atribuído ao tipo hídrico de solo;

T é o valor atribuído ao declive.

IDENTIFICAÇÃO GEOGRÁFICA DAS ÁREAS DO IFIA

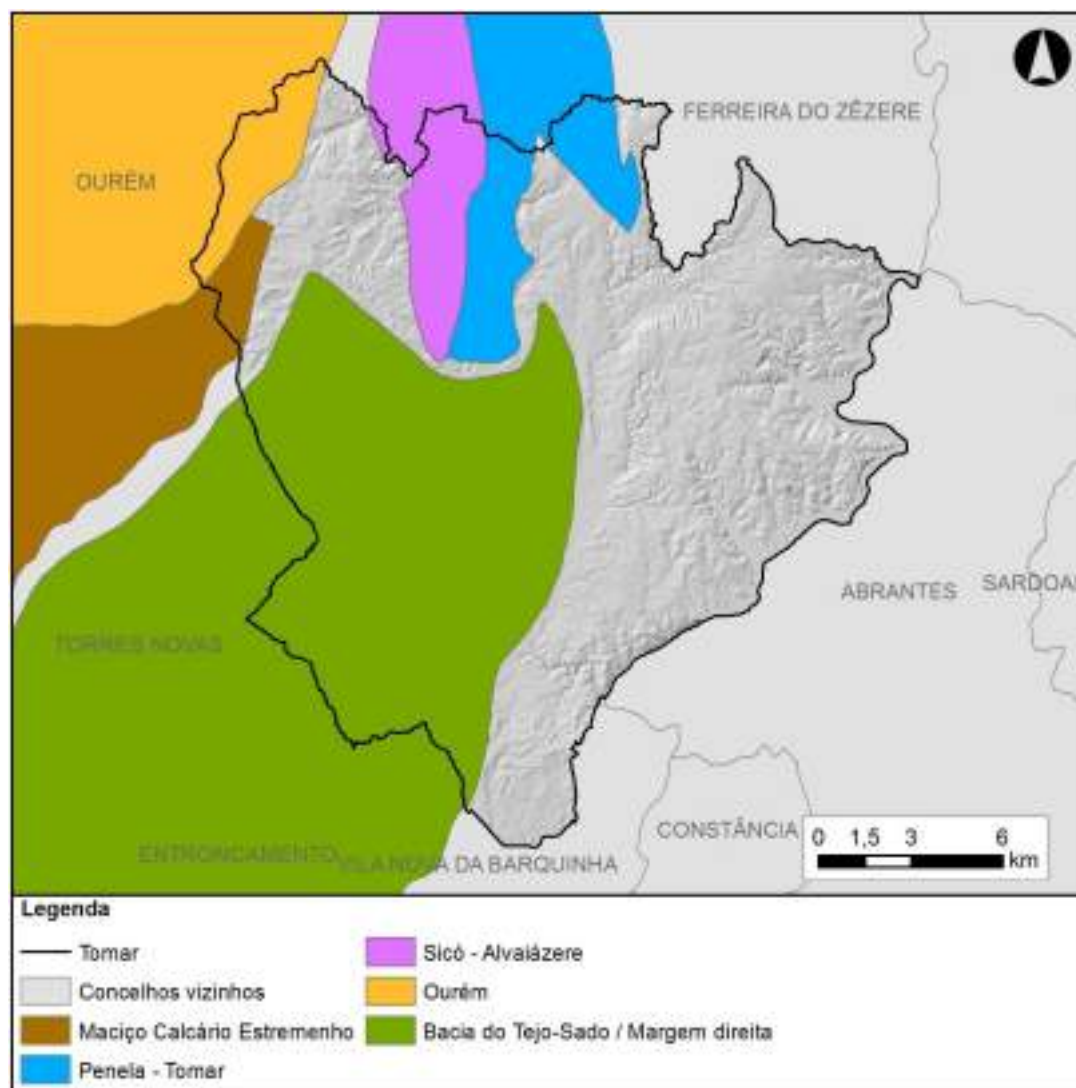
Quanto maior o valor de IFIA, maior a facilidade de infiltração. Optou-se por considerar como valor limite para identificação geográfica das “áreas estratégicas de infiltração e de proteção e recarga de aquíferos” o valor de IFIA ≥ 17 , o qual resulta de uma extrapolação do valor limite proposto por Oliveira e Lobo-Ferreira (2002) (Figura A. 8 – Anexo IV), quando retirado o fator vegetação no processo de recarga. Após esta seleção, foi necessário generalizar cartograficamente a informação contida nestas superfícies. Assim, as áreas superiores a 2 ha integram as áreas da REN.

4.4.2 Critério B - Sistemas aquíferos relevantes

No sentido de identificar os sistemas aquíferos relevantes no concelho de Tomar foi recolhida informação relativa aos aquíferos inventariados pelo INAG, recorrendo-se aos dados base do INAG e às descrições e avaliações realizadas por Lobo-Ferreira *et al.* (1995).

O concelho de Tomar apresenta cinco sistemas aquíferos identificados nos dados de base do SNIRH, com relevância local e nacional, denominados Maciço Calcário Estremenho, Penela – Tomar, Sicó – Alvaiázere, Ourém e Bacia do Tejo-Sado / Margem Direita (Figura 10).

Figura 10 - Sistemas aquíferos presentes no concelho de Tomar



As serras de Sicó, Aire e Candeeiros têm respetivamente os seus limites sul e este, a norte e noroeste do concelho de Tomar. São constituídas por rochas calcárias identificadas na carta geológica, compreendendo rochas carbonatadas e carsificadas pertencentes ao Jurássico inferior e médio (Lobo-Ferreira *et al.*, 1995). As serras de Sicó, Aire e Candeeiros, juntamente com Montejunto e Ota, formam o denominado Maciço Calcário Estremenho, onde a carsificação abundante permitiu a instalação de importantes aquíferos. Nestas áreas são mencionadas captações com caudais elevados (superiores a 200 l/s) e numerosas nascentes.

O relatório científico sobre “A Caracterização dos Sistemas Hidrogeológicos de Portugal Continental” (Lobo-Ferreira *et al.*, 1995) foi realizado como uma primeira avaliação das reservas hídricas subterrâneas exploráveis de Portugal Continental, descrevendo-se com pormenor os aquíferos presentes nas distintas regiões hidrográficas nacionais.

O aquífero Penela – Tomar está inserido nas bacias hidrográficas do Tejo e Mondego, ocupa uma área de 174,6 km² e possui uma recarga média de 461 mm/ano. Este sistema aquífero livre, cujo meio de escoamento é o tipo cársico e fissurado, tem como formações dominantes as “Camadas de Coimbra” e outras formações do Liásico, e apresenta dolomitos e calcários compactos e dolomíticos na sua constituição litológica (MAOT, 2001).

O aquífero Sicó – Alvaiázere encontra-se nas bacias hidrográficas do Tejo e Mondego, ocupa uma área de 326,7 km² e possui uma recarga média de 482 mm/ano. O sistema aquífero é considerado livre e apresenta um meio de escoamento do tipo cársico. As formações aquíferas dominantes são calcários e calcários margosos do Jurássico médio, cuja litologia do aquífero corresponde a calcários puros muito compactos, oolíticos e calcários margosos compactos (MAOT, 2001).

O sistema aquífero Bacia do Tejo – Sado / Margem Direita localiza-se na bacia hidrográfica do Tejo, contém uma área de 1620 km² e uma recarga média de 258 mm/ano. Ao longo da sua extensão apresenta-se como um aquífero livre, confinado e multicamada, com um meio de escoamento do tipo poroso, e constituído a nível litológico por (i) formações calcárias, por vezes margosas, separadas por margas, argilas, arenitos argilosos e areias com seixos, (ii) arenitos argilosos com intercalações de níveis conglomeráticos, argilas e margas; e (iii) grés finos a grosseiros por vezes conglomeráticos ou com intercalações de argilas arenosas, arenitos e areias, frequentemente com seixos e calhaus rolados, com algumas intercalações de argilas, podendo ainda ser constituídos por cascalheiras e arenitos argilosos com seixos e argilas (MAOT, 2001²⁶). As formações aquíferas dominantes são o “Grés da Ota” (Miocénico) e os “Calcários de Almoster” (Miocénico).

Os aquíferos “Penela – Tomar”, “Sicó – Alvaiázere” e “Maciço Calcário Estremenho” encontram-se classificados com elevada vulnerabilidade face à poluição, perante a avaliação efetuada pelo método DRASTIC (Lobo-Ferreira, 1998²⁷), com valores entre 190 e 198.

4.4.3 Critério C - Características das formações geológicas

DESCRIÇÃO GEOLÓGICA E HIDROGEOLÓGICA DO CONCELHO DE TOMAR

Segundo a análise efetuada à Carta Geológica de Portugal Continental, folhas 1 e 2 na escala 1:500.000, e à Carta Hidrogeológica de Portugal Continental, na escala 1:500.000, o concelho de Tomar encontra-se distribuído por três grandes unidades geotectónicas nacionais que formam praticamente o território de Portugal Continental (Figura 11):

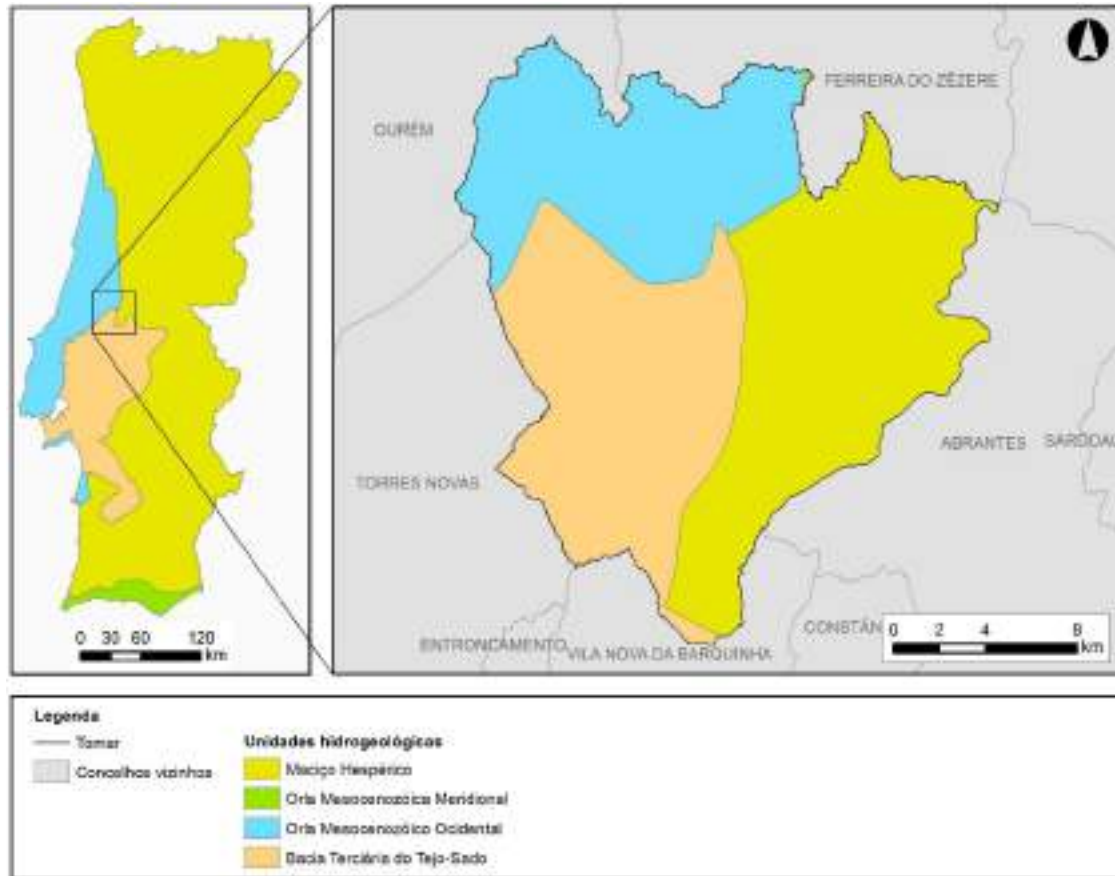
- 1) Maciço Hespérico;
- 2) Orla Mesocenozóica Ocidental;
- 3) Bacia Terciária do Tejo e Sado.

Estas três grandes unidades encontram as suas fronteiras no concelho de Tomar, o que o torna bastante singular em termos de importância e conhecimento.

²⁶ MAOT - Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território (2001). *Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Tejo, Revisão 1 – Relatório Final*, MAOT.

²⁷ Lobo-Ferreira, J.P.C., (1998). *Vulnerabilidade à poluição de águas subterrâneas: fundamentos e conceitos para uma melhor gestão e proteção dos aquíferos de Portugal*. 4º Congresso da Água, Lisboa.

Figura 11 - Principais unidades hidrogeológicas presentes em Portugal continental e no concelho de Tomar



A primeira unidade é referente a uma área que ocupa três quartos do território continental, caracterizado por um vasto conjunto de rochas cristalinas ígneas e metamórficas.

A segunda unidade é constituída quase exclusivamente por rochas sedimentares, formando diversos aquíferos porosos e carsificados, onde predominam então formações detríticas datadas da base do Mesozóico, do Jurássico Superior, Médio e Inferior, do Cretácico e do Terciário. Destacam-se também os visíveis maciços de formações calcárias assim como as formações margosas intercaladas por outras detríticas do Jurássico superior e Cretácico (Figura 12). Os episódios de tectónica diapírica permitiram também a existência de filões e massas de rochas ígneas como doleritos, basaltos e brechas vulcânicas.

A terceira grande unidade geotectónica presente no território em análise é a Bacia Terciária do Tejo e Sado, que deve a sua origem às movimentações de natureza orogénica que influenciaram a criação de afundamentos orientados de forma mais consistente no rumo Sudoeste com basculamento para Oeste do substrato. Caracteriza-se pela presença de formações calcário detríticas continentais paleogénicas e neogénicas. As formações são limitadas a Oeste por terrenos do jurássico e a Este por formações do Maciço Hespérico.

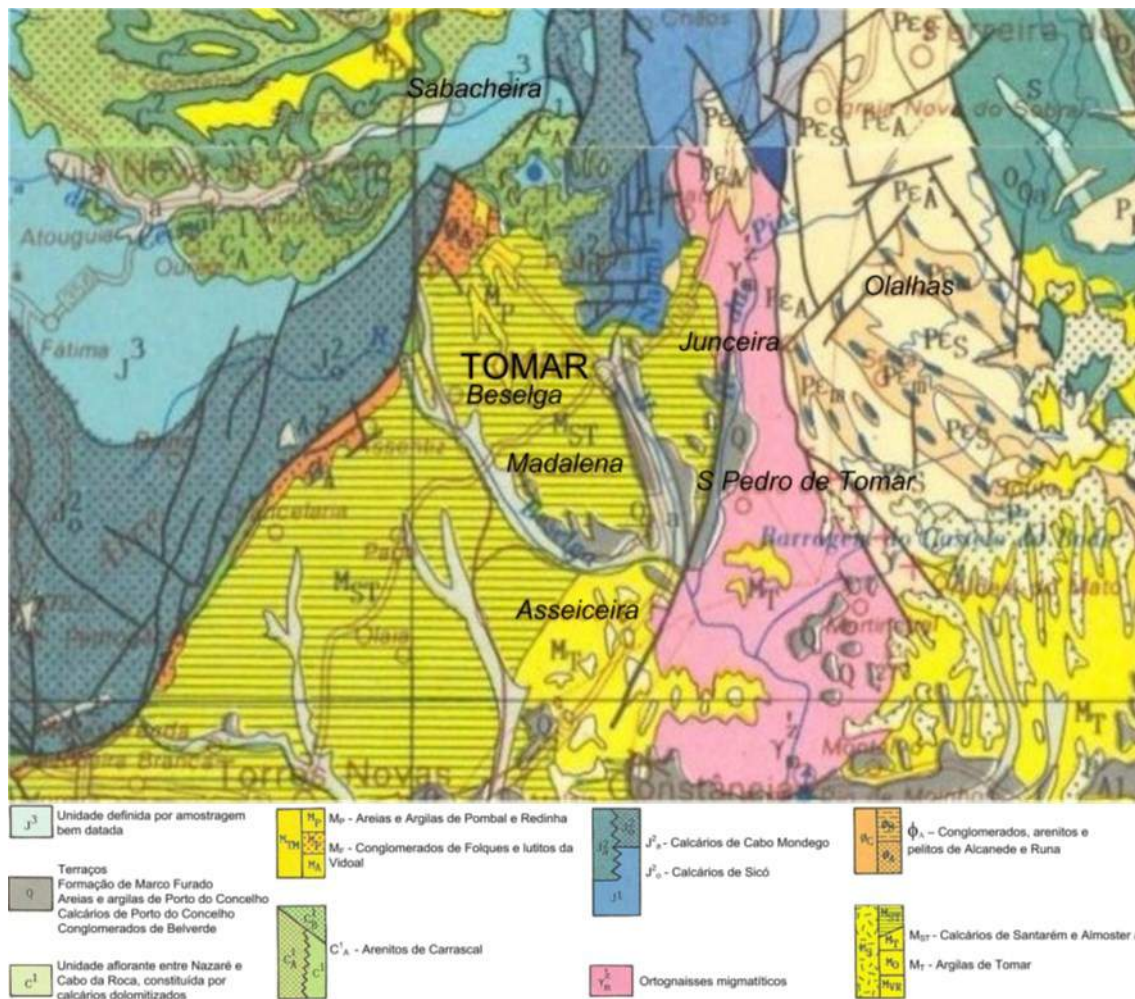
De uma forma mais particular, o concelho de Tomar desenvolve-se sobre diferentes grupos litológicos, sendo o Norte marcado pela presença de formações calcárias e margosas do período Jurássico. A sua datação particular varia consoante a localização mais precisa, dominando o Jurássico Superior na zona da Sabacheira pela presença de calcários, sendo por sua vez as margas e calcários do Jurássico Inferior mais comuns à medida que nos aproximamos de Chãos. Também formações do Jurássico Médio impõem a sua presença, nomeadamente os calcários na

faixa poente e noroeste do concelho (Figura 12). De destacar ainda nesta zona a presença de conglomerados, arenitos e pelitos com origem no período terciário.

Encontram-se ainda na zona norte arenitos com origem no Cretácico Inferior que fazem a transição para nascente até à Barragem do Castelo de Bode onde se denota uma predominância de formações de origem metamórfica de ortognaisses migmatíticas datadas do Pré-Câmbrico e que evolui sensivelmente pela faixa nascente do concelho até ao limite do concelho definido pelo rio Zêzere.

A cidade e o centro do concelho, delimitado a sul pela ribeira da Beselga e situado em zona baixa, vê as aluviões e os terraços quaternários dominarem o cenário litológico local. Em termos particulares, a envolvente da referida ribeira e seus afluentes caracteriza-se pela presença de terraços, formações do Marco Furado, areias, argilas e calcários e ainda conglomerados com origem no Quaternário Plistocénico. As formações do Terciário Miocénico como as areias e argilas e calcários têm uma maior predominância na zona da cidade e no núcleo central do concelho, estendendo-se para sul até a Asseiceira onde as argilas do mesmo período fazem a sua aparição (Figura 12).

Figura 12 - Extrato da Carta Geológica de Portugal (folhas 1 e 2) à escala 1:500.000



APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

Segundo o parecer emitido em julho de 2012 pela CCDR-LVT, a metodologia referente à delimitação das “áreas estratégicas de infiltração e de proteção e recarga de aquíferos” deve considerar a geologia e hidrogeologia das formações aflorantes, de modo a estabelecer alguma correlação como Índice de Facilidade de Infiltração.

O fator geológico considera que os meios carsificados ou muito fraturados devem ser considerados como superfícies de máxima infiltração derivado ao facto da carsificação facilitar a ocorrência de circulação da água em profundidade.

Na ausência da informação geológica para o Concelho de Tomar à escala 1/50.000, este fator baseia-se na informação da Carta Geológica de Portugal à escala 1/500.000, a qual foi vetorizada *on-screen* a partir da digitalização do formato analógico georreferenciado à Carta Militar.

Perante a informação que consta na Carta Geológica de Portugal para a área do concelho de Tomar, do ponto de vista do fator geológico/litológico, podemos encontrar meios carsificados a norte e noroeste do concelho de Tomar, relativas às formações calcárias cristalinas do concelho, com períodos do Jurássico inferior (J1) e médio (J2). Estas formações ocorrem na zona norte do concelho, no início da Serra de Sicó, nas freguesias de Além da Ribeira e Alvaiázere, e a Noroeste no início da Serra de Aire e Candeeiros, na freguesia da Sabacheira. Estas formações são denominadas de “Calcários do Cabo Mondego” e de “Calcários de Sicó”, os quais apresentam média a alta permeabilidade (elevada recarga dos aquíferos), sendo partes integrantes do denominado Maciço Calcário Estremenho (Lobo-Ferreira *et al.*, 1995)²⁸.

Neste contexto, as formações cársicas presentes no concelho de Tomar foram identificadas na carta geológica e acrescentadas às AEIPRA.

Seguindo as indicações do parecer de fevereiro de 2016, foi adicionada mais uma AEIPRA correspondente à zona aluvionar do rio Nabão e da ribeira de Beselga, dado que estas áreas poderão ser consideradas importantes para assegurar a sustentabilidade dos ecossistemas aquáticos e da biodiversidade dependente da água subterrânea, com particular incidência para a época de estio.

As formações Calcários de Santarém e Almoester e Arenitos da Ota são mencionadas no parecer emitido em julho de 2012 pela CCDR-LVT como parte constituinte das principais formações geológicas aflorantes do sistema aquífero da Bacia do Tejo-Sado / Margem Direita, onde os Calcários de Almoester podem apresentar-se carsificados (principalmente quando a componente carbonatada se sobrepõe à componente margosa) e os Arenitos da Ota alternam entre os arenitos e níveis de seixos e cascalheiras com algumas intercalações argilosas, de importância apenas local.

Os Arenitos da Ota, contrariamente ao que sucede com os Calcários de Santarém e Almoester, não estão identificados na carta geológica à escala 1:500.000 com a referida designação. Face à inexistência de memória explicativa da carta geológica, a identificação da sua incidência a nível espacial apenas foi possível através de uma adaptação efetuada pela ARH Tejo no Plano de

²⁸ Lobo-Ferreira, J.P.C., Oliveira, M.M., Moinante, M.J. (1995). *Desenvolvimento de um Inventário das Águas Subterrâneas de Portugal*. Volume 2. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Departamento de Hidráulica. Grupo de Investigação de Águas Subterrâneas. Lisboa.

Gestão da Região Hidrográfica do Tejo. Na figura apresentada no referido estudo (referente à geologia do sistema aquífero da bacia do Tejo-Sado /Margem Direita) os Arenitos da Ota surgem na posição das Areias e Argilas de Pombal e Redinha (Mp) identificadas na carta geológica. Assim, sempre que foi necessário utilizar a posição desta formação geológica recorreu-se às Areias e Argilas de Pombal e Redinha (Mp).

Os Calcários de Santarém e Almoester e Arenitos da Ota localizam-se maioritariamente sobre o sistema aquífero do Tejo-Sado / Margem Direita: sistema aquífero que não foi considerado como relevante. De forma a integrar estas formações geológicas, identificou-se na carta geológica as referidas formações e interseção com a área referente ao sistema aquífero do Tejo-Sado / Margem Direita (Figura A. 19 – Anexo IV). A área resultante desta interseção foi acrescentada às AEIPRA.

Face às características hidrogeológicas das formações aflorantes anteriormente mencionadas, introduziu-se alterações na cartografia referente ao IFI de modo a aperfeiçoar a delimitação das “áreas estratégicas de infiltração e de proteção e recarga de aquíferos”. As formações graníticas (Micaxistos, gnaisses e migmatitos, Ortognaisses migmatíticos, Gnaisses tonalíticos e Granitos biotíticos porfiroidesticos) e xistentas (Xistos cloríticos e moscavíticos e Xistos, grauvaques, chertes negros e vulcanitos ácidos) foram identificadas através da carta geológica, de forma a proceder-se à exclusão das áreas IFI delimitadas sobre estas formações geológicas. Segundo o parecer de fevereiro de 2016, deve-se eliminar praticamente todas as AEIPRA (previamente estabelecidas pelo IFI) localizadas sobre as formações xistentas e graníticas da massa de água subterrânea do Maciço Antigo Indiferenciado da Bacia do Tejo, dado que a recarga desta massa de água processa-se de forma difusa por toda a sua área, não existindo qualquer fundamentação do ponto de vista técnico para a inclusão de áreas AEIPRA.

A formação dos Conglomerados, Arenitos e Pelitos de Alcanede e Runa, de acordo com o parecer de 2016, possui um substrato impermeável devido à sua considerável componente argilosa. Deste modo, a referida formação geológica foi igualmente identificada através da carta geológica e excluída das áreas delimitadas como AEIPRA previamente estabelecidas pelo IFI.

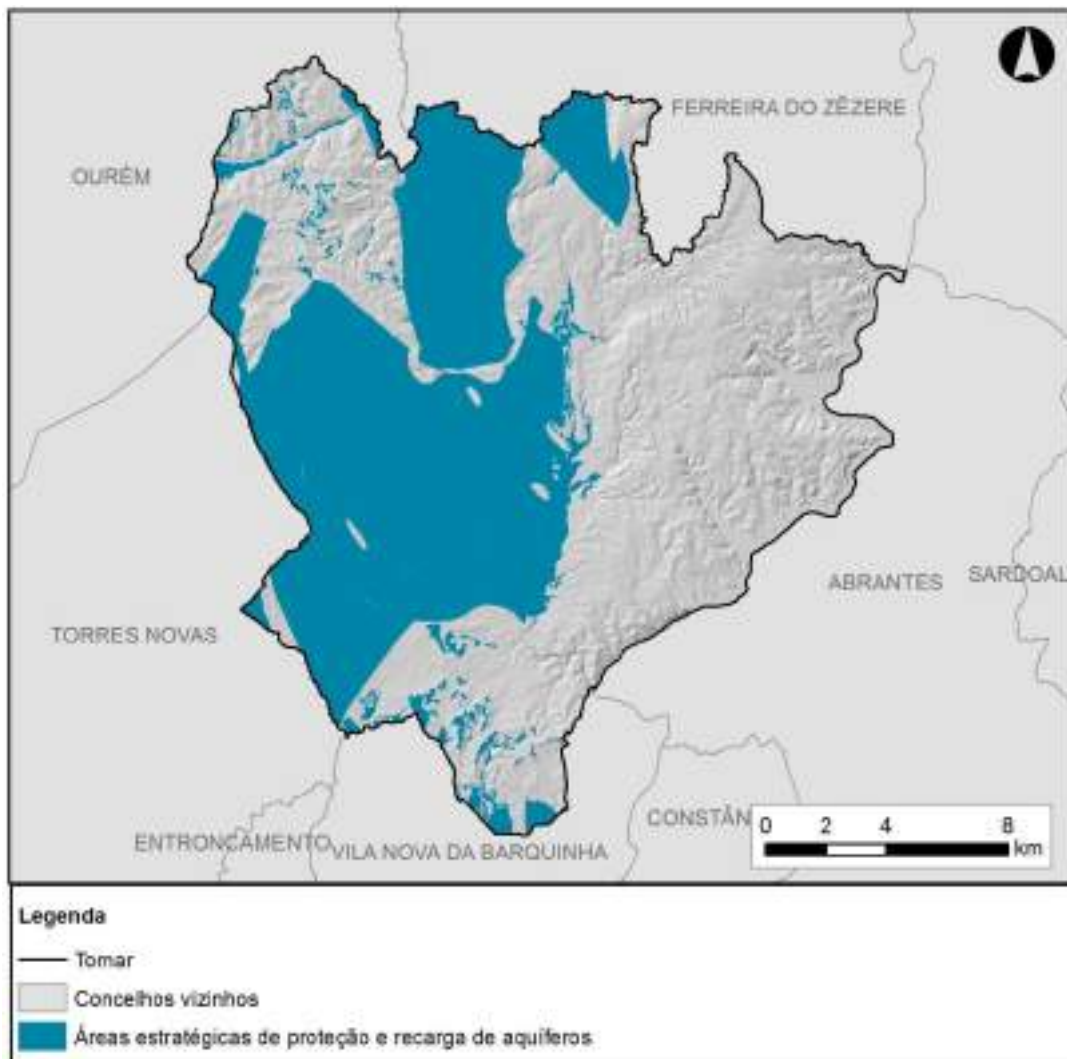
4.4.4 Conjugação dos vários critérios aplicados

No Anexo IV (da Figura A. 9 à Figura A. 19 – Anexo IV) encontram-se as cartas resultantes da aplicação de cada critério.

A delimitação das áreas a integrar na REN na tipologia “áreas estratégicas de infiltração e de proteção e recarga de aquíferos” resulta da conjugação do Critério A, B e C de acordo com os procedimentos descritos no fluxograma metodológico (Figura A. 20 - Anexo IV).

Posteriormente foram incluídos os vazios com dimensão inferior a 1 ha que se encontram presentes no interior das AEIPRA, e eliminadas as AEIPRA que apresentam dimensões inferiores a 1 ha, sendo assim identificadas para o concelho de Tomar as áreas constantes da Figura 13.

Figura 13 - Proposta de delimitação da tipologia “áreas estratégicas infiltração e de proteção e recarga de aquíferos”



5. Zonas ameaçadas pelas cheias

Face ao disposto nos pareceres emitidos pela CCDR-LVT em 2012, 2016 e 2017, apresenta-se de seguida a delimitação das zonas ameaçadas pelas cheias com a introdução e correção dos elementos solicitados no parecer.

5.1 Definições e conceitos base

ZONAS AMEAÇADAS PELAS CHEIAS

As “zonas ameaçadas pelas cheias” (ZAC), ou “zonas inundáveis”, são definidas como “as áreas suscetíveis de inundação por transbordo de água do leito dos cursos de água devido à ocorrência de caudais elevados”²⁹, e “não estão incluídas nesta tipologia as áreas suscetíveis de inundação motivada por outros fenómenos, como por exemplo *tsunamis*, rotura de barragens ou diques e fusão de neve ou gelo”³⁰.

INUNDAÇÃO

A Autoridade Nacional de Proteção Civil define “inundação” como sendo “um fenómeno hidrológico extremo, de frequência variável, natural ou induzido pela ação humana, que consiste na submersão de terrenos usualmente emersos. As inundações englobam as cheias (transbordo de um curso de água relativamente ao seu leito ordinário, que podem ser rápidas ou lentas), a subida da toalha freática acima da superfície topográfica e as devidas à sobrecarga dos sistemas de drenagem artificiais dos aglomerados urbanos. As inundações são devidas a precipitações abundantes ao longo de vários dias ou semanas (cheias lentas e subida da toalha freática) e precipitações intensas durante várias horas ou minutos (cheias rápidas e sobrecarga dos sistemas de drenagem artificiais)” (Julião *et al.*, 2009)³¹.

O Decreto-Lei n.º 364/98, de 12 de novembro, estabelece a obrigatoriedade de elaboração da carta de zonas inundáveis nos municípios com aglomerados urbanos atingidos por cheias. No n.º 4, do artigo 40.º, da Lei da Água, Lei n.º 58/2005 de 29 de dezembro, refere que “os instrumentos e planeamento de recursos hídricos e de gestão territorial devem demarcar as zonas inundáveis ou ameaçadas por cheias e identificar as normas que precederam à sua criação”.

No n.º 1, do artigo 6.º, capítulo II, da Diretiva 2007/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de Outubro, relativa à avaliação e gestão dos riscos de inundações na comunidade, indica que, “os Estados-Membros devem elaborar, a nível da região hidrográfica ou da unidade de gestão a que se refere a alínea b) do n.º 2 do artigo 3.º cartas de zonas inundáveis e cartas de risco de inundações, na escala mais apropriada para as zonas identificadas nos termos do n.º1 do artigo 5º”.

²⁹ N.º 1 da alínea c) da Secção III do Anexo I do Decreto-Lei n.º 239/2012 de 2 de novembro.

³⁰ Ponto 3.3 da Secção III das Orientações Estratégicas de Âmbito Nacional e Regional (RCM nº 81/2012).

³¹ Julião, R.P., Nery, F., Ribeiro, J.L., Branco, M., Zêzere, J.L. (2009). *Guia Metodológico para a Produção de Cartografia Municipal de Risco e para a Criação de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de Base Municipal*. Autoridade Nacional de Proteção Civil, Direção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano, Instituto Geográfico Português, 91p.

NOÇÃO DE RISCO

A ocorrência de cheias corresponde a um processo hidrológico natural associado geralmente a precipitações elevadas, sendo a fertilidade dos vales aluvionares indissociável das inundações periódicas dos terrenos marginais. Estes fenómenos naturais extremos só passam a constituir uma ameaça quando as áreas urbanas e as atividades económicas se expandem ao longo das margens ou nas áreas inundáveis. Neste sentido o risco só existe quando existe a presença de pessoas e bens em áreas inundáveis, como está esquematizado na Figura 14.



Fonte: Almeida, 2008³²

5.2 Objetivos de proteção

A tipologia “zonas ameaçadas pelas cheias” insere-se na classe de “áreas de prevenção de riscos naturais”, cujas funções a proteger são³³:

- i) Prevenção e redução do risco, garantindo a segurança de pessoas e bens;
- ii) Garantia das condições naturais de infiltração e retenção hídricas;
- iii) Regulação do ciclo hidrológico pela ocorrência dos movimentos de transbordo e de retorno das águas;
- iv) Estabilidade topográfica e geomorfológica dos terrenos em causa;
- v) Manutenção da fertilidade e capacidade produtiva dos solos inundáveis.

³² Almeida, A.B. (2008). *Avaliação de Riscos, Segurança e Fiabilidade – Introdução à gestão de Riscos. Apontamentos das Aulas de Engenharia do Ambiente e de Engenharia Civil*. Instituto Superior Técnico.

³³ N.º 3 da alínea c) da Secção III do Anexo I do Decreto-Lei n.º 239/2012, de 2 de novembro.

5.3 Critérios de delimitação

Segundo o Ponto 3.3 da Secção III das Orientações Estratégicas de Âmbito Nacional e Regional para a delimitação da REN a nível municipal, a delimitação das zonas ameaçadas pelas cheias processa-se de forma diferenciada em função do uso e ocupação do território:

1. “Zonas com elementos expostos” – nas zonas em que as cheias possam provocar impactos negativos importantes (consequências prejudiciais significativas) sobre elementos expostos, a delimitação da zona ameaçada pelas cheias considera sempre o período de retorno de 100 anos, podendo considerar períodos de retorno mais baixos (por exemplo 20 anos). A delimitação nestas zonas deve ser apoiada em estudo hidrológico referente à bacia hidrográfica e em estudo hidráulico. Com a publicação da RCM n.º 51/2016, de 20 de setembro, os Instrumentos de Gestão Territorial (IGT) devem assegurar a compatibilidade com os respetivos Planos de Gestão dos Riscos de Inundações (PGRI). Esta articulação concretiza-se pela atualização das zonas inundáveis, aquando da elaboração ou revisão dos instrumentos municipais de ordenamento do território e da elaboração das cartas da REN, e a sua compatibilização deve ter em conta o seu âmbito espacial, o que se traduz na articulação dos limites das áreas inundáveis estabelecidas nos PGRI;
2. “Outras zonas” - nas zonas em que os impactos das cheias em usos agrícolas ou florestais possuam pouca valoração (grande maioria dos territórios rústicos), a delimitação das zonas inundáveis pode resultar apenas da representação dos seguintes aspetos (no contexto deste relatório designados de subcritérios):
 - a. cota da maior cheia conhecida, determinada a partir de marcas de cheia, registos vários e dados cartográficos disponíveis;
 - b. aplicação de critérios geomorfológicos, pedológicos e topográficos apropriados.

5.4 Aplicação dos critérios ao concelho de Tomar

A metodologia para a identificação e delimitação das zonas ameaçadas pelas cheias teve por base estudos hidrológicos e hidráulicos e procedimentos hidrológicos expeditos, nomeadamente:

- A. Estudos Hidrológicos e Hidráulicos (EHH):
 - i. Estudo Hidrológico e Hidráulico do Plano de Gestão dos Riscos de Inundação (APA, 2016; escala regional) – PGRI:
 - Âmbito do estudo: Transposição da Diretiva 2007/60/CE (disposições inscritas no Decreto-Lei n.º 115/2010, de 20 de outubro), relativa à avaliação e gestão dos riscos de inundação, através da elaboração de cartas de zonas inundáveis e cartas de riscos de inundações indicativas das potenciais consequências prejudiciais associadas a diferentes cenários de inundação, com o objetivo de reduzir as consequências para a saúde humana, incluindo perdas humanas, o ambiente, o património cultural, as infraestruturas e as atividades económicas. No Plano foi identificada uma Zona Crítica em Tomar, associada às cheias registadas no rio Nabão.
 - Data: 2016.

- ii. Estudo dos Níveis de Inundação na Área de Intervenção do Plano de Pormenor do Flecheiro – Estudo de Regolfo no Trecho do Plano de Pormenor do Flecheiro com Caudais Definidos no PGRI (Hidracorner, 2018; escala 1/1500) – EHH GIPP (Hidracorner):
 - Âmbito do estudo: Estudo de caracterização das situações de cheia, com período de retorno de 100 anos, que poderão ocorrer no meio urbano e proposta de medida a executar na área em estudo, de modo a controlar e mitigar os efeitos das cheias e garantir a defesa e proteção de pessoas e bens naquelas ocorrências.
 - Data: 2018.

B. Procedimentos hidrológicos expeditos:

- i. Zonas com elementos expostos não abrangidas por estudos hidrológicos e hidráulicos existentes – nestas zonas recorreu-se à aplicação da ferramenta *FloodSim* do ArcGIS;
- ii. Outras zonas:
 - áreas de aluviossolos modernos, tendo em conta que sua pedogénese se encontra associada à ocorrência regular de cheias;
 - informação existente sobre cotas de cheias ocorridas recentemente fornecida pelos presidentes das Juntas de Freguesia do concelho de Tomar, completado com trabalho de campo e verificação de marcas de cheias existente no terreno.

Os restantes estudos hidrológicos e hidráulicos existentes para o rio Nabão, designadamente na zona entre os Açudes de S. Lourenço e da Matrena (Sulplano, 2007; escala 1/5000), na zona de intervenção do Programa POLIS na cidade de Tomar (DHV, 2003; escala 1/2000), e na zona dos Edifícios da Santa Casa de Misericórdia (Hidracorner, 2016; escala 1/500), não foram considerados na presente delimitação das Zonas Ameaças pelas Cheias no âmbito da REN porque não tiveram em consideração o mesmo caudal de ponta de cheia estabelecido pelo PGRI, cujo valor de referência é 973 m³/s para a cheia dos 100 anos.

De acordo com as orientações da APA/ARH Tejo (Parecer S064847-201911-ARHTO.DPI) utiliza-se no caso do EHH do Flecheiro e Mercado, o limite geográfico correspondente às condições/características atuais do rio, ou seja, sem as obras de regularização.

5.4.1 Estudos hidrológicos e hidráulicos

ESTUDO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DO PLANO DE GESTÃO DOS RISCOS DE INUNDAÇÃO

Os Planos de Gestão dos Riscos de Inundações, publicados pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 51/2016, de 20 de setembro e republicado pela Declaração de Retificação n.º 22-A/2016, de 18 de novembro, visam uma redução do risco através da diminuição das potenciais consequências prejudiciais para a saúde humana, as atividades económicas, o património cultural e o meio ambiente, tendo como objetivos estratégicos:

- Aumentar a perceção do risco de inundação e das estratégias de atuação na população e nos agentes sociais e económicos;
- Melhorar o conhecimento e a capacidade de previsão para a adequada gestão do risco de inundação;
- Melhorar o ordenamento do território e a gestão da exposição nas áreas inundáveis;
- Melhorar a resiliência e diminuir a vulnerabilidade dos elementos situados nas áreas de possível inundação;
- Contribuir para a melhoria ou a manutenção do bom estado das massas de água.

Neste primeiro ciclo de planeamento dos PGRI, o principal enfoque foram as cheias de origem fluvial. Estes planos identificaram 22 Zonas Críticas em Portugal continental, considerando as consequências das inundações, com base na experiência e nos estudos desenvolvidos ao longo de vários anos, no âmbito do conhecimento dos fenómenos das cheias e seu impacto no território (anteriores e posteriores à publicação da Diretiva 2007/60/CE, do Parlamento e do Conselho, de 23 de outubro de 2007). O concelho de Tomar, enquadrado no PGRI do Tejo e Ribeiros do Oeste, corresponde a uma das zonas críticas devido às cheias que ocorrem no rio Nabão.

A simulação de cenários hidrológicos permitiu obter os caudais de ponta de cheias, sendo que para o rio Nabão (Tomar), os valores obtidos são os seguintes: 626 m³/s (período de retomo de 20 anos), 973 m³/s (período de retomo de 100 anos) e 1432 m³/s (período de retomo de 1000 anos). Em termos de área atingida pelas cheias, a zona de Tomar apresenta uma extensão de: 5,7 km² associada à cheia dos 20 anos, 6,8 km² associada à cheia dos 100 anos, e 8,7 km² associada à cheia dos 1000 anos.

De acordo com o PGRI do Tejo e Ribeiros do Oeste, a Zona Crítica de Tomar apresenta as maiores áreas, para qualquer dos três cenários hidrológicos, associadas ao risco «Médio» e «Baixo» (superior a 29% da área atingida pelas inundações) enquanto os riscos «Alto» e «Muito alto» representam áreas relevantes e crescentes com o aumento do período de retorno (áreas atingidas entre 9% e 1%). Neste contexto, é expectável que a ocorrência de cheias com estas magnitudes conduzam a prejuízos significativos, nomeadamente sobre a população (superior a 2300 habitantes), as zonas industriais, as infraestruturas rodoviárias e ferroviárias e algumas instalações públicas. Na Figura A. 21 encontram-se os diferentes níveis de perigosidade na área da cidade associada ao PGRI.

Nos PGRI é utilizada uma escala geográfica adaptada a instrumentos de planeamento nacional e regional. Deste modo, há necessidade de se efetuar uma análise local a maior escala quando

se proceder à elabora/revisão dos PDM e carta da REN.

A produção da cartografia para um cenário de inundação de média probabilidade de ocorrência (T=100) a uma escala local cabe ao município aquando da revisão/elaboração da carta da REN, de acordo com a metodologia legalmente em vigor (RCM n.º 81/2012, de 3 de outubro) e sempre utilizando a melhor informação disponível. Neste processo deve ser atendida a informação cartográfica produzida a maior escala, sendo que as grandes diferenças, se as houver, devem ser devidamente justificadas e validadas localmente.

“Na cartografia produzida no âmbito dos PGRI os obstáculos existentes na rede de drenagem, tais como pontes, estrangulamentos, aterros, obras hidráulicas ou outras estruturas, não estavam definidos nos elementos de base do modelo digital de terreno, pelo que não foram considerados” (PGRI, 2016: 91-92). Para estes casos, será necessário realizar estudos de pormenor, com base em cartografia a escala adequada a cada situação. Nessa circunstância a aderência a um cenário real de inundação em espaço urbano é limitado, uma vez que se considera a situação limite que é a inexistente, ou total obstrução, do sistema de drenagem.

Assim, aquando de revisão dos PDM, na delimitação das zonas inundáveis deverá ser considerado um modelo digital de terreno de elevada resolução, maior do que a resolução utilizada no âmbito da cartografia produzida no âmbito dos PGRI, e também o sistema de drenagem, pluvial e doméstico, existente. A articulação entre este IGT deverá ter em conta a sua escala de delimitação, de modo a garantir que as áreas inundáveis sejam compatíveis e respeitem os mesmos critérios.

ESTUDO DOS NÍVEIS DE INUNDAÇÃO NA ÁREA DE INTERVENÇÃO DO PLANO DE PORMENOR DO FLECHEIRO

Segundo a memória descritiva do estudo, a zona de estudo tem uma extensão de 2000 metros, sendo 1600 metros para montante do Açude de S. Lourenço e 400 metros para jusante. Os caudais de ponta de cheia adotados para os diferentes períodos de retorno (T) foram estabelecidos de acordo com o PGRI, conforme se apresenta no Quadro 3.

Quadro 3 - Caudais de ponta de cheia adotados

Período de retorno (anos)	Caudal (m ³ /s)
T = 20	626
T = 100	973
T = 1000	1432

Fonte: Estudo dos Níveis de Inundação na Área de Intervenção do Plano de Pormenor do Flecheiro

Utilizando os perfis topográficos transversais ao trecho do rio em análise e após a sua implantação na carta aerofotogramétrica da cidade, foram elaboradas curvas de regolfo recorrendo ao programa HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center. River Analysis System. U. S. Army Corps of Engineers. Davis, Califórnia*), o qual, entre outras possibilidades, permite a introdução de secções, por pontos, com base no levantamento dos respetivos perfis topográficos, e a modelação do escoamento sob pontes e sobre açudes, em leitos de cheia, bem como, efetuar análises de sensibilidade considerando escoamentos com leitos alterados. Este programa utiliza um método de diferenças finitas para resolução da equação diferencial da conservação de energia, aplicada entre as duas secções limítrofes de um trecho de escoamento em regime permanente.

Neste estudo foram considerados os coeficientes de rugosidade 25 (0,04), 34 (0,029) e 35 (0,0285), de acordo com as características do leito e margens, exceto na margem esquerda no trecho da referida contenção onde se adotou o valor de 40 (0,025). Para todas as secções foram determinados os coeficientes de rugosidade do leito e das duas margens bem como os resultados do cálculo (n.º do perfil, cota mínima no perfil, cota da superfície da água, cota em regime crítico, linha de energia, velocidade de escoamento, área do escoamento, largura máxima do escoamento, n.º de Froude).

ARTICULAÇÃO E COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE O PGRI E O ESTUDO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO LOCAL

Para a aplicação da metodologia previamente estabelecida foi necessário analisar criteriosamente os dois limites resultantes dos EHH elaborados para o rio Nabão (Figura A. 22 – Anexo V), uma vez que estes elementos de base hidrológica e hidráulica se basearam em diferentes escalas de análise.

Os PGRI foram elaborados a uma escala geográfica adaptada a instrumentos de planeamento nacional e regional, evidenciando real necessidade de se efetuar uma análise local (ou seja, a uma escala maior) quando se proceder à elaboração da carta da REN. Também não foram considerados estrangulamentos, pontes, aterros, obras hidráulicas ou outras estruturas. Consequentemente considera-se que se deve privilegiar estudos com uma escala maior sempre que possível.

Face a estas características dos EHH elaborados no âmbito dos PGRI, optou-se pela utilização do limite associado ao EHH elaborado à escala local em detrimento do limite do PGRI, considerando-se que o EHH elaborado à escala local é a melhor informação disponível. Nas áreas onde apenas existe limites de cheia do PGRI, efetuou-se a transposição direta desse limite (Figura A. 23 – Anexo V). A articulação entre os dois limites foi efetuada através da análise da cartografia associada à velocidade de escoamento, elaborada no âmbito do PGRI. O valor de referência adotado corresponde aos dois terços superiores da velocidade de escoamento máximo para a área em análise (1,2m/s). Adicionalmente, na zona do centro histórico da cidade foi adotado o EHH de escala local, realizado no âmbito do PP do Flecheiro, que obrigou à compatibilização entre o PGRI e este. Esta compatibilização foi efetuada por recurso aos testemunhos de ocorrência de cheias na Rua Serpa Pinto n.º 27 (Farmácia Torres Pinheiro) e na rotunda na margem direita da Ponte Eng.º Eduardo Arantes e Oliveira. O referido EHH local foi utilizado na sua versão “sem obras”. Na margem esquerda do centro histórico a ZAC foi definida pela interceção do PGRI com o EHH local tendo em conta a concordância das curvas de nível.

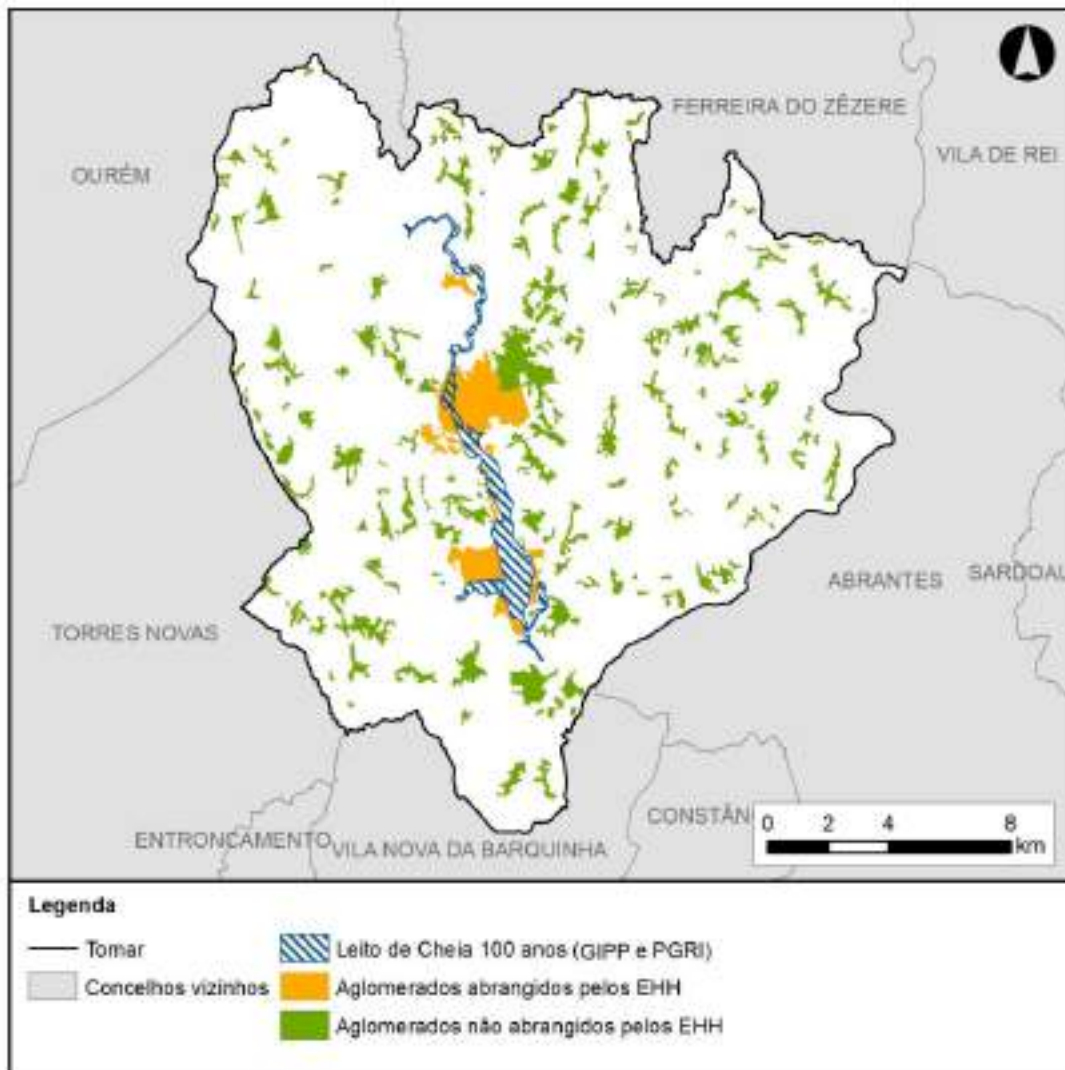
Simultaneamente, procedeu-se à identificação das zonas com elementos expostos que fossem abrangidas pelos leitos de cheia centenária dos estudos hidrológicos e hidráulicos, tendo-se considerado como “zonas com elementos expostos” todos os aglomerados populacionais, designadamente a área central da cidade e os aglomerados habitacionais, periurbanos e rurais (Figura 15) identificados no relatório e planta da hierarquia dos aglomerados e da rede viária do Plano Diretor Municipal de Tomar à data de 2018³⁴.

Nesta análise identificaram-se nove aglomerados populacionais (incluindo a área central da cidade de Tomar) abrangidos pelos limites do leito de cheia, delimitados para um período de

³⁴ Foram identificados 178 aglomerados populacionais no concelho do Tomar. A área ocupada pelos aglomerados é de 4047,2ha.

retorno de 100 anos, dos referidos estudos, enunciados no Anexo V (Quadro A. 7 e Quadro A. 8 - Aglomerados urbanos associados a leitos de cheia por critério).

Figura 15 - Aglomerados abrangidos por Estudos Hidrológicos e Hidráulicos existentes



5.4.2 Procedimentos hidrológicos expeditos

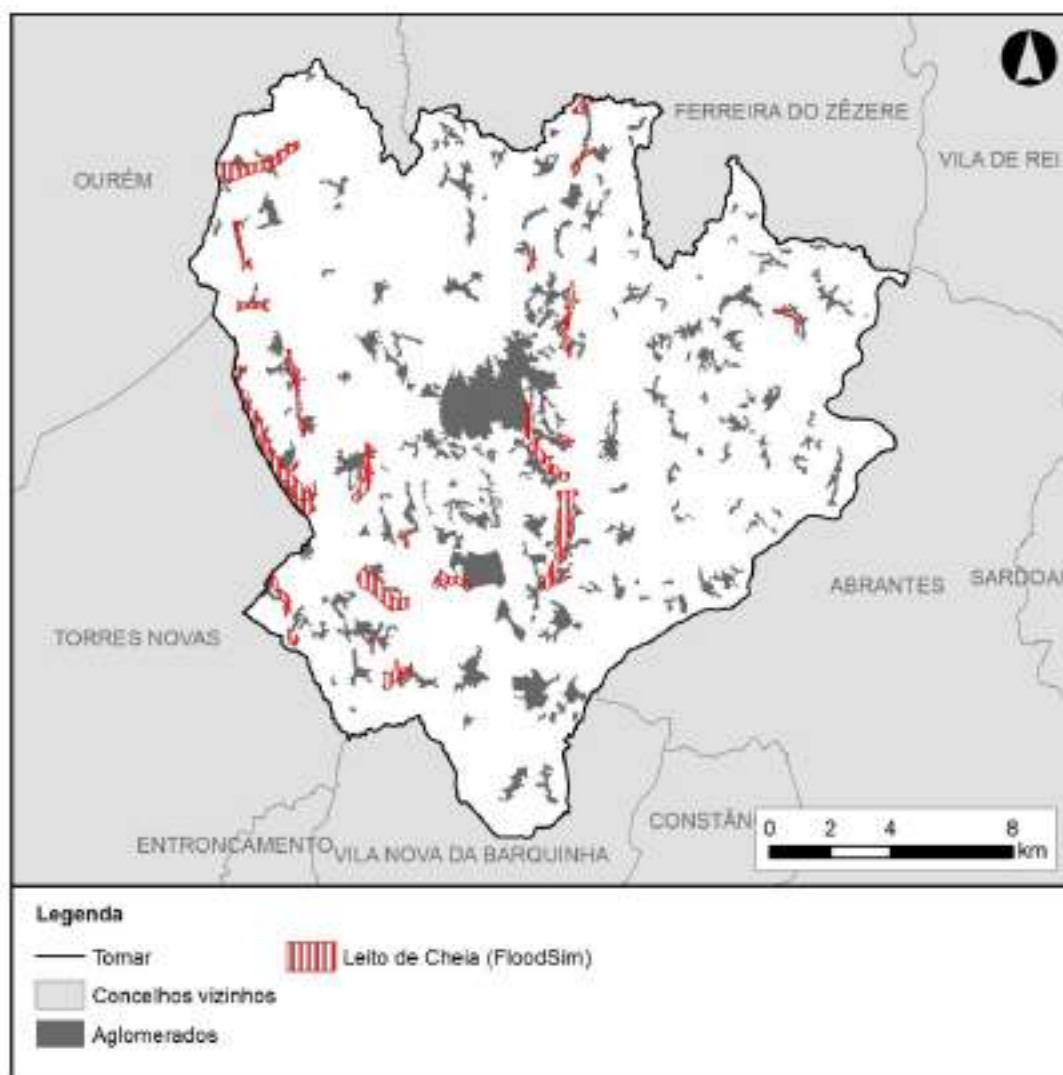
ZONAS COM ELEMENTOS EXPOSTOS NÃO ABRANGIDAS POR ESTUDOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS

Nas zonas com elementos expostos não abrangidas por estudos hidrológicos e hidráulicos aplicou-se um subcritério: (a) “*FloodSim*” - elevação da cota de cheia em 5 metros. Neste caso a ausência de informação altimétrica a uma escala compatível à execução de estudos hidrológicos e hidráulicos em causa resulta na impossibilidade de identificar efetivamente o limite da zona ameaçada pela cheia. Nesta situação optou-se por aplicar, um critério de precaução, o qual passa por delimitar a área coberta por uma cheia 5 metros acima da cota de localização dos aluviossolos modernos, que se indicam a cota de uma cheia normal. O valor de 5 metros foi definido com base na dedução dos valores observados para uma cheia centenária nos casos com estudos hidrológicos e hidráulicos efetuados na cidade de Tomar. Este critério foi aplicado recorrendo à ferramenta *FloodSim* do ArcGIS que permite simular com base nos dados topográficos as áreas ocupadas pela cheia em função das respetivas cotas. No Anexo V apresenta-se a explicação metodológica da aplicação da ferramenta *FloodSim*.

No sentido de validar a informação resultante, efetuou-se o cruzamento desta informação com a informação proveniente do subcritério “Maior cheia conhecida”.

Na Figura 16 apresenta-se a delimitação das zonas ameaçadas pelas cheias segundo o subcritério acima identificado.

Figura 16 - Zonas ameaçadas pelas cheias segundo o subcritério a)



OUTRAS ZONAS (SEM ELEMENTOS EXPOSTOS)

A identificação das zonas do concelho de Tomar ameaçadas pelas cheias foi complementada através de outros dois subcritérios:

- a) Critérios geomorfológicos e pedológicos – resultam da identificação dos aluviossolos modernos no concelho de Tomar a partir da Carta de Solos, uma vez a que sua pedogénese se encontra associada à ocorrência regular de cheias. Esta informação foi adicionalmente corrigida através da carta da RAN (com verificação dos limites das manchas de solo em causa pela Direção Regional de Agricultura e Pescas);
- b) Maior cheia conhecida – resulta da espacialização dos registos de cheias indicadas cartograficamente pelas Juntas de Freguesia, à escala 1/10.000 (Figura A. 23 – Anexo V), no inquérito realizado na sequência da 1ª ronda de reuniões efetuadas em dezembro de 2007 e janeiro de 2008 e das marcas de cheia e testemunhos obtidos aquando do trabalho de campo realizado a 23 e 30 de janeiro de 2018. Os referidos registos de cheias indicados pelas Juntas de Freguesia foram integralmente vetorizados em ambiente ArcGIS (concretização inicial do critério “Maior cheia conhecida” – Figura 17), tendo sido

posteriormente verificados e atualizados através de trabalho de campo, nomeadamente testemunhos de pessoas que presenciaram o fenómeno de cheias *in loco*, marcas de cheias datadas e vestígios de cheias em elementos presente no território (e.g. casas, muros) (Quadro 6; Figura 17; Figura 18). Neste sentido, todos os locais registados no Quadro 6 apresentam eventos associados à ocorrência de cheias. O valor zero associado à altura acima da cota do terreno deve ser interpretado como o limite máximo planimétrico da cobertura da água durante o evento da cheia, sendo consequentemente, o limite pelo qual deverá ser delimitada a zona ameaçada pela cheia.

Os resultados obtidos através deste subcritério foram cruzados com os restantes critérios e subcritérios, com o intuito de validar a informação anteriormente produzida, dado que a maior cheia conhecida poderá não corresponder à cheia com período de retorno de 100 anos. Os locais da rede de amostragem foram estabelecidos com base na informação do parecer da APA/ARH-Tejo (emitido em 2017), e complementada com informação apresentada pelos presidentes de Junta de Freguesia nas datas de realização dos trabalhos de campo.

Nas áreas envolventes aos EHH elaborados à escala local não foram aplicados os critérios “Geomorfológicos e pedológicos” e “Maior cheia conhecida” dado que se tratam de zonas devidamente estudadas e analisadas através de modelos numéricos de elevado rigor.

Aos critérios “FloodSim” (elevação da cota de cheia em 5 metros), “Geomorfológicos e pedológicos” e “Maior cheia conhecida”, efetuou-se o ajuste dessa informação (respetivos limites) recorrendo à informação altimétrica (curvas de nível de 5m), por forma a garantir a coerência com a topografia e tendo em consideração os padrões normais de escoamento.

Os aglomerados urbanos Carregueiros e Fetais de Cima e de Baixo/Sabrosa/Vale Venteiro encontram-se em zona suscetível de ocorrência de cheias (área correspondente: 0,13 e 1,17ha, respetivamente), de acordo com o critério “Maior cheia conhecida”. Apesar de serem áreas urbanas, o critério “FloodSim” não foi aplicado porque estas áreas não possuem elementos em risco.

Quadro 4 - Cotas de referência recolhidas através de trabalho de campo a 23 e 30 de janeiro de 2018

Lugar	Coordenadas (X | Y | Z)	Altura acima da cota do terreno (m)	Fonte de informação	Registos fotográficos (Figura A. 24 do Anexo V)
Sabacheira	-29916.752178 | 1065.66181531 | 97.75	0	Registo histórico; Testemunho	1, 2
Sabacheira	-30456.3332171 | 745.386178401 | 99.40	0	Testemunho	3
Chão de Maças-Gare	-31061.9558018 | -913.86997709 | 148.99	0	Testemunho	4
Carregueiros	-26371.2860871 | -4987.19145707 | 123.03	0	Testemunho	5
Brasões (a 140m do aglomerado)	-27112.120902 | -5867.72655147 | 115.00	0	Testemunho	6, 7, 8
Brasões (a 150m do aglomerado)	-27291.2107356 | -5713.75980234 | 115.80	0	Testemunho	9
Juncais (a 35m de Juncais de Cima B)	-24930.5920787 | -9621.58420537 | 86.86	0	Testemunho	10, 11
Porto da Lage	-29237.6553615 | -9645.08452285 | 70.61	1,6	Testemunho	12
Porto da Lage	-29224.9234137 | -9727.55094111 | 70.00	0	Testemunho	-
Porto da Lage	-27335.8265578 | -9997.5102277 | 86.46	0	Vestígios de cheia; Testemunho	13
Porto da Lage	-28769.4477584 | -10006.4002455 | 65.00	0	Testemunho	14, 15, 16
Tomar	-23981.6667725 | -7055.02993135 | 51.42	0,51	Registo histórico	17
Prado (aglomerado de Pedreira)	-23002.6037646 | -2652.71410777 | 62.33	0,5; 0,9; 1,0; 1,1; 1,7	Registo histórico; Testemunho	18, 19, 20, 21
Prado (aglomerado de Pedreira)	-22906.0370048 | -2694.59667487 | 60.20	0,2	Testemunho	22
Santa Cita	-22157.5156993 | -13332.9134439 | 41.50	1,5	Testemunho	23
Quinta do Falcão	-21421.7649223 | -13038.6500611 | 40.21	1,0	Testemunho	24, 25, 26, 27
Vermoeiros (a 110m do aglomerado de São Pedro de Tomar)	-20329.3087374 | -12001.0579859 | 46.39	1,0	Vestígios de cheia	28, 29

Lugar	Coordenadas (X | Y | Z)	Altura acima da cota do terreno (m)	Fonte de informação	Registos fotográficos (Figura A. 24 do Anexo V)
Lugar	Coordenadas (X | Y | Z)	Altura acima da cota do terreno (m)	Fonte de informação	Registos fotográficos (Figura A. 24 do Anexo V)
Vermoeiros (a 109m do aglomerado de São Pedro de Tomar)	-20372.9121579 | -11902.1036213 | 46.17	0	Vestígios de cheia; Testemunho	30
Vermoeiros (a 72m do aglomerado de São Pedro de Tomar)	-20371.2611546 | -11893.8486048 | 45.82	0	Testemunho	31, 32
Coito	-20396.4707051 | -9838.62113326 | 58.50	0,3	Vestígios de cheia	33
Bairrada	-20120.5551223 | -9942.34637207 | 53.91	0	Vestígios de cheia;	34
Bairrada	-20085.0025821 | -9960.81654432 | 53.69	0	Testemunho	35
Guerreira (aglomerado de Santa Cita)	-22133.7835 | -13523.9732 | 44.32	0	Testemunho	-
Cem Soldos	-27051.1285755 | -8915.15250566 | 90.81	0	Vestígios de cheia; Testemunho	36
Monchite	-30391.3648111 | 971.730143327 | 99.52	0,5	Testemunho	37, 38
Taveira	-20160.4513164 | -15647.4617621 | 32.5	2,5	Testemunho	39, 40
Estremadouro	-31676.4194547 | 804.067600351 | 101.62	0,8	Vestígios de cheia; Testemunho	41, 42, 43

Nota: O valor zero associado à altura acima da cota do terreno deverá ser interpretado como o limite máximo planimétrico da cobertura da água durante o evento da cheia documentada.

Na Figura 17 apresenta-se a delimitação das zonas ameaçadas pelas cheias segundo os subcritérios acima identificados.

Figura 17 - Zonas ameaçadas pelas cheias segundo os subcritérios b) e c)

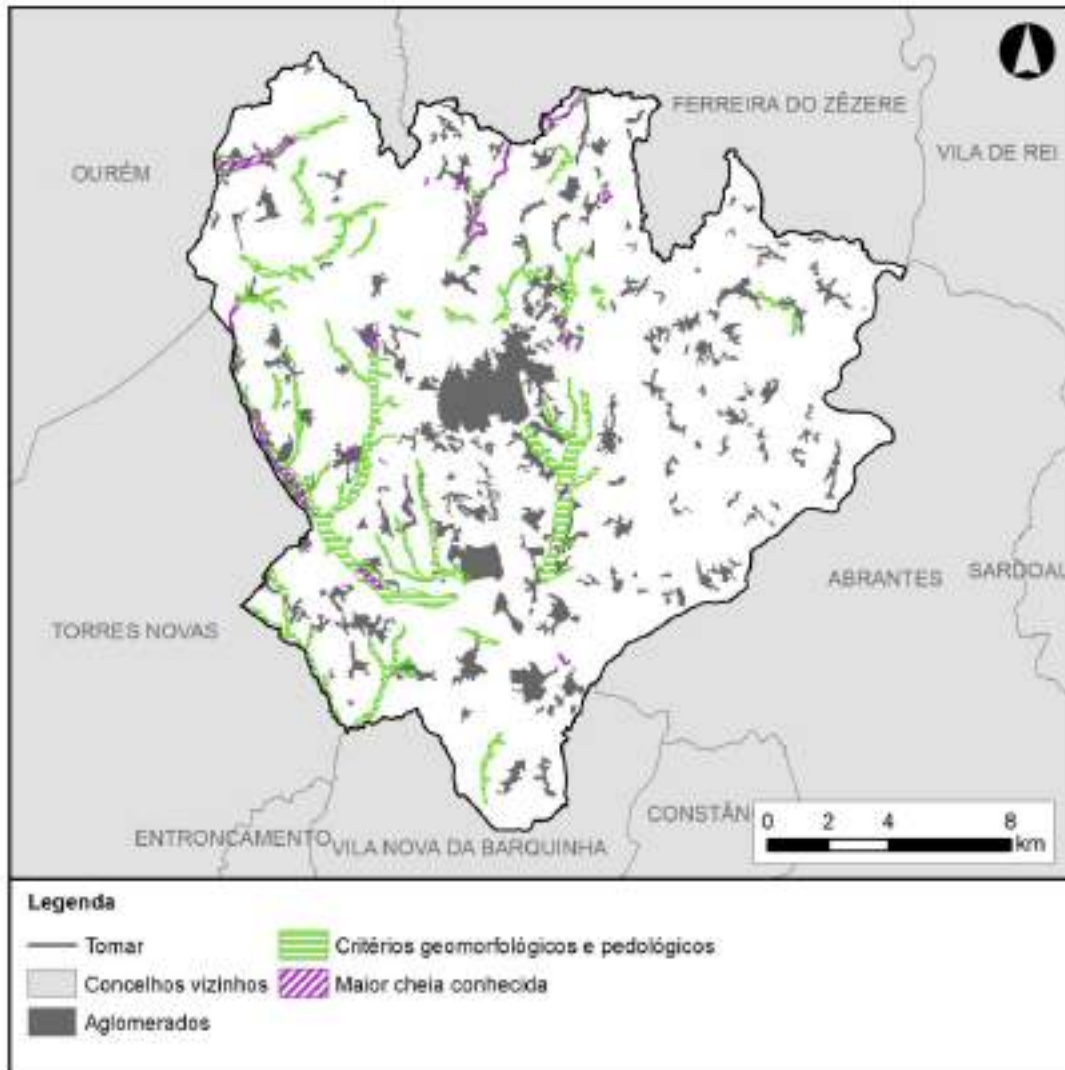
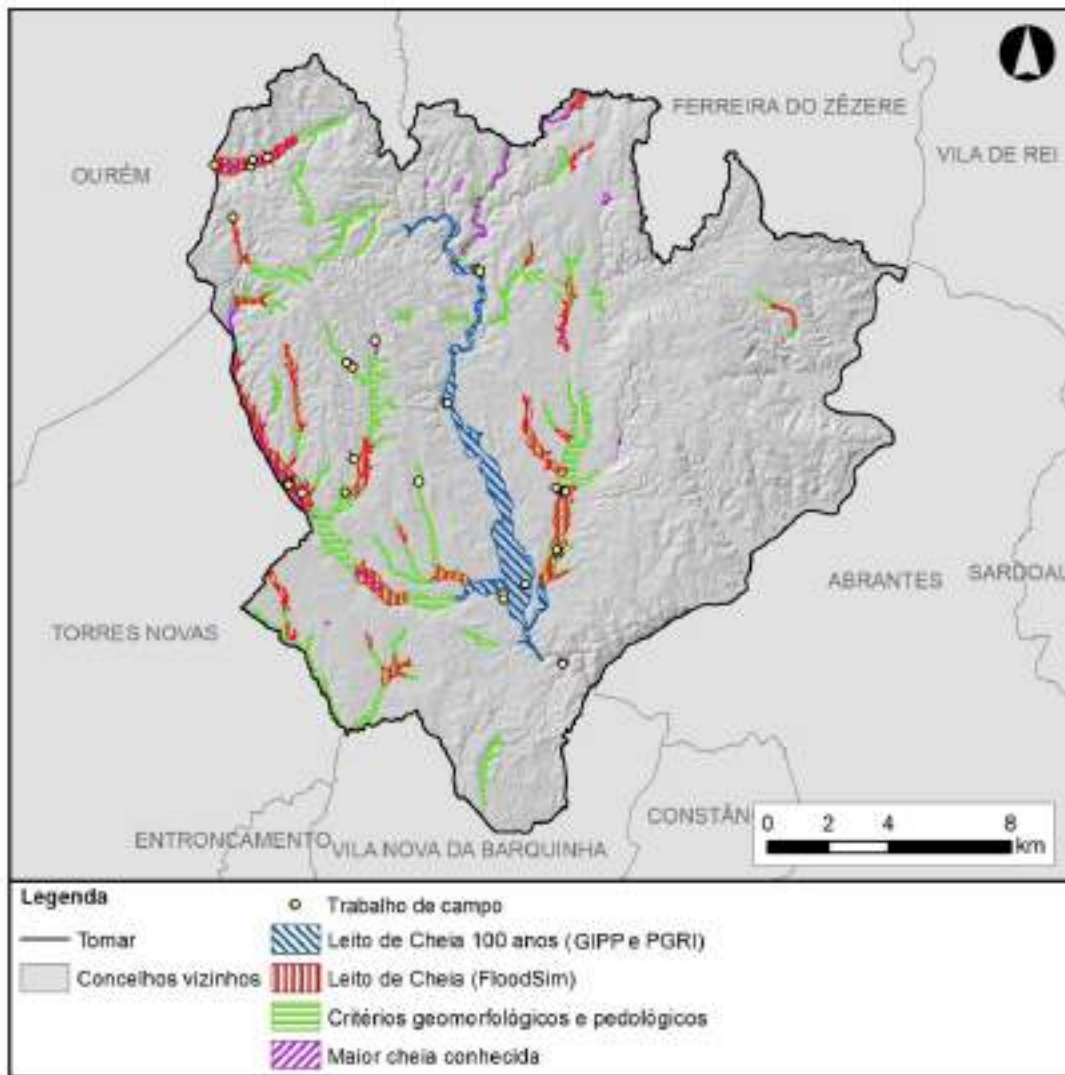


Figura 18 - Critérios de delimitação da tipologia ZAC com espacialização do trabalho de campo realizado no concelho de Tomar



5.4.3 Delimitação das ZAC por tipologia de situação de risco

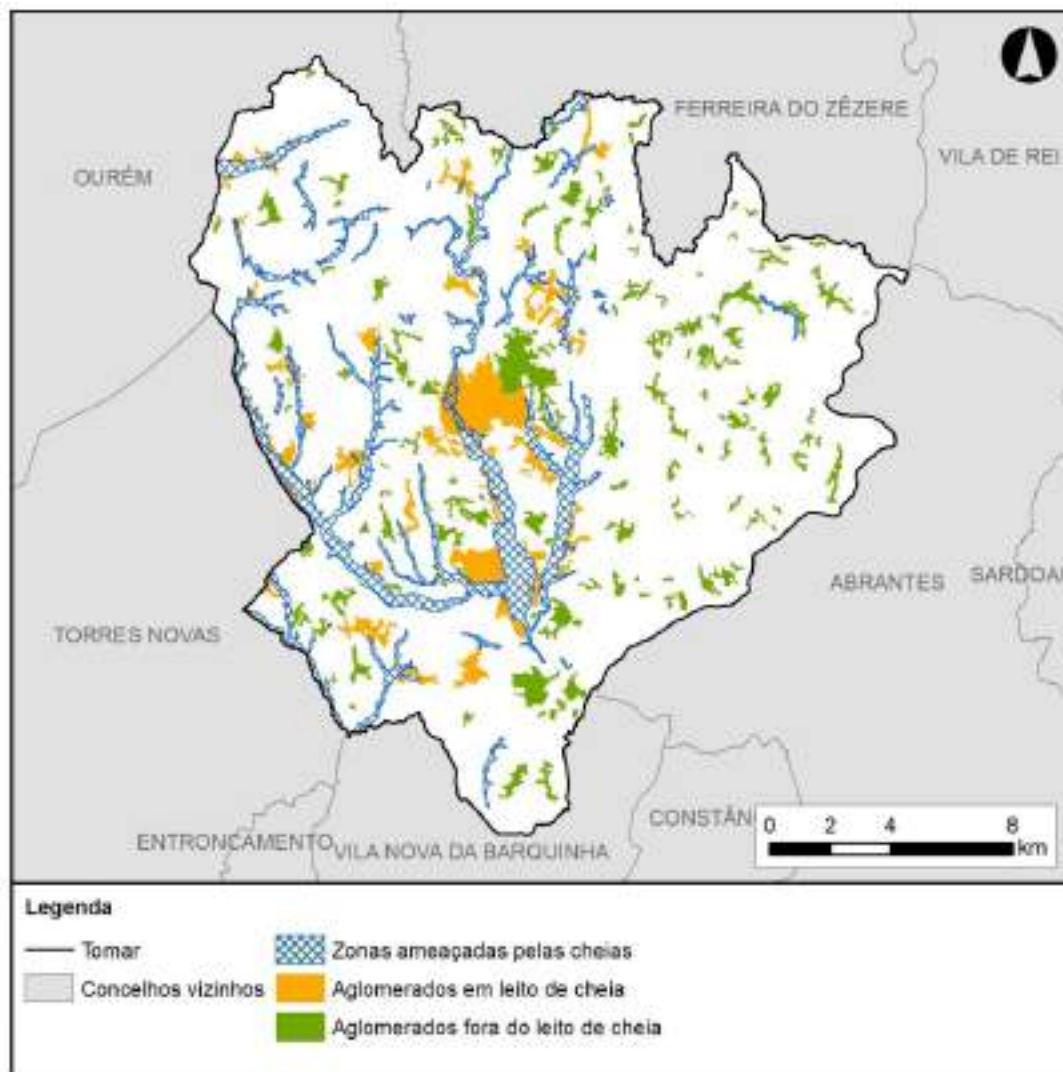
Da sobreposição entre os aglomerados e as situações de risco de cheia (identificadas através dos diferentes critérios utilizados), identificaram-se 47 aglomerados (incluindo a área central da cidade de Tomar) situados em zonas vulneráveis (Figura 19), e assim, em situação de risco. No Anexo V encontra-se o fluxograma metodológico (Figura A. 25 – Anexo V) da delimitação das ZAC para o concelho de Tomar referente à aplicação cumulativa dos vários critérios, bem como a identificação e informação de cada aglomerado relativamente ao risco de cheias (Quadro A. 7, Quadro A. 8 - Aglomerados urbanos associados a leitos de cheia por critério e Quadro A. 9 – Anexo V).

As áreas identificadas na presente tipologia da REN correspondem a uma área total de 2622,2 ha, cerca de 7,4% da área total do concelho. As áreas delimitadas como zona ameaçada pelas cheias correspondentes a cada critério e subcritério são as seguintes: i) EHH – 660,07 ha (1,9% do total do concelho); ii) “FloodSim” - 850,3 ha (2,4% do total do concelho); iii) “Critérios geomorfológicos e pedológicos” – 1772,2 ha (5,0% total do concelho); e iv) “Maior cheia

conhecida” – 224,0 ha (0,6% do total do concelho). Devido à existência de quatro componentes que se sobrepõem no território, o somatório das áreas das diferentes componentes não corresponde à área associada à tipologia “zonas ameaçadas pelas cheias”, sendo este último um valor inferior.

Na Figura 19 encontra-se a proposta de delimitação resultante da aplicação cumulativa de todos os critérios anteriormente mencionados.

Figura 19 - Proposta de delimitação da tipologia “Zonas ameaçadas pelas cheias” com aglomerados por tipologia de situação face ao risco de inundação



6. Áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo

No que diz respeito a esta tipologia, os parecer emitidos pela CCDR-LVT rejeitam as delimitações realizadas à luz da metodologia prevista no documento do STCNREN, e em certa parte, do guia metodológico para a Delimitação da Reserva Ecológica Nacional da CCDR-LVT de 2015, nota técnica da CCDR-LVT de dezembro de 2014, recomendações técnicas da Comissão Nacional do Território anteriores a novembro de 2017 e Orientações Estratégicas de Âmbito Nacional e Regional publicada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 81/2012, de 3 de outubro, com a Declaração de Retificação n.º 71/2012, de 30 de novembro, pelo que se apresenta uma reformulação de acordo com a Recomendação Técnica n.º 1/2017, de 17 de novembro, da Comissão Nacional do Território.

6.1 Definições e conceitos base

A erosão do solo é definida por Eckelmann *et al.* (2006)³⁵ como “o desgaste da superfície terrestre por forças físicas, tais como precipitação, água corrente, vento, gelo, a mudança de temperatura, a gravidade ou outros agentes naturais ou antropogénicos que desgaste, separe e remova o solo ou materiais geológicos de um ponto sobre a superfície e ser depositado noutra parte”.

A erosão do solo é um processo que ocorre naturalmente ao longo de escalas de tempo geológicas e deve apenas ser considerada quando a taxa natural tenha sido significativamente alterada pela aceleração e aumento do processo erosivo em causa, por atividades antrópicas, devendo ser entendida como um processo de degradação do solo e portando, uma ameaça, no âmbito da proteção do solo (Eckelmann *et al.*, 2006).

Os fatores relacionados com o risco de erosão do solo podem então ter causas naturais e antropogénicas.

Segundo a legislação em vigor, as áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo são “as áreas que, devido às suas características de solo e de declive, estão sujeitas à perda excessiva de solo por ação do escoamento superficial”³⁶. A legislação define ainda que a delimitação das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo deve considerar, de forma ponderada para a bacia hidrográfica, a erosividade da precipitação, a erodibilidade média dos solos, a topografia, o uso do solo e a ocupação humana.

6.2 Objetivos de proteção

A tipologia “áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo” insere-se na classe de “Áreas de prevenção de riscos naturais”, e as funções a proteger são³⁷:

- i) Conservação do recurso solo;

³⁵ Eckelmann, W., Baritz, R., Bialousz, S., Bielek, P., Carre, F., Houšková, B., Jones, R.J.A., Kibblewhite, M.G., Kozak, J., Le Bas, C., Tóth, G., Tóth, T., Várallyay, G., Yli Halla, M. & Zupan, M. (2006). *Common Criteria for Risk Area Identification according to Soil Threats*. European Soil Bureau Research Report No.20, EUR 22185 EN, 94pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

³⁶ N.º 1 da alínea d) da Secção III do Anexo I do Decreto-Lei n.º 239/2012 de 2 de novembro.

³⁷ N.º 3 da alínea d) da Secção III do Anexo I do Decreto-Lei n.º 239/2012 de 2 de novembro.

- ii) Manutenção do equilíbrio dos processos morfo genéticos e pedogenéticos;
- iii) Regulação do ciclo hidrológico através da promoção da infiltração em detrimento do escoamento superficial;
- iv) Redução da perda de solo, diminuindo a colmatação dos solos a jusante e o assoreamento das massas de água.

6.3 Critérios de delimitação

De acordo com a Recomendação Técnica n.º 1/2017, no âmbito da delimitação das Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo (AEREHS) foram identificados alguns constrangimentos na aplicação da fórmula de cálculo nas Orientações Estratégicas de Âmbito Nacional e Regional. Tais constrangimentos predem-se fundamentalmente com a conversão das unidades em que se encontram alguns parâmetros de cálculo, bem como com o diferencial na qualidade da informação disponível para as diferentes regiões do território continental na qualidade da informação disponível para as regiões do território continental, o que leva a que nem sempre se consiga assegurar rigor nos resultados obtidos.

METODOLOGIA PARA A DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS DE ELEVADO RISCO DE EROÇÃO HÍDRICA DO SOLO

As “áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo” são as que, devido às suas características de solo e de declive, estão sujeitas à perda de solo por ação do escoamento superficial, pelo que a avaliação da suscetibilidade à erosão hídrica do solo deverá ser feita com base nas variáveis físicas (erosão potencial), como a intensidade da precipitação, erodibilidade dos solos, comprimento e declive das vertentes.

A delimitação das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo apoia-se na identificação da erosão potencial do solo (A), através da seguinte equação, que considera os fatores de erosividade da precipitação (R), erodibilidade dos solos (K) e topografia (LS), traduzida na expressão:

$$A = R \times K \times LS$$

Onde:

- A – valor da Erosão Potencial do Solo, expresso em t ha⁻¹ ano⁻¹;
- R - fator de erosividade da precipitação, cujos valores constam do cartograma Erosividade da Precipitação (449 postos 50,8 mm), baseados nas estimativas efetuadas pela APA, os quais consideram eventos com precipitação total superior a 50,8 mm (duas polegadas), expresso em MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹;
- K - fator relativo à erodibilidade do solo, cujos valores são dados em unidades SI, e se encontram disponíveis em “Diretrizes para a Aplicação da Equação Universal da Perda de Solos em SIG” (Pimenta, 1999)³⁸, expresso em t h ha MJ⁻¹ ha⁻¹ mm⁻¹;

³⁸ 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*, in <http://snirh.pt>.

- *LS* - fator topográfico que exprime a importância conjugada do comprimento da encosta (L) e do seu declive (S), sendo um fator adimensional.

As fontes de informação às quais se deve recorrer para o cálculo dos fatores são as seguintes:

Fator R

Cálculos da erosividade da precipitação com base em trabalhos científicos e técnicos desenvolvidos por especialistas. As unidades terão que ser as do Sistema Internacional ($t\ h\ ha\ MJ^{-1}\ ha^{-1}\ mm^{-1}$), conforme se efetua neste estudo.

Fator K

Os valores a utilizar são os que constam do quadro que está em anexo ao artigo “Diretrizes para a aplicação da Equação Universal de Perda dos Solos em SIG” de Pimenta, M. T. (1999), páginas 10 a 12, em unidades do Sistema Internacional ($t\ h\ ha\ MJ^{-1}\ ha^{-1}\ mm^{-1}$).

Caso o tipo de solo em causa não conste no quadro referido, recomenda-se a consulta do quadro 4 (página 8 do mesmo documento) que faz correspondência entre a classificação da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) e do SROA, ressaltando-se que o mesmo se encontra em unidades métricas. Dividir o valor obtido por 9,81 (para converter as unidades do sistema métrico para o Sistema Internacional).

No caso dos solos cuja erodibilidade não esteja determinada, pode recorrer-se a outros estudos tecnicamente sustentados ou estimar o valor por analogia, solução q que apenas se deve recorrer após a verificação dos dois quadros anteriormente mencionados e se comprovada a inexistência de outros estudos. Quando uma mancha integra mais do que um tipo de solo, o seu valor de erodibilidade deve corresponder à média ponderada dos valores respeitantes a cada um dos solos. As unidades terão de ser sempre as do Sistema Internacional.

Fator LS

O fator LS é determinado pela seguinte expressão:

$$LS = \left(\frac{\lambda}{22,3} \right)^m (65,41 \text{sen}^2\theta + 4,56 \text{sen}\theta + 0,065)$$

Em que:

- λ - Comprimento do desnível, em metros. Caso o valor seja dado em pés, utiliza-se a expressão: $\lambda/72,6$;
- θ - Ângulo associado à inclinação do desnível, em radianos;
- m - Coeficiente dependente do declive (S) que assume os seguintes valores:

Declive (%)	m
$S \geq 5$	0,54
$3 \leq S < 5$	0,40
$1 \leq S < 3$	0,30
$S < 1$	0,20

A determinação do comprimento da encosta através do Mapa do Sentido dos Fluxos tem que ser aferida em função do comprimento máximo da encosta verificada no território. Uma vez obtido o valor do comprimento máximo da encosta existente no concelho e calculado o número de pixéis correspondente, deve aplicar-se uma condição que estabeleça este valor como o valor máximo de pixéis a considerar para efeitos de cálculo. 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, 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 setor a montante.

O LS pode, ainda, ser determinado através de ferramenta disponível em Sistema de Informação Geográfica (SIG), recomendando-se, a título de exemplo, o recurso ao modelo desenvolvido por Mitasova (1996).

Para o cálculo das Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo, não são considerados os parâmetros C – Fator relativo ao tipo de cultura, P – fator antrópico e SDR – razão de cedência de sedimentos, pois a aplicação destes fatores ao território municipal, para efeitos de delimitação da REN, apresenta limitações, que se prendem quer com a sua mutabilidade, quer com a dificuldade em traduzir a heterogeneidade dos territórios e com os critérios dos fatores de formação do solo e dos processos pedogenéticos, que não são significativos no cálculo do SDR.

Todavia, as práticas agrícolas que comportam a construção de socacos e/ou muros de contenção de terra, cuja mutabilidade não têm expressão, têm um papel significativo na redução da erosão potencial do solo. Nestas situações, o valor de P deve ser considerado no cálculo, não como fator antrópico, mas como fator de prática de conservação do solo.

Em termos de classificação qualitativas da avaliação do risco associado à erosão potencial do solo, aplicam-se os valores de Elevado e Médio risco, de acordo com a indicação do quadro seguinte, para efeitos de integração na REN, sem prejuízo de, em função da informação técnica disponível e desde que devidamente, poderem ser integradas na REN áreas com valor inferior de erosão específica do solo, atentas as suas características próprias:

Erosão potencial do solo (ton ha⁻¹ ano⁻¹)	Avaliação do Risco
≥ 55	Elevado
[25 – 55[	Médio
25 <	Baixo

Deve ser efetuada uma ponderação entre o resultado obtido por aplicação da metodologia anteriormente definida e o resultado da Erosão Potencial do Solo, cujos fatores K, R e P (nos casos aplicáveis) são os disponibilizados pelo JRC e o fator LS é o resultado da aplicação da metodologia, tendo ainda presente o conhecimento do território. Com esta ponderação

pretende-se aferir quanto à necessidade de serem efetuados ajustes nos limites críticos da proposta com vista a assegurar a correta proteção do recurso em presença.

6.4 Aplicação dos critérios ao concelho de Tomar

Apresenta-se de seguida a delimitação das “áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo” no concelho de Tomar, sendo esta aplicação subdividida em três fases, apresentadas nos subcapítulos subsequentes:

1. Tratamento da informação;
2. Cálculo da erosão potencial do solo;
3. Delimitação das áreas a integrar a REN.

6.4.1 Tratamento da informação

A aplicação da metodologia descrita no capítulo 6.3 pressupõe o tratamento da informação base necessária ao cálculo da erosão potencial do solo (A), sendo que os seguintes dados apresentados foram em todos os casos convertidos para o formato *Raster* (célula de 5 m), de forma a permitirem o cálculo matricial no ambiente SIG:

- **Modelo Digital de Terreno (MDT)**

O modelo digital de terreno foi determinado recorrendo à informação altimétrica da cartografia homologada 10k (2015) (curvas de nível com equidistância de 5m) através da criação de um modelo TIN no ArcGIS, respetiva conversão para dois ficheiros *Raster* com células de 5 e 10 m e correção das depressões dos MDT através da ferramenta *Fill* do ArcGIS.

- **Fator K - Erodibilidade do solo**

Para a determinação do fator K, foi necessário, em primeira instância, efetuar a correspondência entre as unidades pedológicas da Carta de Solos (adquirida à DGADR à escala 1/25.000) e o fator K, em unidades do SI ($t\ h\ ha\ Mj^{-1}\ ha^{-1}\ mm^{-1}$). Os valores adotados (Quadro A. 10 - Erodibilidade por classe de solo (Fator K em SI) do Anexo VI) foram determinados de acordo com o quadro em anexo ao artigo de Pimenta (1999), correspondente à erodibilidade dos solos para as unidades pedológicas representadas no sistema de classificação adotadas no SROA (páginas 10 a 12 do mencionado artigo). Quando o tipo de solo em causa não consta no referido quadro, adotou-se as seguintes abordagens supletivas, associadas à consulta de estudos tecnicamente sustentados e/ou a estimativa de valores de erodibilidade por analogia:

- 1) Pimenta (1999)³⁹, Quadro 4 – faz correspondência entre a classificação da FAO e do SROA (página 8 do mencionado artigo);

³⁹ 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*, in <http://snirh.pt>.

- 2) Pimenta (1998)⁴⁰, Quadro 4 - indica os valores de erodibilidade adotados para os solos não estudados em Cardoso (1965);
- 3) Henriques (2009)⁴¹, Quadro A6 - refere valores de erodibilidade atribuídos a cada tipo de solo existente no concelho de Caldas da Rainha;
- 4) Estimativa de valores de erodibilidade por analogia com os solos semelhantes.

Quando os valores se encontram em unidades métricas, podem ser convertidos em unidades do SI através do fator de conversão 9,81 (valor da aceleração da gravidade), conforme referido por Pimenta (1998).

Para aplicação dos critérios de delimitação foi necessário proceder à reclassificação da Tabela de Atributos da Carta de Solos de acordo com as características específicas de cada unidade pedológica. De forma a facilitar o cálculo do fator K representativo das unidades complexas e/ou com fases pedológicas, optou-se por separar a informação característica de cada unidade pedológica e suas possíveis fases em campos de atributos diferentes na tabela de dados associada à Carta de Solos. Nos casos onde coexistem várias (no máximo 3) unidades pedológicas na mesma mancha, efetuou-se a média ponderada dos valores respeitantes a cada um dos solos.

▪ **Fator R - Erosividade da precipitação**

O fator R foi obtido em formato *Raster* no sítio eletrónico do SNIAMB, dado em t_{americanas}.pé/acre. As únicas operações intermédias realizadas foram o *clip* para área geográfica do concelho de Tomar e o redimensionamento da célula de 250 m para 5 m. A fórmula da erosão potencial do solo considera a constante (valor 2,24) que visa a conversão das unidades anglo-saxónicas para o Sistema Internacional ($t\ h\ ha\ MJ^{-1}\ ha^{-1}\ mm^{-1}$), ou seja, foram utilizadas as unidades do Sistema Internacional.

▪ **Fator LS – Fator topográfico associado ao comprimento da encosta (L) e declive (S)**

O fator LS foi determinado através do *MapAlgebra* e da aplicação da expressão anteriormente apresentada no capítulo 6.3.

O comprimento da encosta derivou da multiplicação do mapa do fluxo acumulado pela dimensão das unidades matriciais adotadas (10 m) e pelo fator de conversão das unidades de metros para pés (3,282). Segundo a Recomendação Técnica n.º 1/2017, a determinação do comprimento da encosta através do mapa dos fluxos acumulados tem de ser aferida em função do comprimento máximo da encosta verificada no território. Assim, aferiu-se o comprimento máximo das vertentes em Tomar (686 metros) através do Modelo Digital de Terreno, recorrendo à ferramenta *Steepest Path* do ArcGIS. Posteriormente aplicou-se uma condição que estabelece o valor de 686 metros como o valor máximo de pixéis a considerar para efeitos de cálculo. Tal correção torna-se necessária para minimizar o erro associado a este parâmetro, uma vez que o fluxo acumulado dá apenas noção dos pixéis acumulados e não do comprimento real da

⁴⁰ Pimenta, M. T. (1998). *Caracterização da erodibilidade dos solos a Sul do rio Tejo*. Instituto da Água (INAG), Lisboa.

⁴¹ Henriques, C. (2009). *Dinâmica de vertentes no contexto da Reserva Ecológica Nacional: o caso de estudo do concelho de Caldas da Rainha*. Dissertação de mestrado apresentada à Universidade de Lisboa, Lisboa. 140p.

vertente. Assim, ao aplicar-se esta condição, não são contabilizadas as áreas de fundos de vale que apresentam os maiores volumes de acumulação, ou seja, que apenas representam indiscriminadamente o número de células que para elas escoam.

O ângulo associado à inclinação do desnível foi obtido através do mapa de declives em radianos. Este mapa foi obtido a partir do mapa de declives em graus, tendo-se utilizado o respetivo fator de conversão de graus para radianos: $0,017453$ ($1\text{rad}=\text{Pi}/180$).

Por último, o coeficiente m derivou do agrupamento dos declives em percentagem e da reclassificação dos mesmos, de acordo com o quadro apresentado no capítulo 6.3.

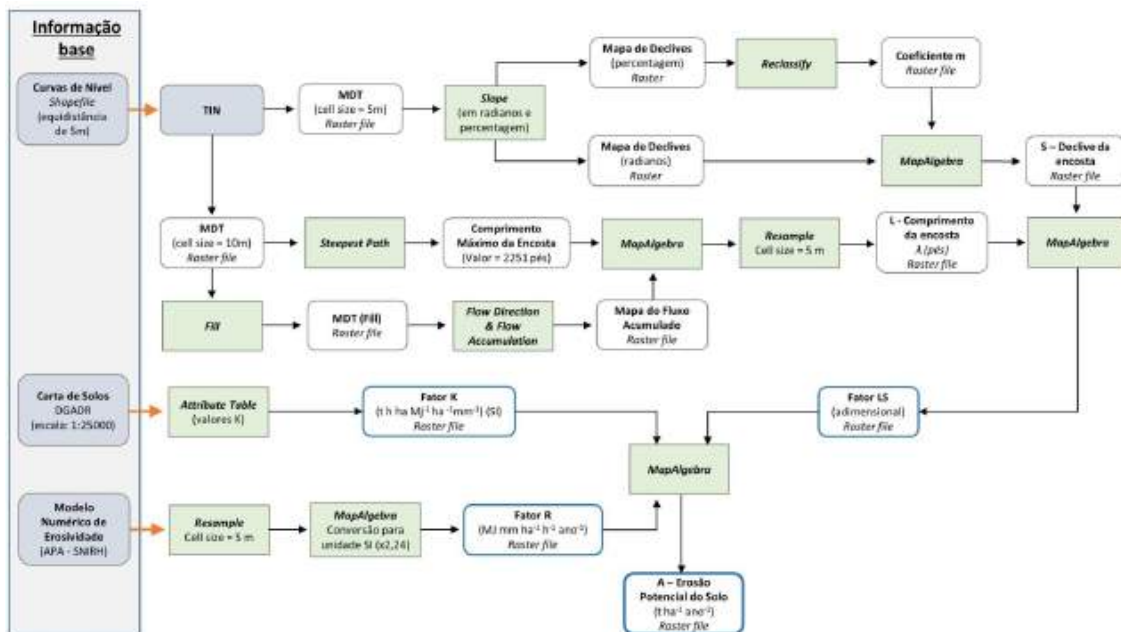
6.4.2 Cálculo da erosão potencial do solo

A aplicação da metodologia enunciada no capítulo 6.3 conduziu à determinação e cálculo de diversos mapas intermédios, entre os quais se destacam, e se apresentam no Anexo VI:

- Mapa de Declives (Figura A. 26 – Anexo VI);
- Mapa do Coeficiente m (Figura A. 27 – Anexo VI);
- Mapa do Comprimento do Desnível (Figura A. 28 – Anexo VI);
- Mapa do Fator Topográfico (Figura A. 29 – Anexo VI);
- Mapa do Fator K (Figura A. 30 – Anexo VI);
- Mapa do Fator R (Figura A. 31 – Anexo VI).

Os procedimentos metodológicos seguidos no ArcGIS, assentes em *MapAlgebra* e em diversas ferramentas de análise espacial, que conduziram à determinação da Erosão Potencial do Solo (A) apresentam-se detalhadamente no fluxograma da Figura 20, sendo o resultado final apresentado na figura seguinte (Figura 21), com representação das classes de erosão potencial do solo classificadas segundo os valores de corte de $11, 25$ e $55 \text{ ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

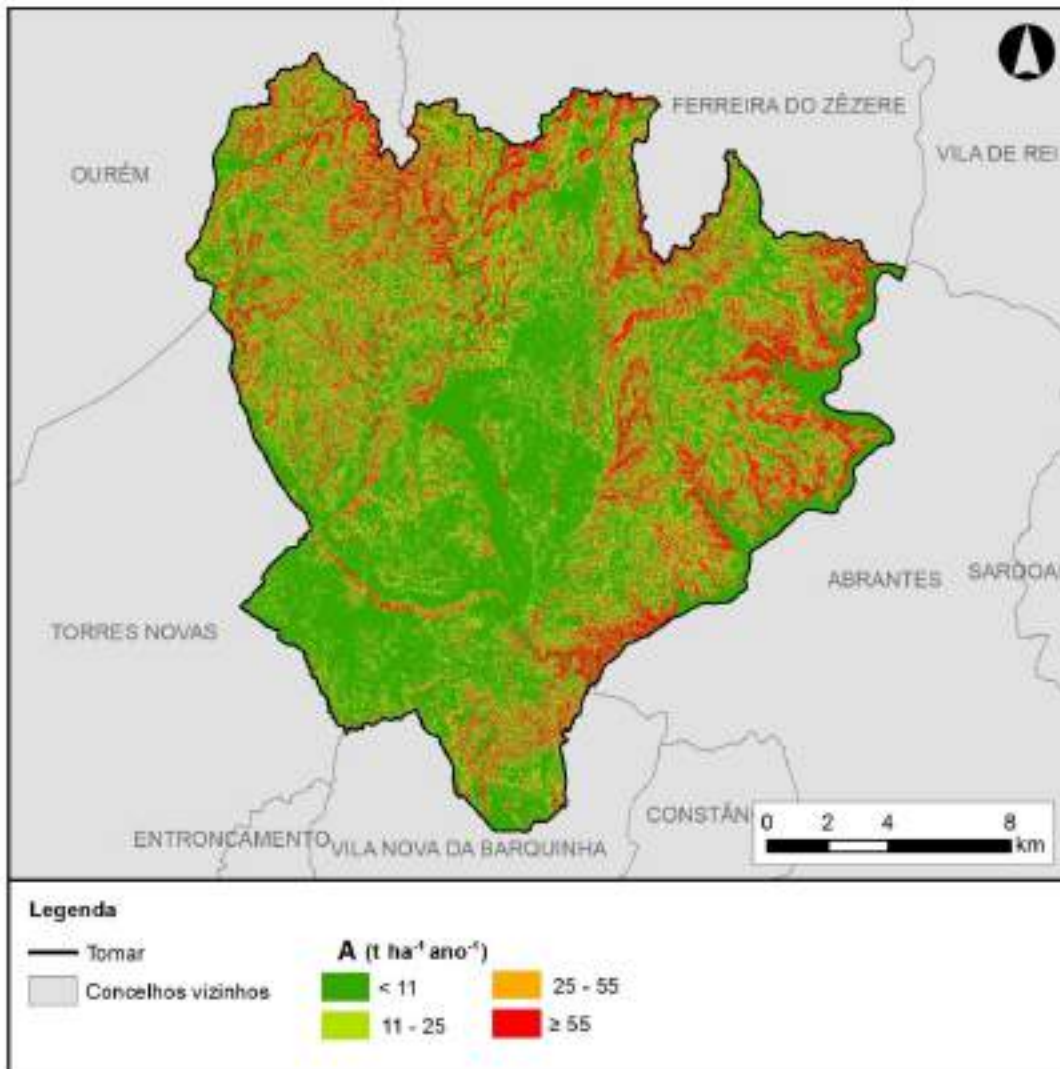
Figura 20 - Fluxograma metodológico para o cálculo da erosão potencial do solo (A)



NOTAS: 1) ver Figura A. 32 do Anexo VI.

Os resultados obtidos para a Erosão Potencial do Solo evidenciam uma forte correlação com os declives (Fator LS), áreas sociais (Fator K) e afloramentos rochosos (Fator K), tanto a nível espacial como a nível quantitativo.

Figura 21 – Erosão Potencial do solo ($\text{t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) por classes



6.4.3 Procedimentos de generalização cartográfica e áreas a integrar a REN

Por fim, para a delimitação das “áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo” a integrar REN no concelho de Tomar foi necessário proceder à generalização dos resultados obtido, *i.e.*, incluir nesta tipologia as áreas com valor de erosão potencial do solo maior ou igual a $25 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

Contudo, devido à elevada fragmentação destas áreas, torna-se necessário assegurar a continuidade destas áreas de forma a garantir o carácter sistémico desta estrutura biofísica, bem como a prossecução da salvaguarda do recurso solo, através da aplicação de procedimentos associados à estabilidade e compacidade das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo. Face à ausência de diretrizes e referências concretas nas Orientações Estratégicas de Âmbito Nacional e Regional (RCM n.º 81/2012) e na Recomendação Técnica n.º 1/2017 sobre esta

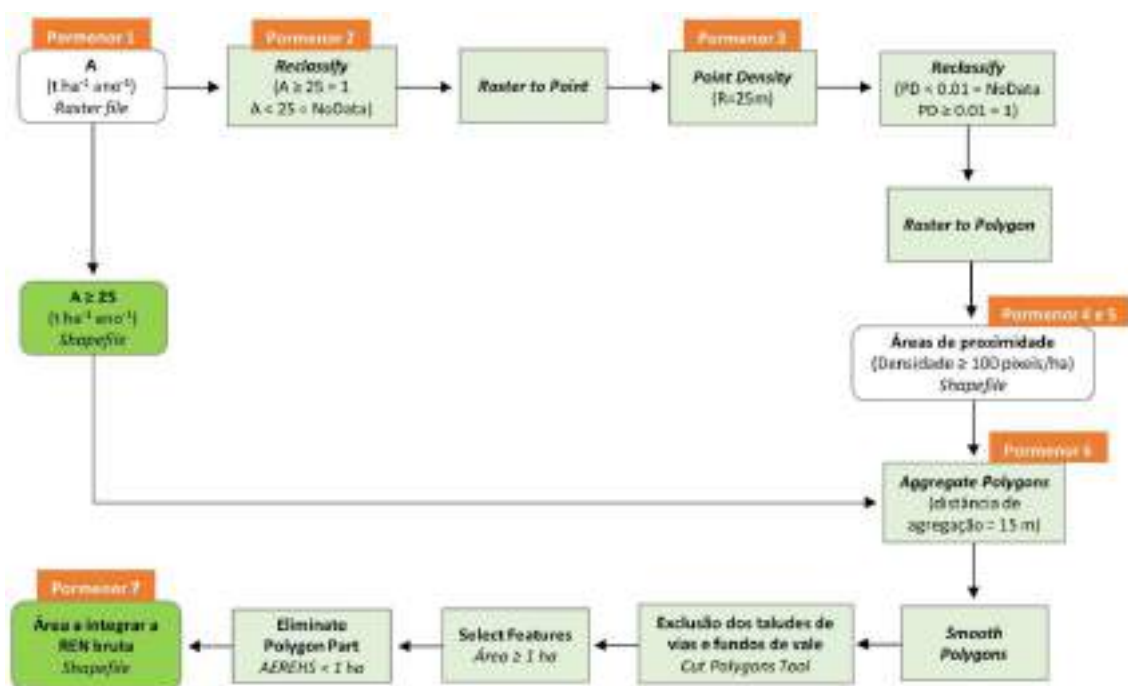
matéria, foi desenvolvida uma metodologia de generalização baseada nos seguintes critérios, os quais foram aplicados de forma sequencial através de ferramentas SIG:

1. Seleção das áreas com erosão potencial do solo $\geq 25 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$;
2. Seleção das áreas cuja vizinhança⁴² apresenta uma densidade de células (píxeis) com erosão potencial do solo $\geq 25 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ maior ou igual a 100, *i.e.*, maior ou igual a 2500 m^2 ;
3. Agregação das áreas que distam até 15 m entre si num único polígono e suavização dos polígonos criados pelo método de agregação.

Posteriormente procedeu-se manualmente à eliminação das áreas associadas a taludes de vias e fundos de vale, através do conhecimento do território, altimetria e declives, e por último, seleccionou-se os polígonos com área maior ou igual a 1 ha.

Na Figura 22 apresenta-se o fluxograma metodológico com a identificação das ferramentas SIG utilizadas no processo de generalização das áreas a integrar a REN. As figuras referentes aos pormenores dos passos intermédios indicados na Figura 22 encontram-se em anexo (Figura A. 33 à Figura A. 39 - Anexo VI).

Figura 22 - Fluxograma metodológico do processo de generalização das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo

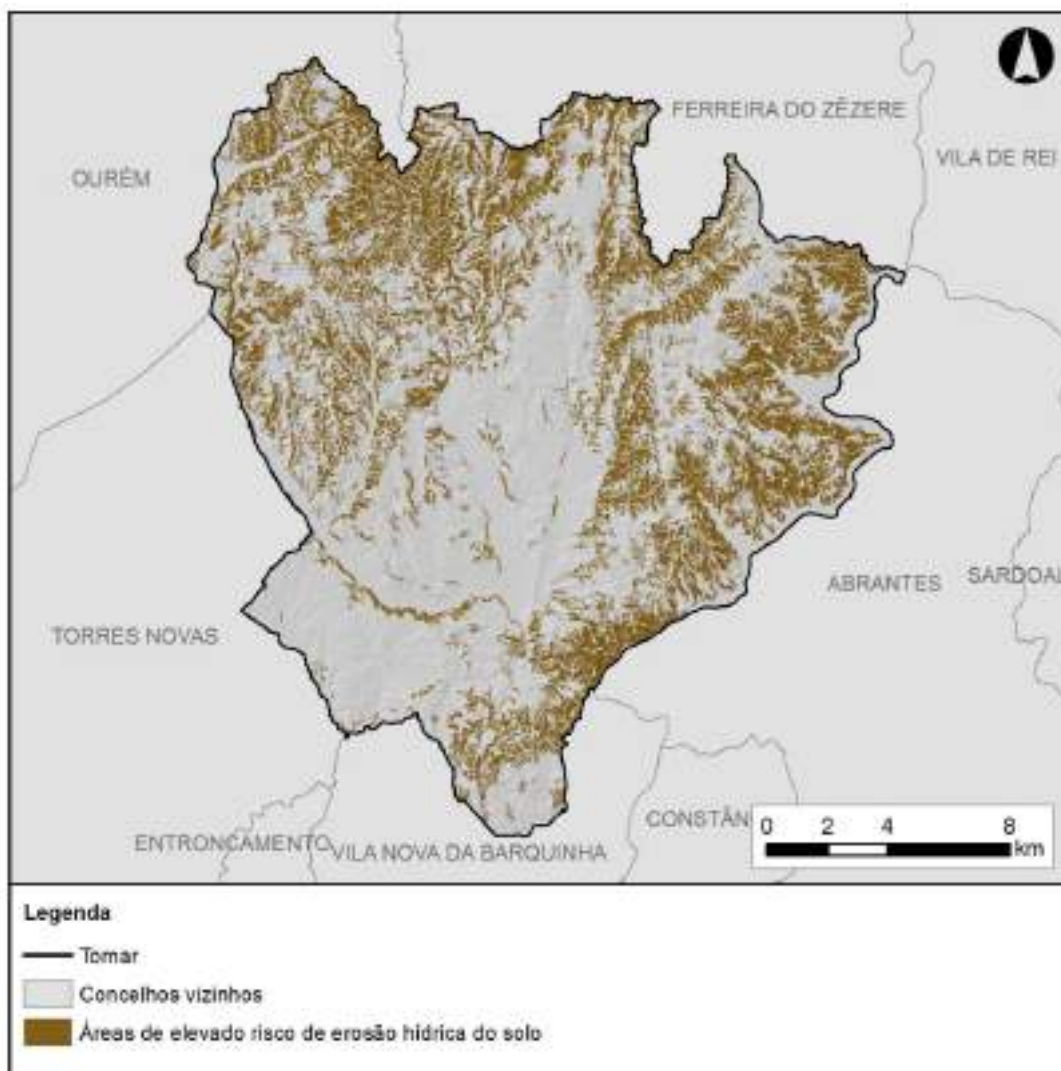


NOTA: da Figura A. 33 à Figura A. 39 do Anexo VI apresenta-se as figuras de pormenor dos passos intermédios identificados nesta figura.

⁴² “Vizinhança” – circunferência ($r=25 \text{ m}$) centrada em cada célula do *raster* de área igual a 1ha.

Na Figura 23 encontra-se a proposta de delimitação da tipologia “áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo” resultante da metodologia de generalização definida. As áreas identificadas dentro desta tipologia localizam-se predominantemente nas regiões norte e oeste do concelho. São abrangidas, conforme seria expectável, vastas áreas na zona Albufeira de Castelo de Bode (incluindo as vertentes mais declivosas a montante e a jusante da barragem), nas vertentes do rio Nabão, e ainda, associadas ao sistema hidrográfico no maciço calcário. Efetuando uma análise às áreas de elevado risco de erosão hídrica obtidas em função da aplicação da generalização dos resultados obtidos verifica-se uma reduzida variação quantitativa das mesmas. Enquanto as áreas obtidas sem processo de generalização (correspondente às duas classes mais elevadas da Figura 21) abrangem uma área total de 10482,6 ha (29,8% da área do concelho), as áreas obtidas após a aplicação da metodologia de generalização abrangem 10352,3 ha (29,5% da área do concelho).

Figura 23 - Proposta de delimitação da tipologia “áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo”



7. Áreas de instabilidade de vertentes

7.1 Definições e conceitos

As “áreas de instabilidade de vertentes” são definidas no Anexo I do DL 166/2008 como “as áreas que, devido às suas características de solo e subsolo, declive, dimensão e forma da vertente ou escarpa e condições hidrogeológicas, estão sujeitas à ocorrência de movimentos de massa em vertentes, incluindo os deslizamentos, os desabamentos e a queda de blocos”, diferenciando-se assim, as “Escarpas naturais” e “Restantes áreas de instabilidade de vertentes”.

O movimento de vertentes é definido pela *European Soil Bureau Network* (ESBN) como “o movimento de descida, numa vertente, de uma massa de rocha, detritos e solo, induzido por processos físicos tais como o excesso de chuva ou neve, sismos, ou por intervenção humana na estabilidade da vertente” (Fell *et al.*, 2008:5⁴³; Cruden e Varnes, 1996 in Eckelmann *et al.*, 2006:52⁴⁴), cujo centro de gravidade do material instabilizado se desloca simultaneamente para jusante e para o exterior (Terzaghi, 1950⁴⁵; Varnes, 1978⁴⁶). O presente conceito considera desabamentos (queda de blocos), balançamentos (tombamentos), deslizamentos (escorregamentos), expansões laterais e escoadas (Figura 24), excluindo todos os movimentos de subsidência (abatimento e assentamento), avalanches de neve e os efeitos de expansão/retração de solos argilosos (Zêzere, 2000)⁴⁷. As diversas tipologias de movimentos de vertente podem ser classificadas consoante o material envolvido e o tipo de movimento (Quadro 5).

Determinar as causas dos movimentos de vertente é um processo complexo porque os movimentos podem resultar da ação combinada de diversos fatores de instabilidade. As causas dos movimentos de vertente podem ser divididas de acordo com o seu efeito e origem em três tipos de fatores (Popescu, 1994⁴⁸; Zêzere, 2005⁴⁹):

- i) fatores de predisposição – são estáticos e inerentes ao território, influenciam a margem de estabilidade numa vertente e determinam a variação do grau de

⁴³ Fell, R., Corominas, J., Cascini, L., Leroi, E., Savage, W.Z. (2008). *International Guidelines for Landslide Susceptibility, Hazard and Risk Zoning*. Engineering Geology, 102, pp. 85-98.

⁴⁴ Eckelmann, W., Baritz, R., Bialousz, S., Bielek, P., Carre, F., Houšková, B., Jones, R.J.A., Kibblewhite, M.G., Kozak, J., Le Bas, C., Tóth, G., Tóth, T., Várallyay, G., Yli Halla, M. & Zupan, M. (2006). *Common Criteria for Risk Area Identification according to Soil Threats*. European Soil Bureau Research Report No.20, EUR 22185 EN, 94pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

⁴⁵ Terzaghi, E.R. (1950). *Mechanisms of landslides*. Application of Geology to Engineering Practice, Berkeley Volume, pp. 83-124.

⁴⁶ Varnes, D.J. (1978). *Slope Movement Type and Processes*. In *Landslide-Analysis and Control*: Transportation Research Board, Edited by Schuster, R., Krizek, R., Special Report 176, pp. 11-28.

⁴⁷ Zêzere, J.L. (2000). *A classificação dos Movimentos de Vertente: Tipologia, Actividade e Morfologia*. Apontamento de Geografia – Série de Investigação nº 6. Centro de Estudos Geográficos, Relatório nº 38, 167p.

⁴⁸ Popescu, M.E. (1994). *A suggested method for reporting landslide cause*. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, 50, pp. 71-74.

⁴⁹ Zêzere, J.L. (2005). *Dinâmica de vertentes e risco geomorfológico*. Centro de Estudos Geográficos, Área de Geografia e Ambiente. Relatório nº 41, 128p.

suscetibilidade do território à ocorrência de movimentos de vertente (e.g. litologia, declive, curvatura das vertentes);

- ii) fatores preparatórios – são dinâmicos e fazem reduzir a margem de estabilidade numa vertente, mas sem desencadear o movimento (e.g. precipitação prolongada de fraca intensidade);
- iii) fatores desencadeantes – são responsáveis pelo início efetivo da instabilidade, determinando o ritmo temporal dos movimentos de vertente (e.g. atividade sísmica, precipitação intensa e/ou prolongada, fusão rápida do gelo ou neve, atividades antrópicas).

Os movimentos de vertente que ocorrem em Portugal são geralmente desencadeados pela precipitação, por sismos ou por redefinição morfológica (Julião *et al.*, 2009)⁵⁰. Na região Oeste e Vale do Tejo, os movimentos de vertente são maioritariamente desencadeados pela precipitação (PROT-OVT, 2008)⁵¹. Enquanto as chuvas intensas e concentradas tendem a desencadear deslizamentos superficiais, escoadas e movimentos decorrentes do trabalho de sapa dos cursos de água, as chuvas abundantes e prolongadas no tempo são associadas ao desencadeamento de deslizamentos rotacionais, translacionais e movimentos complexos com planos de rutura mais profundos (PROT-OVT, 2008).

A Suscetibilidade é definida como a probabilidade espacial de ocorrência de um determinado fenómeno natural numa dada área, analisada com base na relação espacial entre os fatores de predisposição e a distribuição de movimentos de vertente registados no território (Crozier e Glade, 2005⁵²; Zêzere, 2005⁵³). A informação associada aos mapas de suscetibilidade constitui em primeira instância um dos elementos de avaliação e gestão do risco, contribuindo para a salvaguarda de pessoas e de bens materiais.

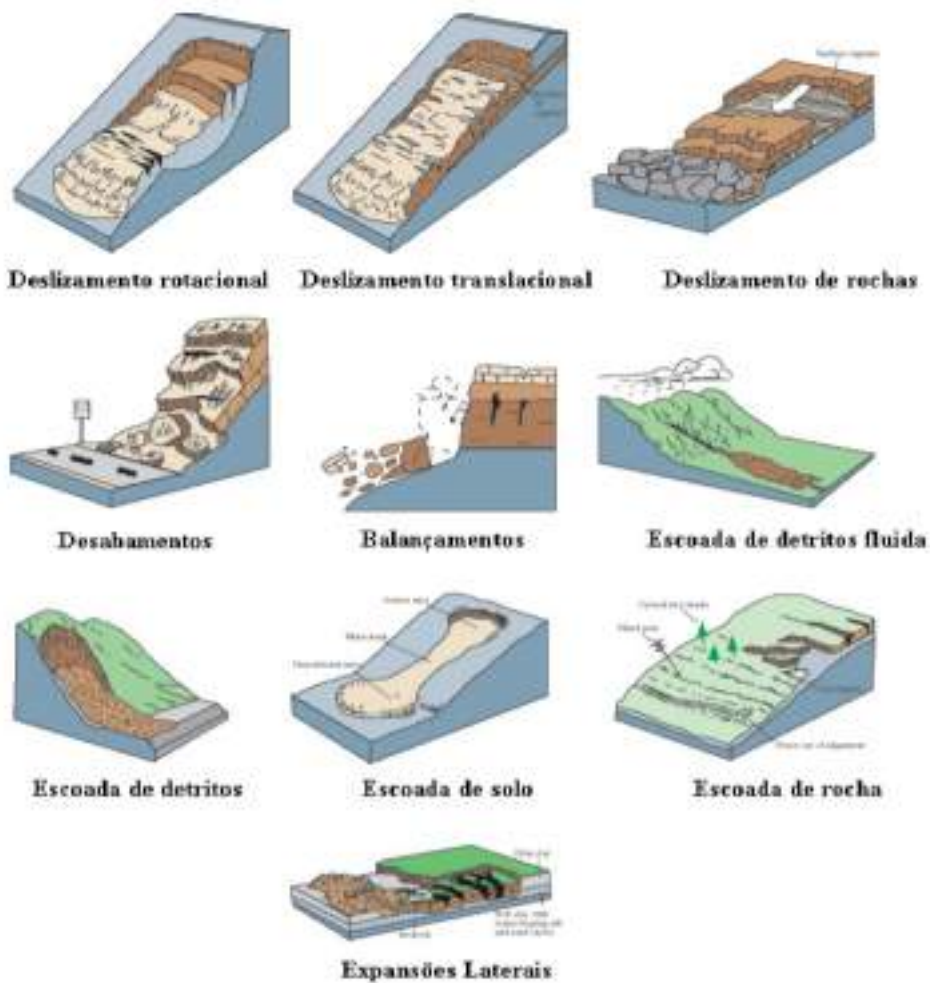
⁵⁰ Julião, R.P., Nery, F., Ribeiro, J.L., Castelo-Branco, M., Zêzere, J.L. (2009). *Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica de base municipal*. Autoridade Nacional de Proteção Civil, Direção Geral do Ordenamento e Desenvolvimento Urbano, Instituto Geográfico Português, 91p.

⁵¹ Plano Regional de Ordenamento do Território do Oeste e Vale do Tejo (2008).

⁵² Crozier, M.J., Glade, T. (2005). *Landslide hazard and risk: Issues, concepts and approach*. In Glade, T., Anderson, M., Crozier, M.J (eds.), *Landslide hazard and risk*. John Wiley & Sons, New York, pp. 1-40.

⁵³ Zêzere, J.L. (2005). *Dinâmica de vertentes e risco geomorfológico*. Centro de Estudos Geográficos, Área de Geografia e Ambiente. Relatório nº 41, 128p.

Figura 24 - Ilustração esquemáticas dos principais movimentos de vertentes (adaptado de Highland e Bobrowsky, 2008⁵⁴).



⁵⁴ Highland, L.M., Bobrowsky, P. (2008). *The landslide handbook – A guide to understanding landslides*. U.S. Geological Survey. 155p.

Quadro 5 - Tipos de movimentos de vertentes (Cruden e Varnes, 1996 in Eckelmann *et al.*, 2006:52⁵⁵)

Tipos de Movimentos	Tipos de Material		
	Rocha	Solo	
		Grosseiro	Fino
Desabamentos	Desabamentos de Rocha	Desabamentos de Detritos	Desabamentos de Solos
Balançamentos	Balançamentos de Rocha	Balançamentos de Detritos	Balançamentos de Solos
Deslizamentos	Deslizamentos de Rocha	Deslizamentos de Detritos	Deslizamentos de Solos
Rotacionais			
Translacionais	Expansões de Rocha	Expansões de Detritos	Expansões de Solos
Expansões Laterais	Escoadas de Rocha	Escoadas de Detritos	Escoadas de Solos
Complexos	Combinação de dois ou mais tipos de movimento		

7.2 Objetivos de proteção

Segundo o Anexo I do DL 166/2008, “em áreas de instabilidade de vertentes podem ser realizados os usos e ações que não coloquem em causa, cumulativamente, as seguintes funções: i) estabilidade dos sistemas biofísicos; ii) salvaguarda face a fenómenos de instabilidade e de risco de ocorrência de movimentos de massa em vertentes e de perda de solo; iii) prevenção da segurança de pessoas e bens”.

7.3 Critérios de delimitação

Segundo o Ponto 3.5 da Secção III das Orientações Estratégicas de Âmbito Nacional e Regional para a delimitação da REN a nível municipal, a delimitação das áreas de instabilidade de vertentes baseia-se na avaliação da suscetibilidade à ocorrência de movimentos de massa em vertentes, e respeita os procedimentos metodológicos desenvolvidos na secção V, ponto 5 do mesmo diploma e apresentada de seguida.

O Guia Metodológico para a Produção de Cartografia Municipal de Risco e para a Criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de Base Municipal (Julião *et al.*, 2009:65⁵⁶) sugere a avaliação das áreas suscetíveis à instabilidade das vertentes deve-se incluir as seguintes etapas: “(i) inventário, determinação da tipologia e análise dos movimentos de vertente já verificados no território, com recurso a análise de fotografia aérea e ortofotomapas, devidamente validada com trabalho de campo; (ii) identificação e cartografia dos fatores de pré-disposição (condicionantes) responsáveis pelo aparecimento ou aceleração dos movimentos; (iii) interpretação dos fatores com recurso a modelos de relação espacial”.

“Escarpas naturais”: Nesta tipologia da REN são também delimitadas e incluídas as escarpas naturais através de uma delimitação independente, devendo incluir faixas de proteção a partir

⁵⁵ Eckelmann, W., Baritz, R., Bialousz, S., Bielek, P., Carre, F., Houšková, B., Jones, R.J.A., Kibblewhite, M.G., Kozak, J., Le Bas, C., Tóth, G., Tóth, T., Várallyay, G., Yli Halla, M. & Zupan, M. (2006). *Common Criteria for Risk Area Identification according to Soil Threats*. European Soil Bureau Research Report No.20, EUR 22185 EN, 94pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

⁵⁶ Julião, R.P., Nery, F., Ribeiro, J.L., Castelo-Branco, M., Zêzere, J.L. (2009). *Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica de base municipal*. Autoridade Nacional de Proteção Civil, Direção Geral do Ordenamento e Desenvolvimento Urbano, Instituto Geográfico Português, 91p.

do rebordo superior e da base, cada uma das quais com largura determinada em função da geodinâmica e dimensão da escarpa e do interesse cénico e geológico do local, a qual deve ser, no mínimo, igual à altura do desnível entre a crista e o sopé. Também são diferenciadas em termos cartográficos das “Restantes áreas de instabilidade de vertentes”.

METODOLOGIA PARA A DELIMITAÇÃO DAS “REstantes ÁREAS DE INSTABILIDADE DE VERTENTES”

A delimitação destas áreas de instabilidade de vertentes obedece aos seguintes procedimentos:

- 1) Inventariação, determinação da tipologia e análise dos movimentos de vertente já verificados no território, com recurso a análise de fotografia aérea e ortofotomapas, devidamente validada com trabalho de campo.

A avaliação da suscetibilidade é efetuada de modo individualizado para cada tipo de movimento de vertente que tem incidência relevante no concelho. Pela maior importância que assumem no território português, é dedicada uma atenção especial a três tipos de movimentos: desabamento, deslizamento e escoada.

- 2) Identificação e cartografia dos fatores de predisposição (condicionantes) responsáveis pelo aparecimento ou aceleração dos movimentos.

Os fatores de predisposição da instabilidade das vertentes são estáticos e inerentes ao território. Estes fatores condicionam o grau de instabilidade potencial das vertentes e determinam a variação espacial da suscetibilidade do território à instabilidade.

No procedimento de delimitação das áreas de instabilidade de vertentes para integrar a REN são considerados os seguintes fatores de predisposição: declive, exposição das vertentes, curvatura das vertentes (perfil transversal), litologia, coberto vegetal/uso do solo e tipo de solos.

- 3) Interpretação dos fatores com recurso a um modelo estatístico de relação espacial.

A ponderação de cada classe de cada fator de predisposição da instabilidade de vertentes é efetuada de forma objetiva e quantificada, através da aplicação do Método do Valor Informativo (Yin e Yan, 1998⁵⁷; Zêzere, 2002⁵⁸) sobre unidades de terreno matriciais (píxeis).

Este método tem uma base Bayesiana, sustentando-se na transformação logarítmica (log natural) da razão entre probabilidade condicionada e probabilidade *a priori*.

O Valor Informativo (I_i) para qualquer variável independente X_i é determinado pela equação:

$$I_i = \log \left(\frac{S_i/N_i}{S/N} \right)$$

Onde:

S_i é o número de píxeis com movimentos de massa em vertente na variável X_i ;

N_i é o número de píxeis com a variável X_i no território concelhio;

⁵⁷ Yin, K., Yan, T.Z. (1988). *Statistical Prediction Model for Slope Instability of Metamorphosed Rocks*. In Proceedings Fifth International Symposium of Landslides, Edited by Bonnard, C., Vol. 2, Balkema, Rotterdam, pp. 1269-1272.

⁵⁸ Zêzere, J.L. (2002). *Landslide susceptibility assessment landslide typology. A case study in the area north of Lisbon (Portugal)*. Natural Hazard and Earth System Sciences, 2, pp. 73-82.

S é o número total de píxeis com movimentos de massa em vertentes no território concelhio;

N é o número total de píxeis no território concelhio.

Devido à normalização logarítmica, I_i não é determinável quando $S = 0$. Nestes casos, o valor de I_i é assumido como igual ao I_i mais baixo determinado para o conjunto das variáveis de predisposição consideradas.

O valor de suscetibilidade para cada unidade matricial j é calculado pelo Valor Informativo Total (I_j) dado pela equação:

$$I_j = \sum_{i=1}^m X_{ij} I_i$$

Onde:

m é o número de variáveis;

X_{ij} é igual a 1 ou 0, consoante a variável X_i está ou não presente no píxel j , respetivamente.

Seguidamente é efetuada a validação do modelo preditivo com a curva de sucesso. A qualidade da carta de avaliação da suscetibilidade à instabilidade das vertentes é demonstrada pela aplicação de procedimentos de validação standardizados, baseados no cruzamento do inventário de movimentos com a carta de suscetibilidade. Neste processo, utiliza-se a Taxa de Sucesso, que permite validar o mapa de suscetibilidade a partir do cruzamento com os mesmos movimentos de vertente que foram utilizados para a sua realização.

A expressão gráfica da Taxa de Sucesso obtém-se através da representação da percentagem da área de estudo, hierarquizada por ordem decrescente de instabilidade (em abcissas) e a correspondente distribuição acumulada da área instabilidade corretamente classificada (em ordenadas).

As vertentes classificadas como mais suscetíveis pela aplicação do Método do Valor Informativo são incluídas na REN, mais concretamente, a área considerada suficiente para garantir a inclusão de uma fração nunca inferior a 70 % das áreas identificadas como instabilizadas no inventário referido no ponto 1). Assim, como é expectável que cerca de 30% dos movimentos de massa em vertente não sejam englobados na REN pelo modelo preditivo baseado na aplicação do Valor Informativo, a superfície correspondente aos movimentos de massa em questão é incluída diretamente na REN, acrescida de uma faixa de segurança de 10 metros definida para o exterior dos limites de cada movimento.

7.4 Aplicação dos critérios ao concelho de Tomar

Apresenta-se de seguida a delimitação das “áreas de instabilidade de vertentes” no concelho de Tomar, sendo esta aplicação de critérios subdividida em cinco fases, apresentadas nos subcapítulos subsequentes:

1. Inventário de movimentos de vertente;

2. Fatores de predisposição;
3. Método estatístico de relação espacial;
4. Delimitação das escarpas naturais;
5. Delimitação das áreas a integrar a REN.

7.4.1 Inventário de movimentos de vertente

O inventário de movimentos de vertente é considerado essencial na avaliação da suscetibilidade à instabilidade geomorfológica uma vez que a qualidade deste processo é fortemente dependente da consistência da base de dados cartográfica.

O presente mapa de inventário de movimentos de vertente elaborado para o concelho de Tomar corresponde a um inventário de base geomorfológica multitemporal – a forma mais avançada de um inventário de movimentos de vertente. Este inventário contém informação sobre a localização das áreas instabilizadas, a delimitação dos movimentos de vertente e a tipologia associada a cada movimento, resultante do trabalho de fotointerpretação de fotografias aéreas e do trabalho de campo.

A elaboração do inventário de movimentos de vertente teve como primeira fase a interpretação de um conjunto de fotografias aéreas de diferentes datas (ortofotomapas de 1999, 2004, 2007, 2010 e 2012) à escala de visualização 1:1500 (Figura 25). Esta fase do trabalho consistiu essencialmente na identificação de potenciais movimentos de vertente através das formas da superfície topográfica e do aspeto e coloração do terreno visíveis nos diversos ortofotomapas, bem como na vectorização dos potenciais movimentos de vertente (anteriormente identificados) através da criação de uma *shapefile* de polígonos (Figura 25). A superfície topográfica foi simultaneamente interpretada a partir das curvas de nível projetadas sobre os ortofotomapas e do mapa de declives do terreno à escala 1:25.000. As curvas de nível permitiram identificar alguns deslizamentos através das inflexões e mudança repentina no traçado das curvas de nível (inflexões das curvas de nível com cotas mais elevadas para montante representam áreas de depleção e as inflexões das curvas de nível com cotas mais reduzidas para jusante representam locais de acumulação de material deslizado), e os declives contribuíram para melhorar a leitura sobre a existência de movimentos de vertente, assim como para direcionar maior atenção do operador para áreas cujos declives são mais expressivos e mais propícios à ocorrência de instabilidade de vertentes.

Figura 25 - Exemplos de movimentos de vertente detetados a partir da análise de ortofotomapas à escala de visualização 1:1500 com respetivas fotografias obtidas durante o trabalho de campo



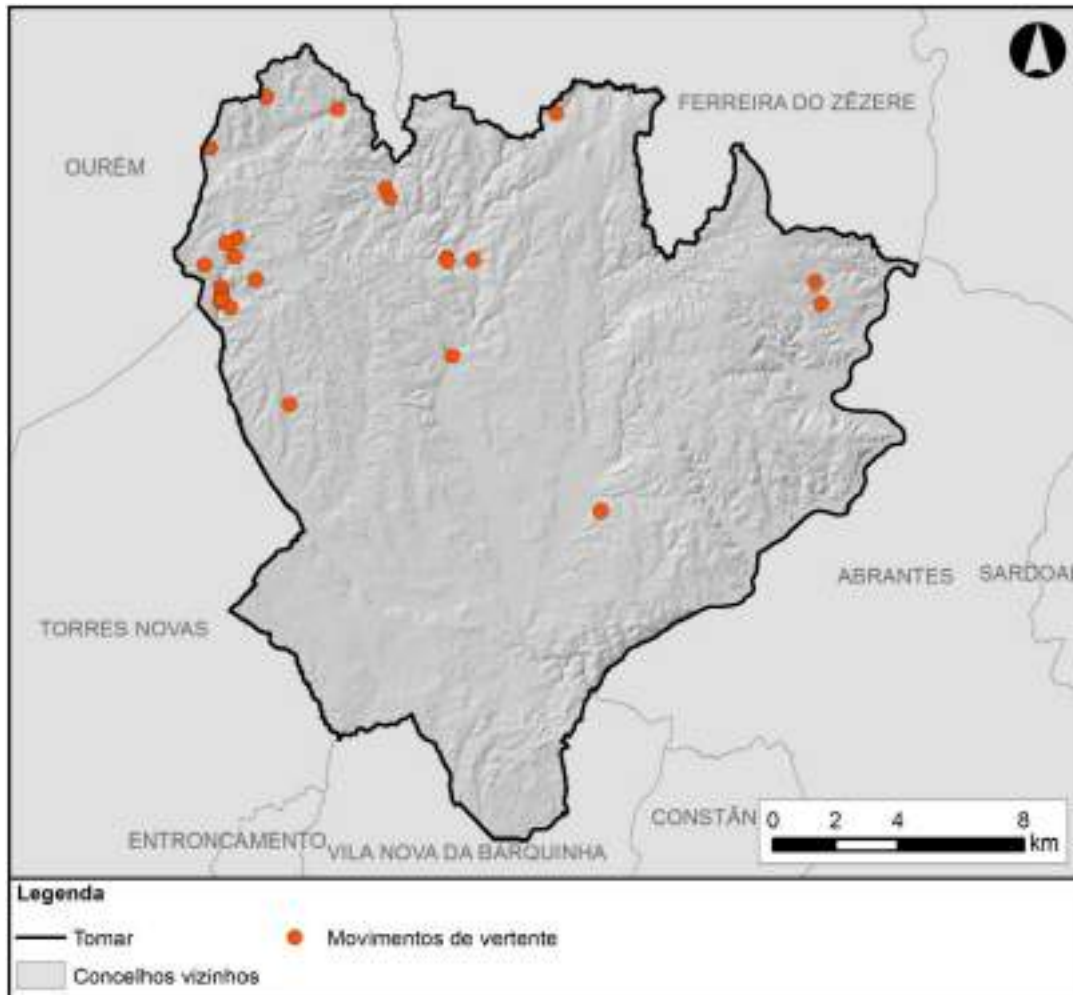
As vastas áreas florestais do concelho de Tomar constituem um dos principais obstáculos à identificação dos movimentos de vertente. Devido a dimensão da copa ou densidade de plantação, o terreno subjacente permanece omissa das fotografias aéreas, assim como os movimentos de vertente que nele podem estar presentes. Embora o recurso às curvas de nível e carta de declives possa adicionalmente contribuir para a deteção de movimentos de vertente em determinadas áreas, a realização de trabalho de campo é a forma mais eficaz de colmatar as insuficiências associadas à análise de fotografias aéreas.

O trabalho de campo tem como principal objetivo a validação do inventário resultante do processo de fotointerpretação, de forma a excluir os falsos positivos (isto é, movimentos de vertente que não eram o na realidade) e tornar o inventário mais completo e robusto possível. Adicionalmente, o trabalho de campo e o levantamento fotográfico permite melhorar a delimitação dos movimentos de vertente e identificar a tipologia associada a cada movimento.

O trabalho de campo efetuado no concelho de Tomar foi apoiado por cartografia à escala 1:20.000, tendo decorrido entre os dias 17 de novembro e 5 de dezembro de 2014. No campo foi realizado um levantamento fotográfico dos movimentos de vertente de forma a possibilitar a confirmação da existência de 104 potenciais movimentos de vertente detetados a partir da análise de ortofotomapas, a correta delimitação dos movimentos em ambiente SIG e a identificação da respetiva tipologia. No total, foram identificados 27 movimentos de vertente (Figura 26) (Figura A. 40 – Anexo VII), correspondentes a uma área instabilizada de 13829 m². A

tipologia de movimentos de vertente foi atribuída de acordo com a classificação de Dikau *et al.* (1996)⁵⁹, que utiliza o tipo de mecanismo como critério principal de discriminação e o tipo de material afetado como secundário de discriminação. No total, identificaram-se 27 deslizamentos no concelho de Tomar (Figura 26).

Figura 26 - Localização dos movimentos de vertente do concelho de Tomar



Os deslizamentos são definidos como movimentos de descida de rocha ou solo que ocorrem de forma dominante ao longo de planos de rutura ou de zonas relativamente estreitas, sendo alvos de fortes deformações tangenciais (WL/WLI, 1993⁶⁰, Cruden e Varnes, 1996⁶¹; Zêzere, 2000⁶²).

⁵⁹ Dikau, R., Brunsden, D., Schortt, L., Ibsen, M.L. (1996). *Landslide research in Europe*. *Geomorphology*, 15, pp. 227-280.

⁶⁰ Working Party for World Landslide Inventory (1993). *A suggested method for describing the activity of a landslide*. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 47, pp. 53-57.

⁶¹ Cruden, D.M., Varnes, D.J. (1996). *Landslide type and processes*. In Turner, A.K., Schuster, R.L. (eds.), *Landslide, Investigation and Mitigation*. Transportation Research Council, National Academy Press, Washington DC, Special Report 247, pp. 36-75.

⁶² Zêzere, J.L. (2000). *A classificação dos Movimentos de Vertente: Tipologia, Actividade e Morfologia*. Apontamento de Geografia – Série de Investigação nº 6. Centro de Estudos Geográficos, Relatório nº 38, 167p.

O processo que envolve a ocorrência de deslizamentos, geralmente começa por revelar indícios visíveis de instabilidade no terreno manifestados através de estrias ao longo do plano de rutura e nos flancos, elementos que também permitem o conhecimento da direção da deslocação do material (Cruden e Varnes, 1996). No concelho de Tomar, os deslizamentos são a tipologia de movimentos de vertente que apresenta maior expressão na região, apresentando uma dimensão média de área instabilizada por movimento de vertente de 512 m² (variando entre 52 m² e 1681 m²). Esta tipologia encontra-se maioritariamente na região noroeste do concelho de Tomar (Figura 26).

7.4.2 Fatores de predisposição

A determinação dos fatores de predisposição associados à ocorrência de movimentos de vertente revela ser uma tarefa complexa uma vez que os fatores funcionam de forma combinada, num sistema que é tipicamente multivariado. Por serem estáticos e inerentes ao território, estes fatores condicionam o grau de instabilidade potencial da vertente, sendo estes determinantes na variação espacial do grau de suscetibilidade do território à instabilidade (Glade e Crozier, 2005⁶³; Zêzere, 2005⁶⁴).

A aplicação da metodologia descrita no capítulo 6.3 pressupõe o tratamento da informação base necessária ao cálculo das “áreas de instabilidade de vertentes”, sendo que os seguintes dados apresentados foram em todos os casos convertidos para o formato *Raster* (célula = 5 m), de forma a permitirem o cálculo matricial no ambiente SIG.

Neste contexto integram-se os fatores morfológicos, geológicos e o uso do solo, obtidos a partir de diferentes fontes de informação cartográfica com diferentes escalas (Quadro 6).

⁶³ Glade, T., Crozier, M.J. (2005). *The natural of landslide hazard impact*. In Glade, T., Anderson, M., Crozier, M.J (eds.), *Landslide hazard and risk*. Wiley, Chichester, pp. 43-74.

⁶⁴ Zêzere, J.L. (2005). *Dinâmica de vertentes e risco geomorfológico*. Centro de Estudos Geográficos, Área de Geografia e Ambiente. Relatório nº 41, 128p.

Quadro 6 - Fontes de Informação cartográfica para a obtenção dos fatores de predisposição

Informação cartográfica	Escala	Formato	Fonte
Altimetria (equidistância = 5 m)	1:10.000	Vetorial (linhas)	Comunidade Intermunicipal do Médio Tejo
Carta Geológica (folhas 1 e 2)	1: 500.000	Analogico	Instituto Geológico Mineiro
Carta de Uso do Solo (2007)	1: 25.000	Vetorial (polígonos)	Câmara Municipal de Tomar
Carta de Solos (série SROA/SNROA)	1: 25.000	Vetorial (polígonos)	Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural

Para a obtenção dos fatores morfométricos (declive, exposição das vertentes e curvatura das vertentes) foi necessário produzir o modelo digital de terreno recorrendo à informação altimétrica à escala 1:10.000 da cartografia homologada 10k (2015). Este processo envolveu a criação de um modelo TIN no ArcGIS, respetiva conversão para *Raster* com diferentes resoluções (píxeis de 5 e 50 metros) e correção das depressões do MDT através da ferramenta *Fill* do ArcGIS.

De seguida apresentam-se os fatores de predisposição a movimentos de vertente utilizados na determinação da suscetibilidade a movimentos de vertente para o concelho de Tomar, bem como todos os processos envolvidos na sua determinação.

DECLIVE

O declive é considerado como o fator de predisposição de maior importância na ocorrência de movimentos de vertente (Mancini *et al.*, 2010)⁶⁵. Esta variável é indicadora da inclinação do terreno e expressa de forma direta as tensões tangenciais nas vertentes. No que diz respeito à instabilidade de vertentes, verifica-se que os deslizamentos tendem a ocorrer em declives mais acentuados.

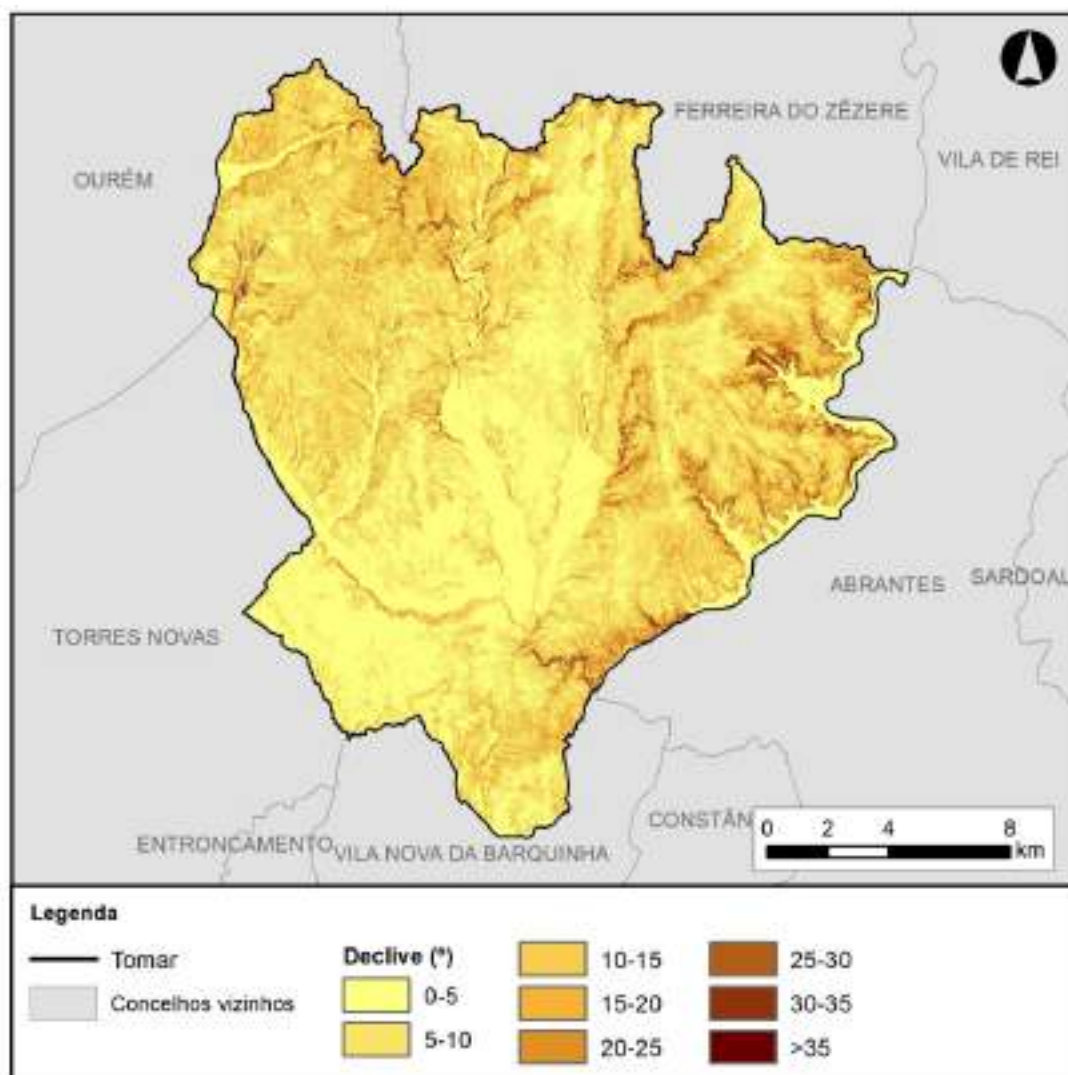
O declive foi calculado automaticamente a partir do MDT, utilizando a ferramenta *Slope (Spatial Analyst Tools)* do ArcGIS. A carta de declives referente ao concelho de Tomar (Figura 27) apresenta uma gama de valores entre 0° e 74,1°, estando agrupada em 8 classes de acordo com o

. O número e limites das classes foram definidos tendo em consideração os valores utilizados em estudos sobre instabilidade de vertentes efetuados para regiões de Portugal (e.g. Zêzere *et al.*, 2004⁶⁶).

⁶⁵ Mancini, F., Ceppi, C., Ritrovato, G. (2010). *GIS and statistical analysis for landslide susceptibility mapping in the Daunia area, Italy*. Natural Hazard and Earth System Science, 10, pp. 1851-1864.

⁶⁶ Zêzere, J.L., Reis, E., Garcia, R., Oliveira, S., Rodrigues, M.L., Vieira, G., Ferreira, A.B. (2004). Integration of spatial and temporal data for the definition of different landslide hazard scenarios in the north of Lisbon (Portugal). Natural Hazard and Earth System Sciences 4, pp. 133-146.

Figura 27 - Declives, em graus, no concelho de Tomar



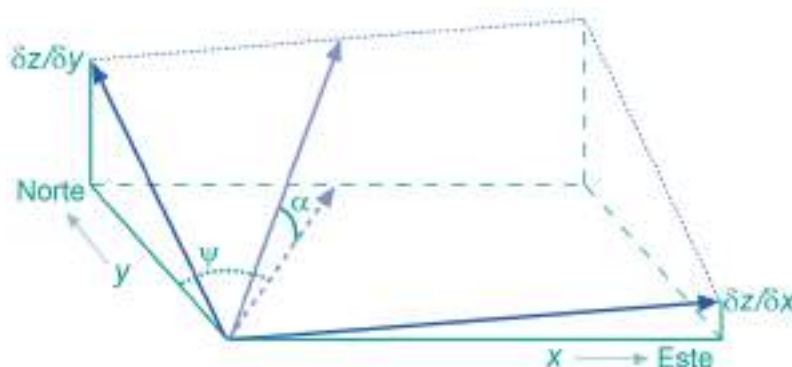
Quadro 7 - Frequências absolutas e relativas das classes de declives no concelho de Tomar

Classes	# Píxeis	Área da classe (ha)	Área do concelho (%)
0° - 5°	5356297	13391	38,1
5° - 10°	3732720	9332	26,6
10° - 15°	2546865	6367	18,1
15° - 20°	1394336	3486	9,9
20° - 25°	623176	1558	4,4
25° - 30°	257082	643	1,8
30° - 35°	94873	237	0,7
> 35°	42776	107	0,3

EXPOSIÇÃO DAS VERTENTES

A exposição das vertentes corresponde à direção da maior inclinação entre uma determinada célula e as células vizinhas, definidas pela orientação da projeção horizontal do vetor normal à superfície para um determinado ponto (Figura 28) (Baeza *et al.*, 2010)⁶⁷. A utilização desta variável em estudos de instabilidade de vertentes deve-se à forte correlação com fatores climáticos (e.g. Clerici *et al.*, 2010⁶⁸) e estruturais (e.g. Zêzere *et al.*, 2008⁶⁹). No hemisfério norte as vertentes expostas a sul possuem maior exposição solar em oposição às vertentes expostas a norte que apresentam menor exposição solar. Esta variação de exposições pode condicionar a existência de maior ou menor humidade nos solos. No entanto, em regiões cujo relevo apresenta colinas e não exceda os 330 metros de altitude, a exposição das vertentes no que respeita à instabilidade de vertentes não se traduz em singularidades climáticas relevantes. Nestes casos, a exposição das vertentes fornece de forma indireta informação morfoestrutural relevante tendo em conta a disposição estrutural da geologia do substrato.

Figura 28 - Inclinação do declive (α) e direção da vertente (Ψ) (adaptado de By *et al.*, 2001⁷⁰)



A exposição das vertentes foi obtida automaticamente a partir do MDT, utilizando a ferramenta *Aspect (Spatial Analyst Tools)* do ArcGIS. Os valores variam entre 0 e 360°, sendo atribuído o valor -1 às áreas planas sem direção de inclinação. A carta de exposição das vertentes do concelho de Tomar (Figura 29) está classificada em 9 classes (Quadro 8): uma classe representa as áreas planas sem direção de inclinação, e as restantes classes correspondem aos oito principais pontos cardeais (setores de 45° de abertura angular).

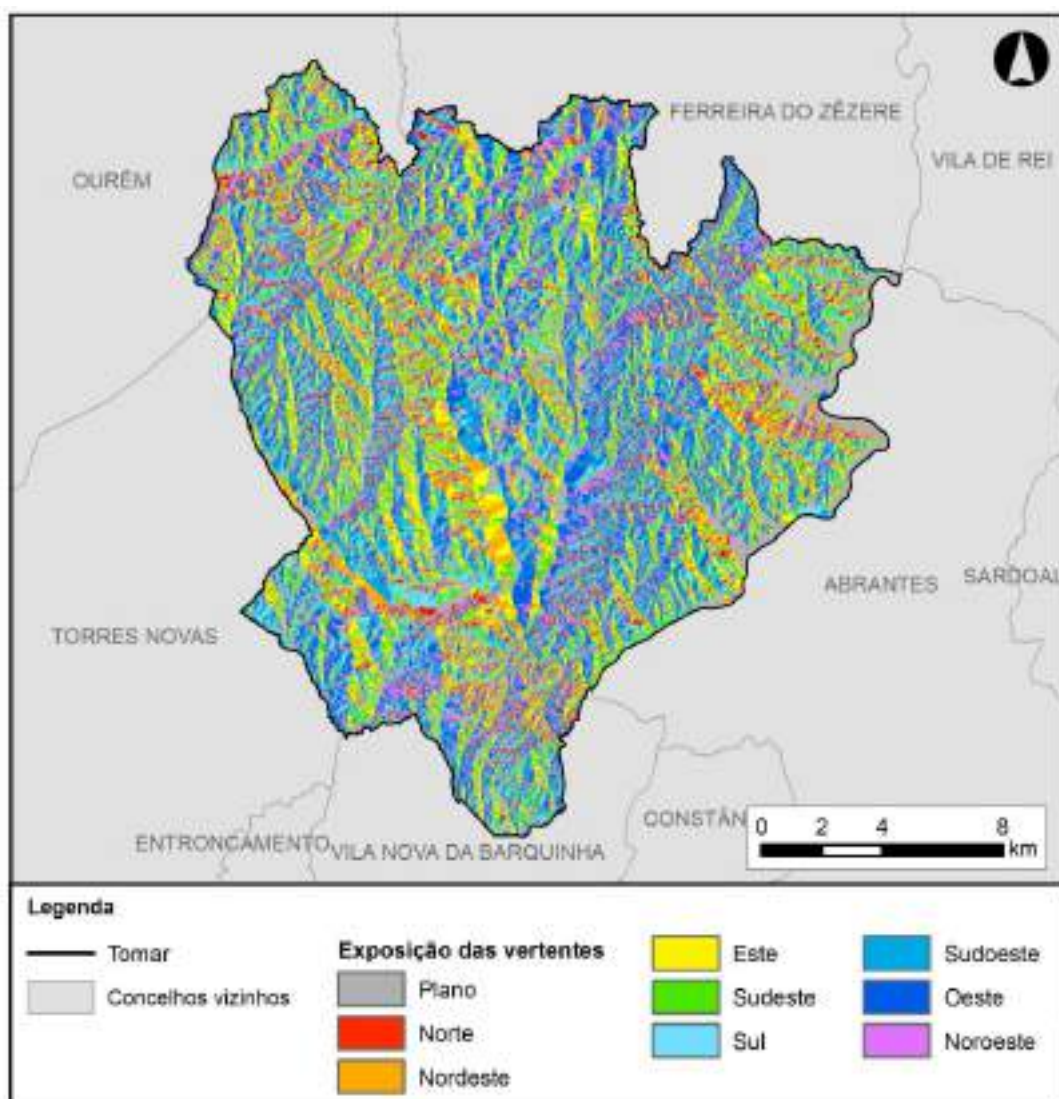
⁶⁷ Baeza, C., Lantada, N., Moya, J. (2010). *Influence of sample and terrain unit on landslide susceptibility assessment at La Pobla de Lillet, Eastern Pyrenees, Spaim*. Environmental Earth Sciences, 60, pp. 155-167.

⁶⁸ Clerici, A., Perego, S., Tellini, C., Vescovi, P. (2010). *Landslide failure and runout susceptibility in the upper T. Ceno valley (Northern Apennines, Italy)*. Natural Hazards, 52, pp. 1-29.

⁶⁹ Zêzere, J.L., Oliveira, S.C., Garcia, R.A., Reis, E. (2008). *Weighting predisposing factors for shallow slides susceptibility assessment on the regional scale*. In Chen, Z., Zhang, J., Li, Z., Wu, F., Ho, K. (eds.), *Landslide and Engineering Slopes: From the past to the future*. Proceedings of the 10th ISL ISL, Xi'an, Vol. 2. Taylor & Francis Group, London, pp. 1831-1837.

⁷⁰ By, R.A., By, A., Knippers, R.A., Sun, Y., Ellis, M.C., Kraak, M., Weir, M.J.C., Georgiadou, Y., Radwan, M.M., van Westen, C.J., Kainz, W., Sides, E.J. (2001). *Principles of Geographic Information Systems – An introductory textbook*. ITC Educational Textbook Series 1, 490p.

Figura 29 - Exposição das vertentes no concelho de Tomar



Quadro 8 - Frequências absolutas e relativas das classes da exposição das vertentes no concelho de Tomar

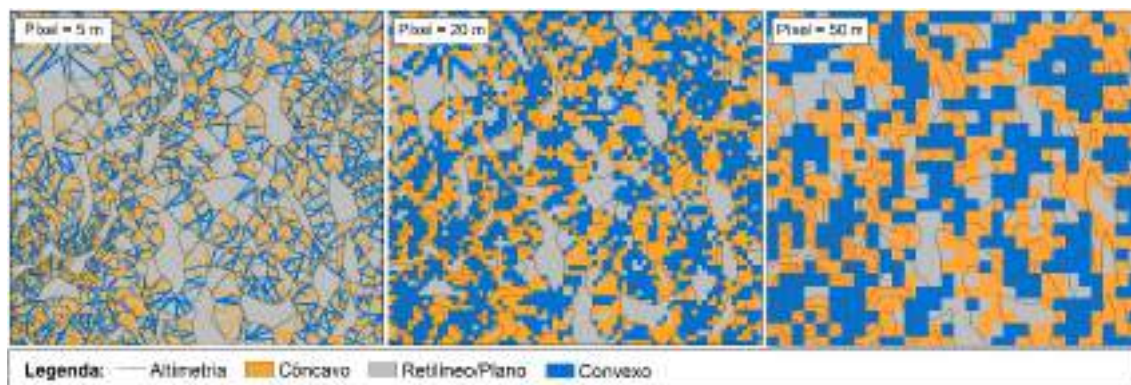
Classes	# Píxeis	Área da classe (ha)	Área do concelho (%)
Plano	2284101	5710	16,3
Norte	543082	1358	3,9
Nordeste	1316347	3291	9,4
Este	1540176	3850	11,0
Sudeste	1609228	4023	11,5
Sul	1638880	4097	11,7
Sudoeste	1973231	4933	14,0
Oeste	1844206	4611	13,1
Noroeste	1298874	3247	9,2

CURVATURA DAS VERTENTES (PERFIL TRANSVERSAL)

A forma das vertentes influencia o sistema de drenagem local e a cinemática dos movimentos de vertente (Mancini *et al.*, 2010⁷¹). No que diz respeito ao perfil transversal, corresponde à interseção entre o plano horizontal e a superfície topográfica, e controla a divergência ou concentração dos fluxos ao longo da vertente. Segundo Zêzere *et al.* (2004)⁷², as vertentes côncavas são as que apresentam maior suscetibilidade a instabilidade de vertentes devido à concentração do escoamento superficial e subsuperficial.

Numa primeira etapa, realizaram-se testes comparativos com píxeis de diferentes dimensões (5, 20 e 50 metros) de forma a escolher a dimensão mais adequada para analisar esta variável, dada a influência das unidades de terreno (píxeis) arrumadas sobre os resultados referentes ao perfil transversal. Assim, foi possível efetuar uma comparação dos resultados decorrentes dos testes com as curvas de nível (Figura 30).

Figura 30 - Exemplos do perfil transversal das vertentes a diferentes resoluções (5, 20 e 50 metros)



Analisando o mapa com maior resolução (píxeis de 5 m) (Figura 30), verifica-se que o pormenor é demasiado elevado para caracterizar a forma das vertentes. Observando os três testes efetuados (Figura 30), verifica-se que quanto maior a dimensão do píxel, maior a homogeneidade dos valores referentes ao perfil das vertentes, permitindo assim fazer uma boa associação entre a curvatura das vertentes e a realizada representada pelas curvas de nível.

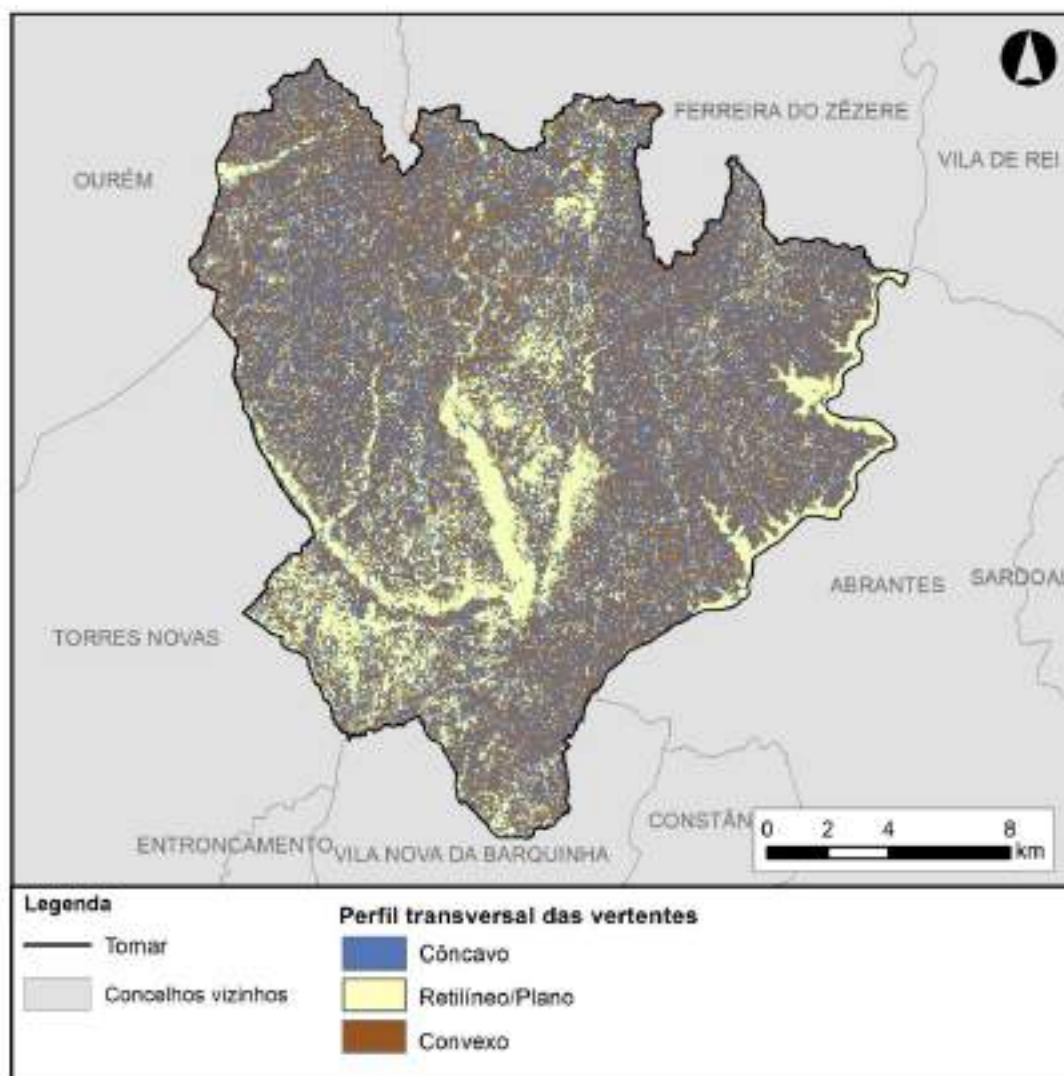
Face aos resultados obtidos no teste efetuado, o perfil transversal das vertentes foi obtido automaticamente a partir do MDT com píxeis de 50m, recorrendo à ferramenta *Curvature (Spatial Analyst Tools)* do ArcGIS. Posteriormente, o mapa foi convertido para células de 5m através da ferramenta *Resample (Data Management Tools)*, por forma a homogeneizar com a restante informação cartográfica. A carta do perfil transversal das vertentes do concelho de Tomar (Figura 31) apresenta uma gama de valores entre -2,39 e 1,92 e está agrupada em 3 classes (**Erro! A origem da referência não foi encontrada.**): Convexo (> 0,025); Retilíneo/Plano (-0,025 – 0,025); Côncavo (< -0,025). Esta classificação baseou-se em estudos anteriormente

⁷¹ Mancini, F., Ceppi, C., Ritrovato, G. (2010). *GIS and statistical analysis for landslide susceptibility mapping in the Daunia area, Italy*. Natural Hazard and Earth System Science, 10, pp. 1851-1864.

⁷² Zêzere, J.L., Reis, E., Garcia, R., Oliveira, S., Rodrigues, M.L., Vieira, G., Ferreira, A.B. (2004). *Integration of spatial and temporal data for the definition of different landslide hazard scenarios in the area north of Lisbon (Portugal)*. Natural Hazard and Earth System Sciences, 2, pp. 73-82.

realizados sobre instabilidade de vertentes (e.g. Zêzere *et al.*, 2009⁷³), nos quais foram adotados estes valores limites.

Figura 31 - Perfil transversal das vertentes no concelho de Tomar



Quadro 9 - Frequências absolutas e relativas das classes do perfil transversal das vertentes no concelho de Tomar

Classes	# Píxeis	Área da classe (ha)	Área do concelho (%)
Côncavo	5113000	12783	36,4
Retilíneo/Plano	3153100	7883	22,4
Convexa	5782000	14455	41,2

⁷³ Zêzere, J.L., Faleh, A., Sadiki, A., Garcia, R.A., Oliveira, S.C. (2009). *Modelação da susceptibilidade a deslizamentos na bacia do Oued Sra (Rif Central, Marrocos) com métodos estatísticos bi-variados*. Publicação da Associação de Geomorfólogos, Volume VI, APGEOM, Braga, pp. 203-210.

LITOLOGIA

A litologia é considerada como um dos fatores de predisposição mais importantes e mais utilizados na avaliação da suscetibilidade a movimentos de vertentes. Através desta variável são considerados indicadores que influenciam a estabilidade da vertente, tais como permeabilidade, limites de liquidez e plasticidade, resistência ao corte e propensão à meteorização física e química (Varnes, 1984)⁷⁴.

A base cartográfica referente à litologia do concelho de Tomar foi obtida a partir da Carta Geológica à escala 1:500.000. Até à data de execução deste relatório não existe informação geológica mais detalhada para o concelho de Tomar no Laboratório Nacional de Energia e Geologia. Esta informação, apenas disponível em formato analógico, foi georreferenciada com o rigor da escala 1:25.000 (erro inferior a 12,5 metros) e digitalizada manualmente. Simultaneamente, foi elaborada a sua base de dados, atribuindo informação da denominação litológica que consta na legenda de cada unidade geológica. Optou-se ainda por considerar nas classes litológicas a diferenciação de novos grupos para as rochas carbonatadas consolidadas identificadas na Carta Geológica de Portugal: i) Rochas carbonatadas compactas do Jurássico superior ii) Rochas carbonatadas compactas do Jurássico inferior e médio, e iii) Rochas carbonatadas compactas do Miocénico superior. Esta opção é justificada pela descrição das unidades geológicas presentes no concelho e da sua suscetibilidade à instabilidade das vertentes (Figura A. 11 – Anexo VII), assim como pela transposição da escala da elaboração desta categoria para o PROT-OVT, para a escala 1:25.000. A correspondência entre as unidades geológicas da Carta Geológica de Portugal e as classes litológicas adotadas encontram-se no Figura A. 12 (Anexo VII).

As unidades litológicas consideradas como fator de predisposição à ocorrência de movimentos de vertente no concelho de Tomar (Figura 32) foram definidas em 9 classes (

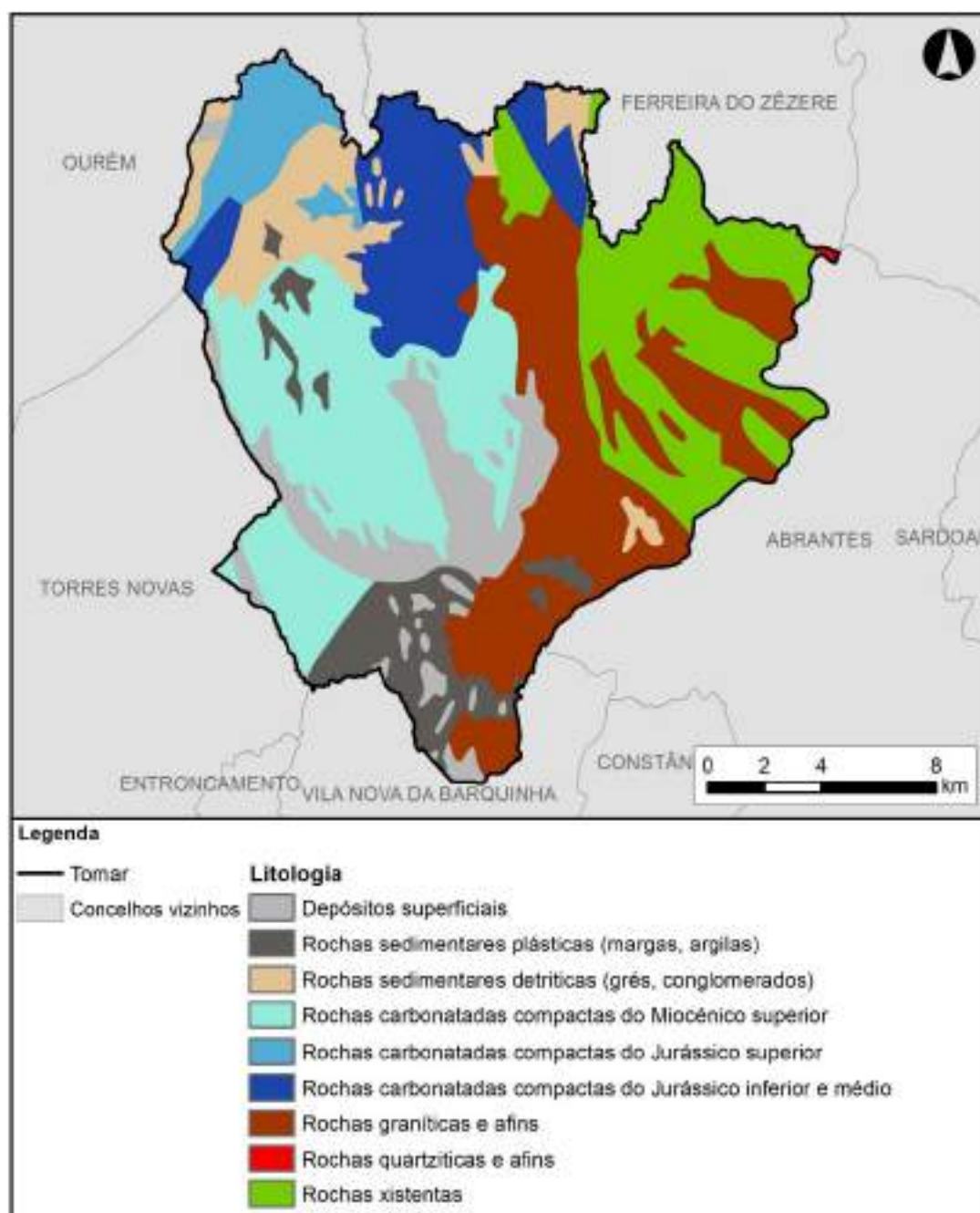
):

- Depósitos superficiais;
- Rochas sedimentares plásticas (margas, argilas);
- Rochas sedimentares detríticas (grés, conglomerados);
- Rochas carbonatadas compactas do Miocénico superior;
- Rochas carbonatadas compactas do Jurássico superior;
- Rochas carbonatadas compactas do Jurássico inferior e médio;
- Rochas graníticas e afins;
- Rochas quartzíticas e afins;
- Rochas xistentas.

⁷⁴ Varnes, D.J. (1984). *Landslide Hazard Zonation: a Review of Principles and Practice*. UNESCO, Paris. 63p.

Os limiares críticos do declive a partir do qual os grupos de materiais rochosos acima referidos passam a ser considerados como formações com suscetibilidade à ocorrência de fenómenos de instabilidade são: i) 10° para os depósitos superficiais e rochas sedimentares plásticas; ii) 15° para as rochas sedimentares detríticas e rochas sedimentares carbonatadas compactas do Miocénico superior; iii) 20° para as rochas xistentas e rochas carbonatadas compactas do Jurássico superior; e iv) 25° para as rochas carbonatadas compactas do Jurássico inferior e médio e rochas graníticas, quartzíticas e afins (Ramos *et al.*, 2010⁷⁵).

Figura 32 - Distribuição espacial das unidades litológicas no concelho de Tomar



⁷⁵ Ramos, C., Zêzere, J.L., Reis, E. (2010). *Avaliação da suscetibilidade aos perigos naturais da Região de Lisboa e Vale do Tejo*. Prospectiva e Planeamento, Ordenamento Territorial e Sustentabilidade, vol. 17, pp. 57-73.

Quadro 10 - Frequências absolutas e relativas das classes das unidades litológicas do concelho de Tomar

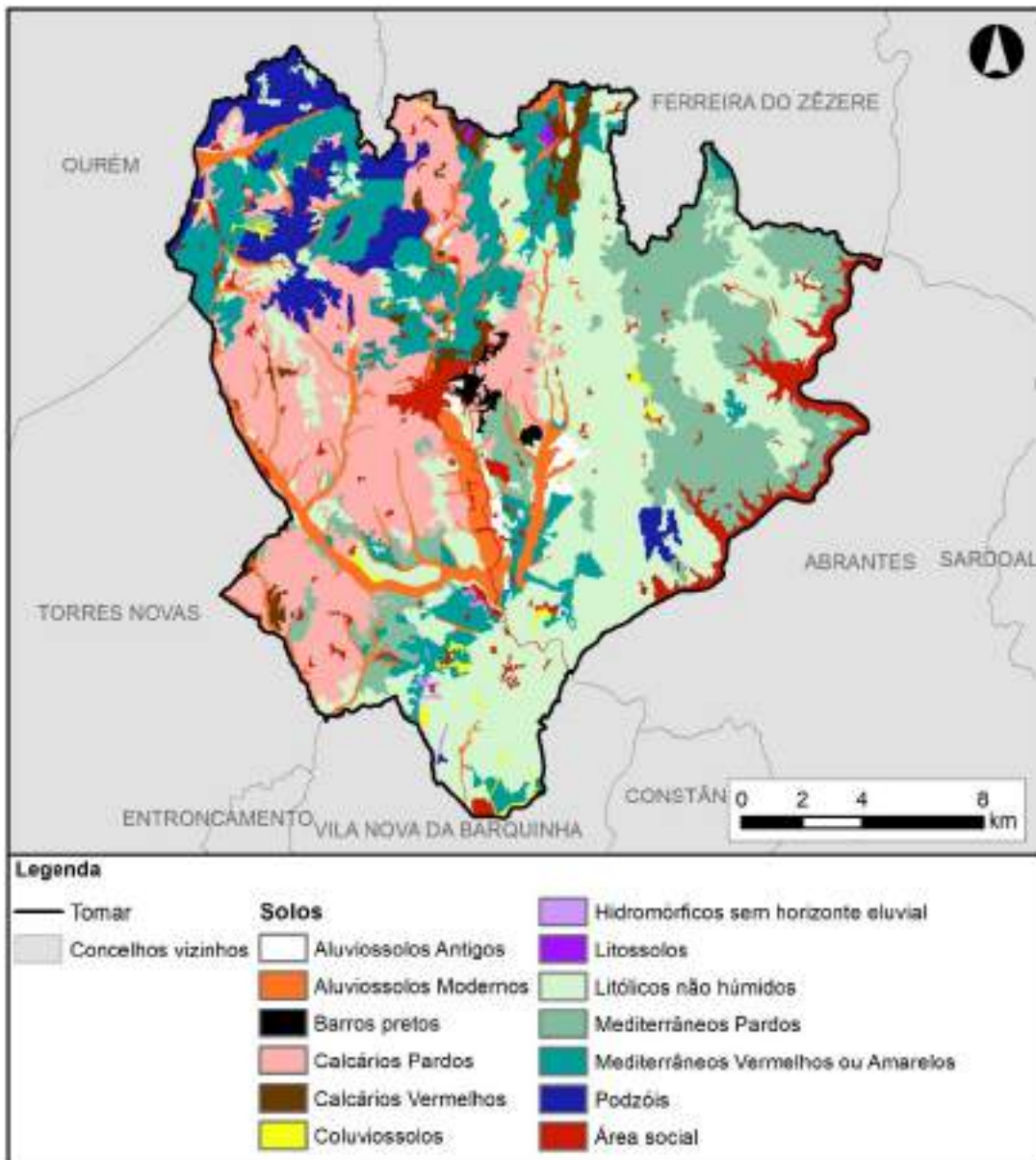
Classes	# Píxeis	Área da classe (ha)	Área do concelho (%)
Depósitos superficiais	1409127	3523	10,0
Rochas sedimentares plásticas (margas e argilas)	986063	2464	7,0
Rochas sedimentares detriticas (grés e conglomerados)	1068208	2671	7,5
Rochas carbonatadas compactas do Miocénico superior	2962661	7407	21,1
Rochas xistentas	2256456	5641	16,1
Rochas carbonatadas compactas do Jurássico superior	654523	1640	4,7
Rochas carbonatadas compactas do Jurássico inferior e médio	1596704	3992	11,4
Rochas graníticas e afins	3104457	7761	22,1
Rochas quartzíticas e afins	10237	26	0,1

TIPO DE SOLO

O tipo de solo, no que diz respeito aos materiais constituintes e respetiva espessura ao longo do território, é considerado como uma variável condicionante à ocorrência de movimentos de vertente. No âmbito da instabilidade de vertentes, destacam-se os substratos com baixa permeabilidade e elevada capacidade de retenção de água por serem maioritariamente responsáveis pelo desenvolvimento de movimentos de vertentes.

Para analisar os tipos de solos do concelho de Tomar recorreu-se à Carta de Solos de Portugal (escala 1:25.000), com classificação e fase de desenvolvimento do Serviço de Reconhecimento e Ordenamento Agrário (SROA). Numa primeira fase, procedeu-se à simplificação dos dados de elevado detalhe, considerando apenas o tipo de solo dominante por cada unidade previamente definida. Quando existia igual importância entre dois tipos de solos numa unidade, considerou-se a informação referente ao primeiro código registado na base de dados por considerar-se como o tipo de solo mais relevante. Assim, foram identificados 53 tipos de solos no concelho de Tomar, os quais foram posteriormente classificados de acordo com o maior agrupamento de solos (Ordem). A carta de tipo de solos referente ao concelho de Tomar (Figura 33) está classificada em 13 tipos de solos (Quadro 11).

Figura 33 - Distribuição dos tipos de solos, classificados de acordo com o SROA, no concelho de Tomar



Quadro 11 - Frequências absolutas e relativas das classes dos tipos de solos no concelho de Tomar

Classes	# Píxeis	Área da classe (ha)	Área do concelho (%)
Aluviossolos Antigos	109404	275	0,8
Aluviossolos Modernos	987811	2470	7,0
Barros Pretos	77121	193	0,5
Calcários Pardos	2689970	6725	19,1
Calcários Vermelhos	236016	590	1,7
Coluviossolos	97872	245	0,7
Hidromórficos sem horizonte eluvial	37311	93	0,3
Litossolos	16395	41	0,1
Litólicos não húmidos	4289028	10723	30,5
Mediterrâneos Pardos	2029718	5075	14,5
Mediterrâneos Vermelhos ou Amarelos	1851125	4628	13,2
Podzóis	866830	2167	6,2
Área social	758723	1897	5,4

USO DO SOLO

O uso do solo pode influenciar a ocorrência de movimentos de vertente a nível das condições hidrológicas e da resistência dos solos e rochas (Poli e Sterlacchini, 2007)⁷⁶. Consiste num indicador indireto de algumas características que podem condicionar a instabilidade de vertentes em termos de processos mecânicos (e.g. reforço do substrato pelas raízes) e hidrológico (e.g. influência na condutividade hidráulica) (Wilkinson *et al.*, 2002)⁷⁷, destacando-se por ser a variável que à escala humana apresenta maior propensão para sofrer alterações mais significativas. De acordo com Roxo (1988)⁷⁸ a ação da vegetação é maioritariamente de proteção, sendo tanto maior quanto mais contínuo e espesso for o coberto vegetal.

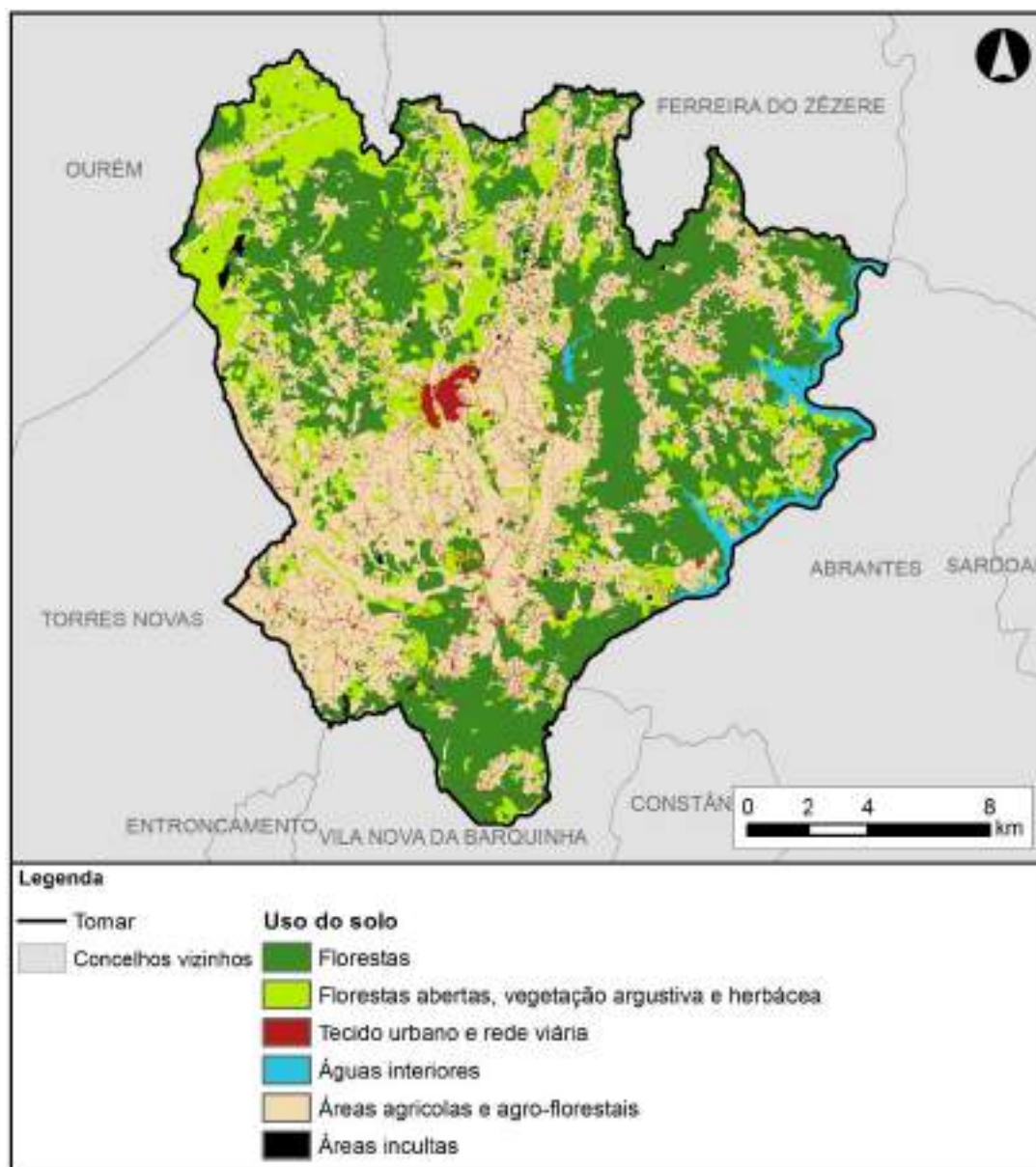
A variável uso do solo foi definida com base na informação presente na Carta da Ocupação do Solo de 2007 à escala 1:25.000. Através da informação agregada à cartografia digital, agrupou-se as tipologias do uso do solo tendo como referência os três primeiros níveis do CORINE Land Cover. Desta forma, a carta de uso do solo do concelho de Tomar (Figura 34) foi classificada em 6 classes (**Erro! A origem da referência não foi encontrada.**): Áreas agrícolas e agroflorestais; Florestas; Florestas abertas, vegetação arbustiva e herbácea; Áreas incultas; Tecido urbano e rede viária; e Águas interiores.

⁷⁶ Poli, S., Sterlacchini, S. (2007). *Landslide representation strategies in susceptibility studies using weights-of-evidence modeling technique*. Natural Resources Research, 16(2), pp. 121-134.

⁷⁷ Wilkinson, P.L., Anderson, M.G., Lloyd, D.M., Renaud, J. (2002). *Landslide hazard and bioengineering: towards providing improved decision support through integrated numerical model development*. Environmental Modelling & Software, 17, pp. 333-344.

⁷⁸ Roxo, M.J. (1988). *Processos atuais de evolução de vertentes*. Dissertação de mestrado apresentada à Universidade de Lisboa, 178p.

Figura 34 - Uso do solo de 2007 no concelho de Tomar



Quadro 12 - Frequências absolutas e relativas das classes do uso do solo no concelho de Tomar

Classes	# Píxeis	Área da classe (ha)	Área do concelho (%)
Florestas	5320461	13301	37,9
Florestas abertas, vegetação arbustiva e herbácea	2452313	6131	17,5
Áreas agrícolas e agroflorestais	5122650	12807	36,4
Áreas incultas	46188	115	0,3
Tecido urbano e rede viária	804514	2011	5,7
Águas interiores	302309	750	2,2

7.4.3 Método estatístico de relação espacial

Os métodos estatísticos utilizados na avaliação da suscetibilidade a movimentos de vertente baseiam-se na relação espacial existente entre os movimentos de vertente e os fatores que condicionam a ocorrência destes eventos no passado e no presente (Zêzere, 2005⁷⁹). A utilização deste tipo de métodos permite a determinação do peso específico de cada variável de forma objetiva e quantificada, assim como a validação dos resultados através da determinação das respetivas curvas das taxas de predição e de sucesso.

A avaliação da suscetibilidade a movimentos de vertente para o concelho de Tomar é determinada através da aplicação do Método do Valor Informativo. Este método recorre a um sistema de pontuações (*scores*) com base na relação entre cada classe de cada variável introduzida no modelo e a distribuição dos movimentos de vertente, isto é, na densidade de movimentos de vertente em cada classe de cada variável.

Os parâmetros que permitiram a determinação do Valor Informativo foram previamente obtidos através dos mapas dos fatores de predisposição (número de píxeis com a variável X_i e número total de píxeis no território), do inventário dos movimentos de vertentes (número total de píxeis com movimentos de massa em vertentes no território) e da tabulação efetuada entre os fatores de predisposição e os movimentos de vertente (número de píxeis com movimentos de massa em vertente na variável X_i), este último, recorrendo à ferramenta *Tabulate Area* do *Spatial Analyst Tools* (ArcGIS 10.3.1). O Valor Informativo de cada classe dos fatores de predisposição foi determinado numa folha de cálculo (Microsoft Excel) através da aplicação da respetiva equação anteriormente mencionada no capítulo 7.3. O quadro que se segue (Quadro 13) apresenta os Valores Informativos (I_i) obtidos para cada classe de cada fator de predisposição.

Quadro 13 - Valor Informativo obtido para cada classe de cada fator de predisposição

Variáveis	Classes	I_i
Declive	0° - 5°	-0,893
	5° - 10°	-0,495
	10° - 15°	-0,202
	15° - 20°	0,106
	20° - 25°	0,480
	25° - 30°	0,939
	30° - 35°	1,331
	> 35°	1,791

⁷⁹ Zêzere, J.L. (2005). *Dinâmica de vertentes e risco geomorfológico*. Centro de Estudos Geográficos, Área de Geografia e Ambiente. Relatório nº 41, 128p.

Variáveis	Classes	I_i
Exposição das vertentes	Plano	- 0,808
	Norte	- 0,485
	Nordeste	0,002
	Este	0,512
	Sudeste	0,309
	Sul	0,154
	Sudoeste	- 0,612
	Oeste	- 0,270
	Noroeste	- 1,107
	Curvatura das vertentes	Côncavo	0,212
Retilíneo/Plano		- 1,015
Convexa		- 0,029
Litologia	Depósitos superficiais	- 0,802
	Rochas sedimentares plásticas (margas e argilas)	- 0,802
	Rochas sedimentares detríticas (grés e conglomerados)	0,154
	Rochas carbonatadas compactas do Miocénico superior	- 0,575
	Rochas xistentas	- 0,802
	Rochas carbonatadas compactas do Jurássico superior	- 0,297
	Rochas carbonatadas compactas do Jurássico inferior e médio	0,820
	Rochas graníticas e afins	- 0,786
	Rochas quartzíticas e afins	- 0,802
	Tipo de solo	Aluviossolos Antigos	- 1,590
Aluviossolos Modernos		- 1,590
Barros Pretos		- 1,590
Calcários Pardos		- 0,402

Variáveis	Classes	I_j
	Calcários Vermelhos	- 1,590
	Coluviosolos	- 1,590
	Hidromórficos sem horizonte eluvial	- 1,590
	Litossolos	- 1,590
	Litólicos não húmidos	- 0,750
	Mediterrâneos Pardos	- 0,756
	Mediterrâneos Vermelhos ou Amarelos	0,767
	Podzóis	0,069
	Área social	- 1,590
	Uso do solo	Áreas agrícolas e agroflorestais	- 1,004
Florestas		- 0,476
Florestas abertas, vegetação arbustiva e herbácea		0,680
Áreas incultas		- 1,501
Tecido urbano e rede viária		- 1,501
Águas interiores		- 1,501

O Valor Informativo permite inferir sobre a probabilidade espacial de ocorrência de movimentos de vertente: os *scores* mais elevados indicam maior possibilidade de ocorrência de instabilidade de vertentes; e os *scores* mais reduzidos indicam menor possibilidade de ocorrerem movimentos de vertente. Através dos *scores* apresentados no **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** constata-se que as áreas mais favoráveis à ocorrência de deslizamentos no concelho de Tomar correspondem a vertente côncavas, expostas a Este e com declives superiores a 30º, onde predominam rochas carbonatadas compactas do Jurássico inferior e médio, solos Mediterrâneos Vermelhos ou Amarelos e áreas de florestas abertas, vegetação arbustiva e herbácea. Em oposição, as áreas que revelam menor propensão à ocorrência de deslizamentos correspondem a vertentes que possuem declives inferiores a 10º, morfometricamente retilíneas, planas e expostas a noroeste, onde a litologia do território é constituída por rochas sedimentares plásticas, xistentas e quartzíticas e depósitos superficiais, os solos são classificados como aluviosolos antigos e modernos, barros pretos, calcários vermelhos, coluviosolos, litossolos, hidromórficos sem horizonte eluvial e área social, e onde a ocupação é predominantemente tecido urbano e rede viária, áreas incultas e águas interiores. Efetuando uma breve análise comparativa dos valores informativos e características anteriormente descritas (áreas mais e menor favoráveis à ocorrência de deslizamentos) com alguns resultados apresentados em estudos sobre instabilidade de vertentes (e.g. Zêzere *et al.*,

2004⁸⁰; Henriques, 2009⁸¹; Meneses, 2011⁸²) verifica-se que ambos são similares aos resultados da bibliografia consultada.

Posteriormente determinou-se o Valor Informativo total (I_j) para cada unidade matricial, o qual traduz a suscetibilidade à ocorrência de movimentos de vertente para todo o concelho (Figura A. 41 – Anexo VII). Este processo foi efetuado em ambiente ArcGIS, recorrendo ao *Raster Calculator (Spatial Analyst Tools)* que permitiu efetuar a soma dos Valores Informativos de cada variável independente que se encontravam espacialmente sobrepostos nas devidas unidades matriciais (Figura A. 42 – Anexo VII).

A Curva de Sucesso, tal como referido anteriormente, surge como forma de avaliar o grau de ajustamento do modelo de suscetibilidade às áreas instabilizadas. A sua representação gráfica apenas permite avaliar visualmente o grau de ajustamento do modelo de suscetibilidade às áreas instabilizadas. No entanto, determinando a Área Abaixo da Curva (AAC), é possível avaliar quantitativamente o grau de ajustamento recorrendo à seguinte equação:

$$AAC = \sum_{i=1}^n \left((Ls_i - L_i) * \frac{a_i + b_i}{2} \right)$$

Onde:

$(Ls_i - L_i)$ – amplitude da classe;

a_i – valor da ordenada correspondente a L_i ;

b_i – valor da ordenada correspondente a Ls_i .

A Área Abaixo da Curva pode assumir, teoricamente, valores entre 0 e 1, que correspondem à capacidade preditiva mínima e máxima, respetivamente. Quanto mais próximo do valor 1, maior o ajuste do modelo preditivo, e necessariamente, melhor a sua qualidade. O valor de 0,5 indica o mínimo de elegibilidade do modelo preditivo (Mancini *et al.*, 2010⁸³).

A Curva de Sucesso associada ao modelo de suscetibilidade (Figura 35) evidencia um elevado grau de ajustamento entre o modelo e as áreas instabilizadas, apresentando uma Área Abaixo da Curva de 0,962. De acordo com Guzzetti (2005)⁸⁴, o valor obtido indica a presença de um modelo de suscetibilidade Excelente.

⁸⁰ Zêzere, J.L., Reis, E., Garcia, R., Oliveira, S., Rodrigues, M.L., Vieira, G., Ferreira, A.B. (2004). *Integration of spatial and temporal data for the definition of different landslide hazard scenarios in the north of Lisbon (Portugal)*. Natural Hazard and Earth System Sciences 4, pp. 133-146.

⁸¹ Henriques, C. (2009). *Dinâmica de vertentes no contexto da Reserva Ecológica Nacional: o caso de estudo do concelho de Caldas da Rainha*. Dissertação de mestrado apresentada à Universidade de Lisboa, Lisboa. 140p.

⁸² Meneses, B. (2011). *Suscetibilidade e risco de movimentos de vertente no concelho de Tarouca*. Dissertação de mestrado apresentada à Universidade de Lisboa, Lisboa. 115p.

⁸³ Mancini, F., Ceppi, C., Ritrovato, G. (2010). *GIS and statistical analysis for landslide susceptibility mapping in the Daunia area, Italy*. Natural Hazard and Earth System Science, 10, pp. 1851-1864.

⁸⁴ Guzzetti, F. (2005). *Landslide hazard and risk assessment*. Dissertação de doutoramento apresentada à Universidade de Bona. 373p.

O modelo de suscetibilidade foi posteriormente reclassificado em cinco classes (Figura 36) tendo em conta as quebras naturais da curva de sucesso que foram obtidas através de uma observação da tendência natural da curva (Figura 35) (Quadro 14).

Figura 35 - Curva de sucesso do modelo de suscetibilidade a deslizamentos no concelho de Tomar com a marcação das respetivas quebras naturais (valores normalizados entre 0 e 1)

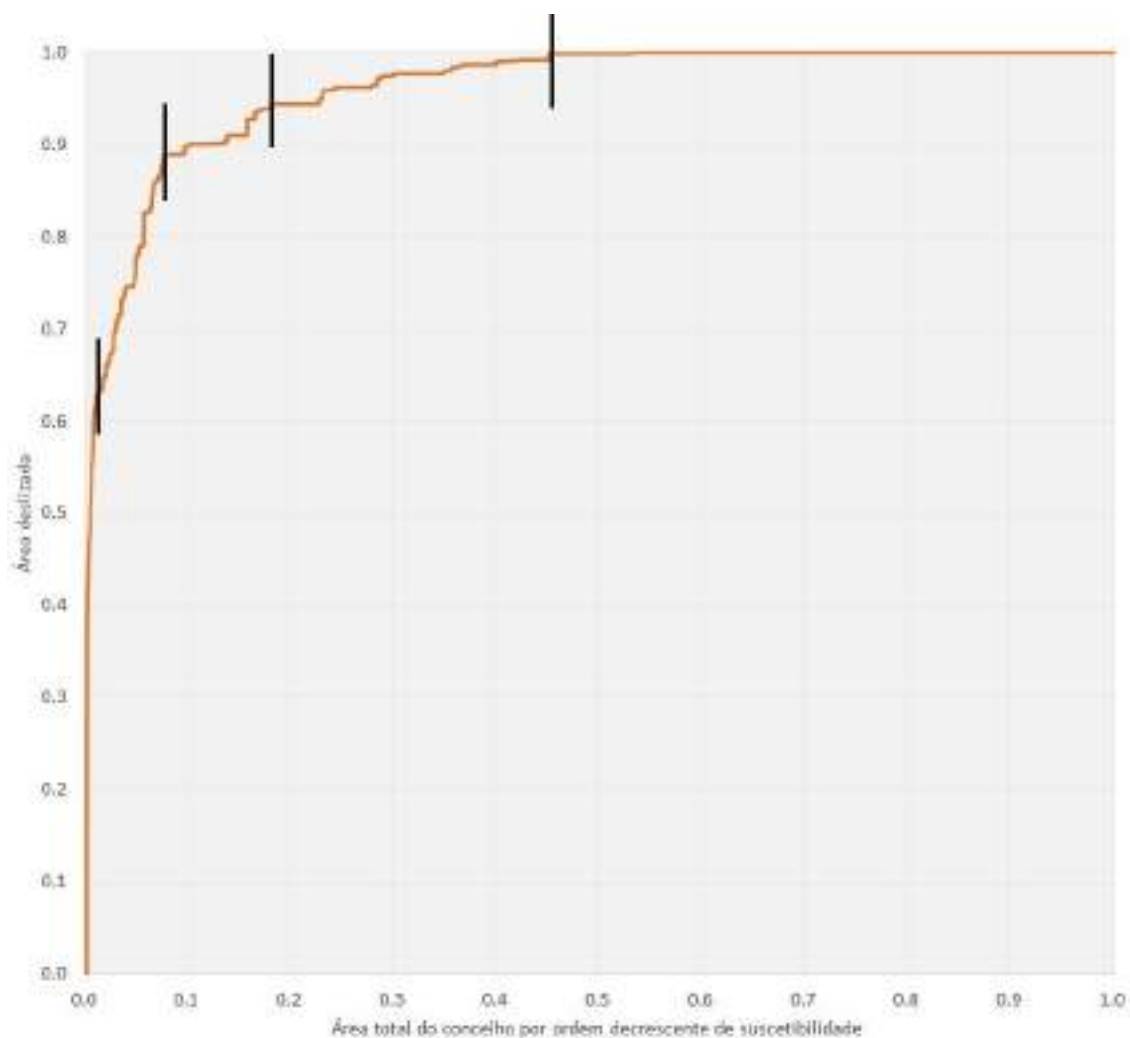
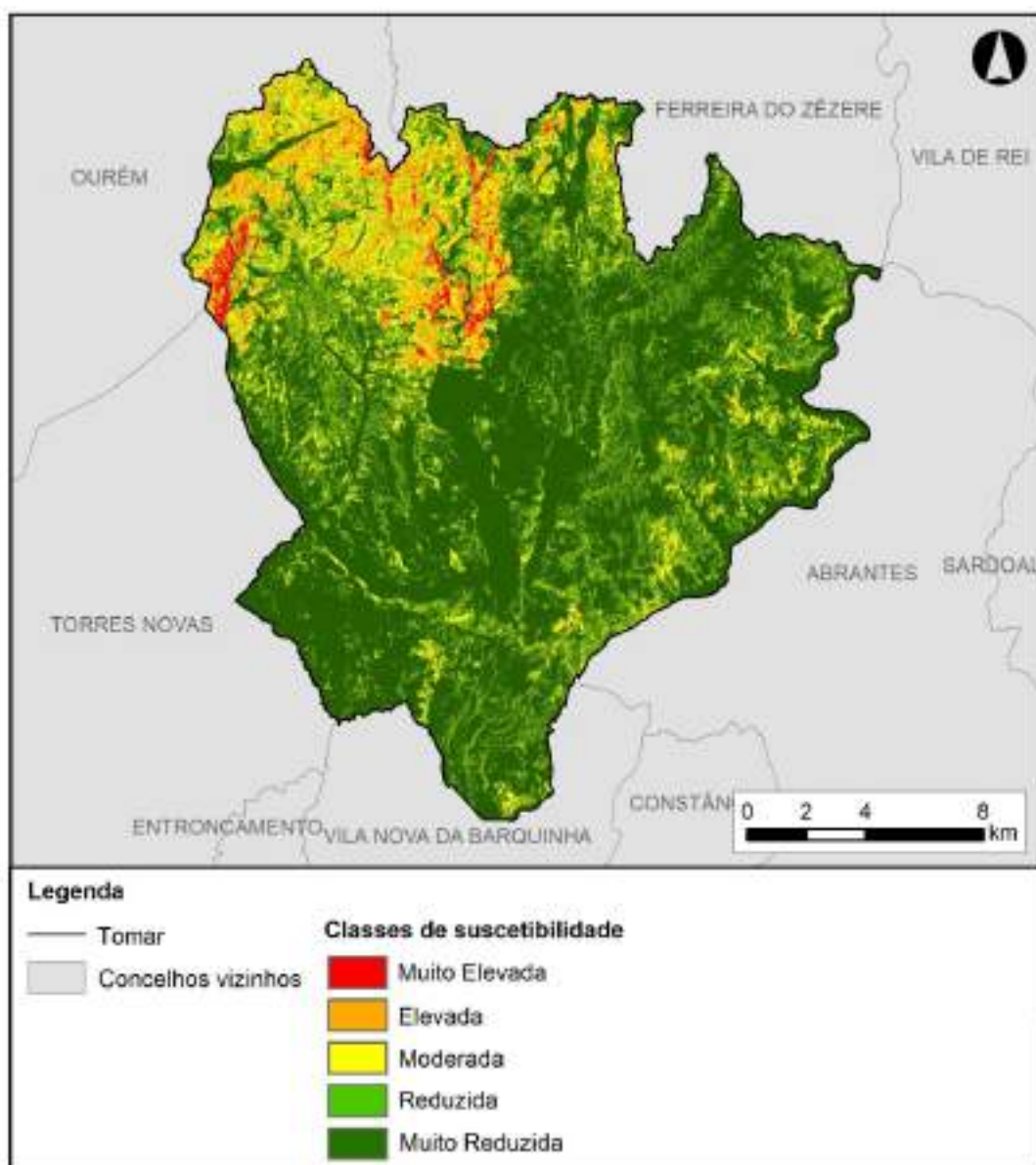


Figura 36 - Mapa de suscetibilidade a deslizamentos no concelho de Tomar



Quadro 14 - Classes de suscetibilidade e respetiva área abrangida do concelho de Tomar

Classes de suscetibilidade	Scores do Valor Informativo	Área instabilizada (%)	Área do concelho (%)
Muito Elevada	1,967 – 4,782	63,3	1,2
Elevada	0,332 – 1,967	25,7	6,3
Moderada	-0,813 – 0,332	5,5	10,4
Reduzida	-2,306 – -0,813	5,4	27,1
Muito Reduzida	-6,908 – -2,306	0,1	55,0

De acordo com a Figura 36, a suscetibilidade à ocorrência de deslizamentos no concelho de Tomar é mais elevada (classes Muito Elevada, Elevada e Moderada) na região noroeste do concelho, afetando maioritariamente as freguesias e união de freguesias da Sabacheira, Além

da Ribeira e Pedreira, Casais e Alviobeira, Madalena e Beselga (zona norte) e São João Baptista e Santa Maria dos Olivais (zona norte). Na restante área do concelho predominam as classes Reduzida e Muito Reduzida.

Da análise efetuada ao **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** pode concluir-se que num horizonte temporal sem limites definidos, 63,3% dos futuros movimentos de vertente deverão concentrar-se em áreas abrangidas pela classe de suscetibilidade Muito Elevada, a qual ocupa apenas 1,2% da área total do concelho. No mesmo sentido, 25,7% dos futuros movimentos serão abrangidos pela classe de suscetibilidade Elevada (6,3% do território), 5,5% dos futuros movimentos serão abrangidos pela classe de suscetibilidade Moderada (10,4% do território), 5,4% dos futuros movimentos serão abrangidos pela classe de suscetibilidade Reduzida (27,1% do território), e 0,1% dos futuros movimentos serão abrangidos pela classe de suscetibilidade Muito Reduzida (55,0% do território).

7.4.4 Delimitação das escarpas naturais

As escarpas naturais são definidas como vertentes rochosas com declives superiores a 45°. Segundo o ponto 3.5 da secção III das Orientações Estratégicas de Âmbito Nacional e Regional (2012) “as escarpas naturais são delimitadas e incluídas na REN enquanto área de instabilidade de vertentes”, cuja delimitação inclui “*faixas de proteção a partir do rebordo superior e da base, cada uma das quais com largura determinada em função da geodinâmica e dimensão da escarpa e do interesse cénico e geológico do local, a qual deve ser no mínimo, igual à altura do desnível entre a crista e o sopé*”.

As escarpas naturais foram cartografadas a partir da carta de declives com uma resolução de 1 m², de forma a obter-se uma melhor delimitação. Em seguida, selecionou-se as escarpas com áreas superiores a 200 m² e adicionou-se uma faixa de proteção em função da geodinâmica e dimensão das escarpas e do interesse cénico e geológico do local (Figura 37). O valor referente à dimensão das escarpas foi estabelecido de forma a excluir pequenas escarpas sem relevância para efeitos de delimitação da REN através da análise de três possíveis cenários: i) todas as escarpas naturais (Figura A. 43 – Anexo VII); ii) escarpas naturais com área superior a 100m² (Figura A. 44 – Anexo VII); e iii) escarpas naturais com área superior a 200m² (Figura A. 45 – Anexo VII). O valor correspondente à faixa de proteção das escarpas foi estabelecido após uma análise minuciosa das escarpas sobre os ortofotomapas de 2012, sendo o valor igual a 25 metros quando a altura do desnível entre a crista e o sopé da escarpa é inferior ou igual a 25 metros, ou correspondente à altura do desnível entre a crista e o sopé da escarpa quando o desnível é superior a 25 metros. Desta análise, verifica-se a predominância de escarpas naturais alongadas e com desnível entre a crista e o sopé da escarpa inferior a 25 metros. O trabalho de análise das escarpas sobre os ortofotomapas permitiu ainda realizar ajustes a limites físicos existentes no território, nomeadamente a remoção de áreas associadas a taludes de vias e ao coroamento da barragem de Castelo do Bode. Assim, obtiveram-se as áreas de escarpas naturais mais expressivas no concelho de Tomar associadas a uma faixa de proteção (Figura 38). A Figura A. 46 do Anexo VII apresenta em pormenor uma área da Figura 38.

Figura 37 - Fluxograma metodológico para a determinação das escarpas naturais e respetiva faixa de proteção.

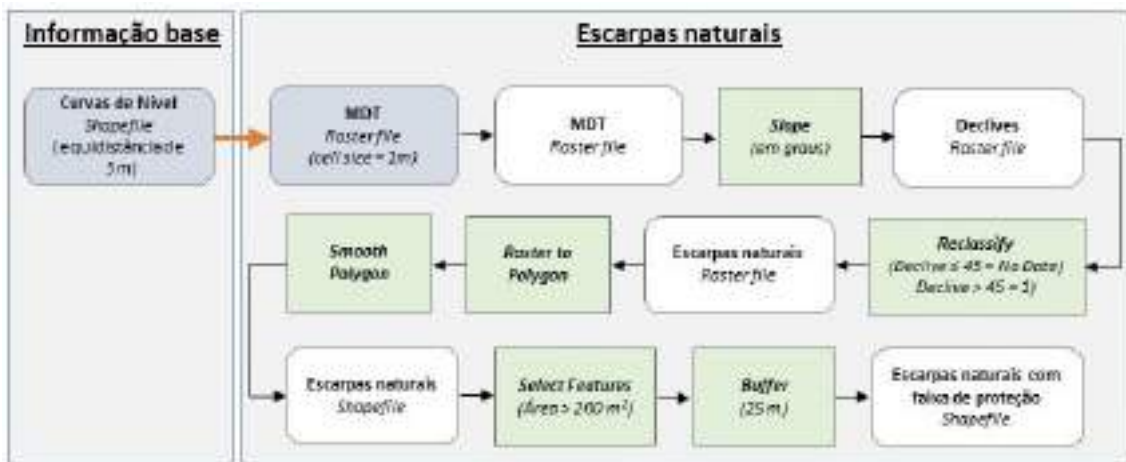
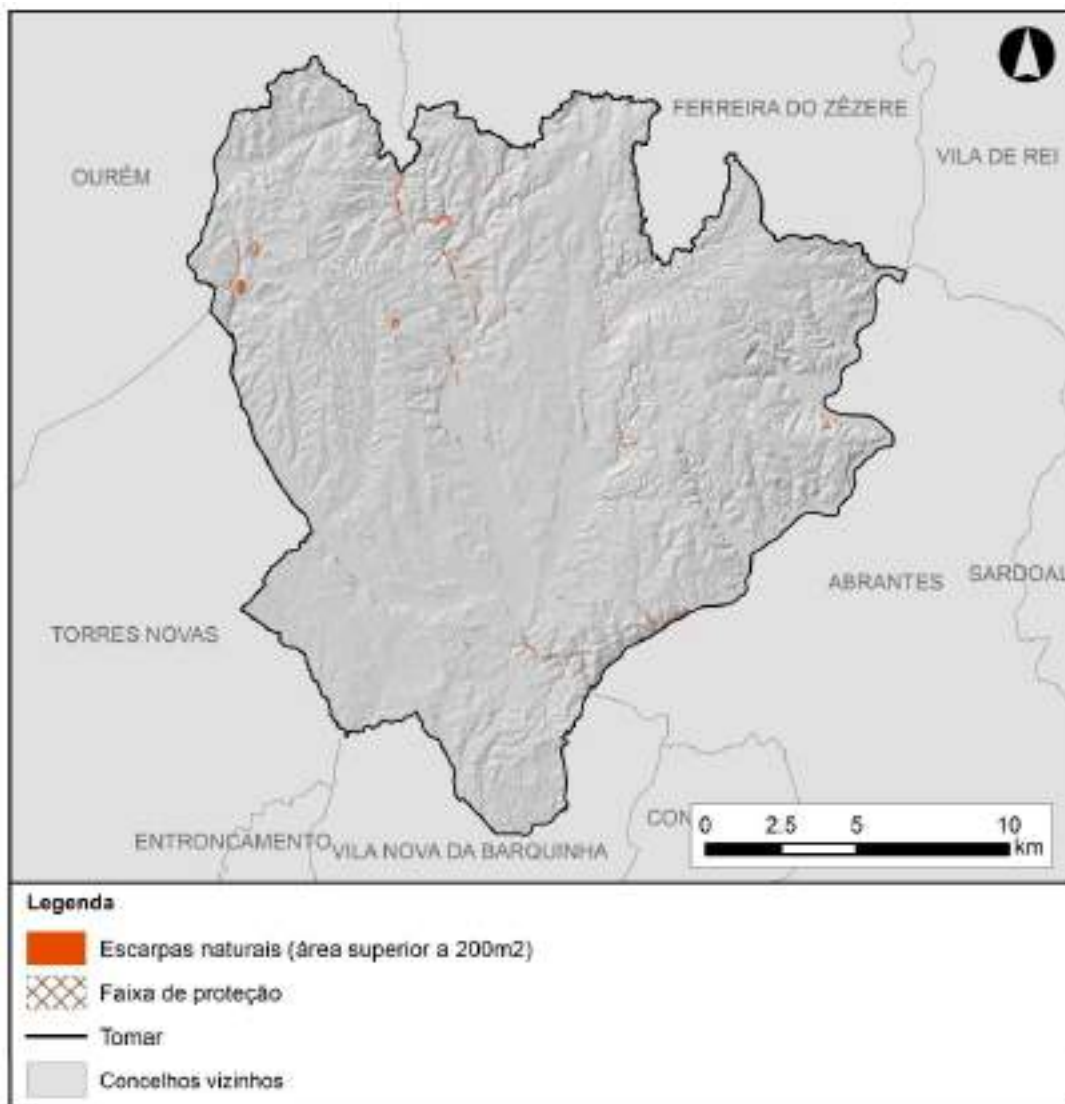


Figura 38 - Escarpas naturais e respetivas faixas de proteção



7.4.5 Procedimentos de generalização cartográfica e áreas a integrar a REN

Para a delimitação das “áreas de instabilidade de vertentes” a integrar a REN do concelho de Tomar foi necessário proceder à generalização dos resultados obtido, nomeadamente as áreas mais suscetíveis à ocorrência de movimentos de vertente e as escarpas naturais e respetivas faixas de proteção. Já as áreas com movimentos de vertente e respetiva faixa de segurança foram inseridas diretamente na delimitação da REN devido à sua importância. Estas últimas em conjunto com as áreas mais suscetíveis à ocorrência de movimentos de vertente representam as “Restantes áreas de instabilidade de vertentes”.

No que diz respeito às áreas mais suscetíveis à ocorrência de movimentos de vertente analisou-se a curva de sucesso e respetiva informação de base. De acordo com as Orientações Estratégicas de Âmbito Nacional e Regional, deve integrar a área classificada como mais suscetível, suficiente para garantir a inclusão de uma fração nunca inferior a 70% das áreas identificadas como instabilizadas no inventário. Assim, identificou-se o Valor Informativo correspondente à área que inclui 70% das áreas identificadas como instabilizadas, *i.e.* o Valor Informativo que determina o limite mínimo das áreas a serem consideradas neste processo (VI=1,262). A área considerada (Figura A. 47 – Anexo VII) abrange as classes de suscetibilidade Muito Elevada e Elevada (Figura 35).

Por inerência aos processos de instabilidade de vertentes, tipicamente é gerado um elevado número de áreas de reduzidas dimensões que podem ocorrer dispersas no território, mas também, surgirem de uma forma concentrada. Tendo em conta, por um lado, a escala de trabalho (1:25.000), e considerando que a unidade mínima cartográfica a esta escala é de 1ha; e por outro, a eliminação de áreas inferiores a 1ha elimine o número significativo de áreas de risco, equaciona-se um procedimento de generalização que pretende agregar áreas de risco, gerando áreas adequadas à dimensão adequada à sua gestão.

De forma a ponderar a integração de áreas instáveis isoladas com dimensão inferior a 0,5ha, considerou-se as áreas mais suscetíveis à ocorrência de instabilidade de vertentes que, em resultado da sua proximidade, tenham em conjunto uma dimensão superior a 0,5ha, através de uma metodologia de agregação baseada em procedimentos automáticos e casuísticos. Numa primeira fase, efetuou-se *buffers* em torno destas áreas e em função da sua dimensão: i) 5 metros para áreas entre 0,01 e 0,03ha; e ii) 20 metros para todas as áreas superiores a 0,03ha. Posteriormente, analisou-se casuisticamente as áreas associadas aos *buffers*, identificando os casos onde os *buffers* intersejam as referidas áreas ou quando intersejam outros *buffers*. A operacionalização desta metodologia apoiou-se no mapa de suscetibilidade não-classificado, permitindo analisar a probabilidade de ocorrência espacial das áreas abrangidas pelos *buffers*, e assim efetuar-se manualmente a ligação mais adequada entre as duas áreas mais suscetíveis à ocorrência de instabilidade de vertentes pelo local onde a suscetibilidade é mais elevada (Figura 39).

Na presença de *buffers* que intersejam áreas ou outros *buffers* cujas potenciais áreas de ligação apresentam suscetibilidade consideravelmente mais reduzida (face aquela que determinou a sua marcação como área mais suscetível à ocorrência de instabilidade de vertentes), optou-se por se não concretizar essa ligação (Figura 39).

Em ArcGIS identificaram-se as respetivas áreas e converteu-se o mapa de suscetibilidade de formato matricial para formato vetorial (Figura A. 42 – Anexo VII). Na Figura 40 apresenta-se o

fluxograma metodológico que permitiu a obtenção da área a integrar a REN a partir da informação cartográfica previamente produzida.

Figura 39 - Exemplo da aplicação da metodologia de agregação das áreas mais suscetíveis à ocorrência de AIV

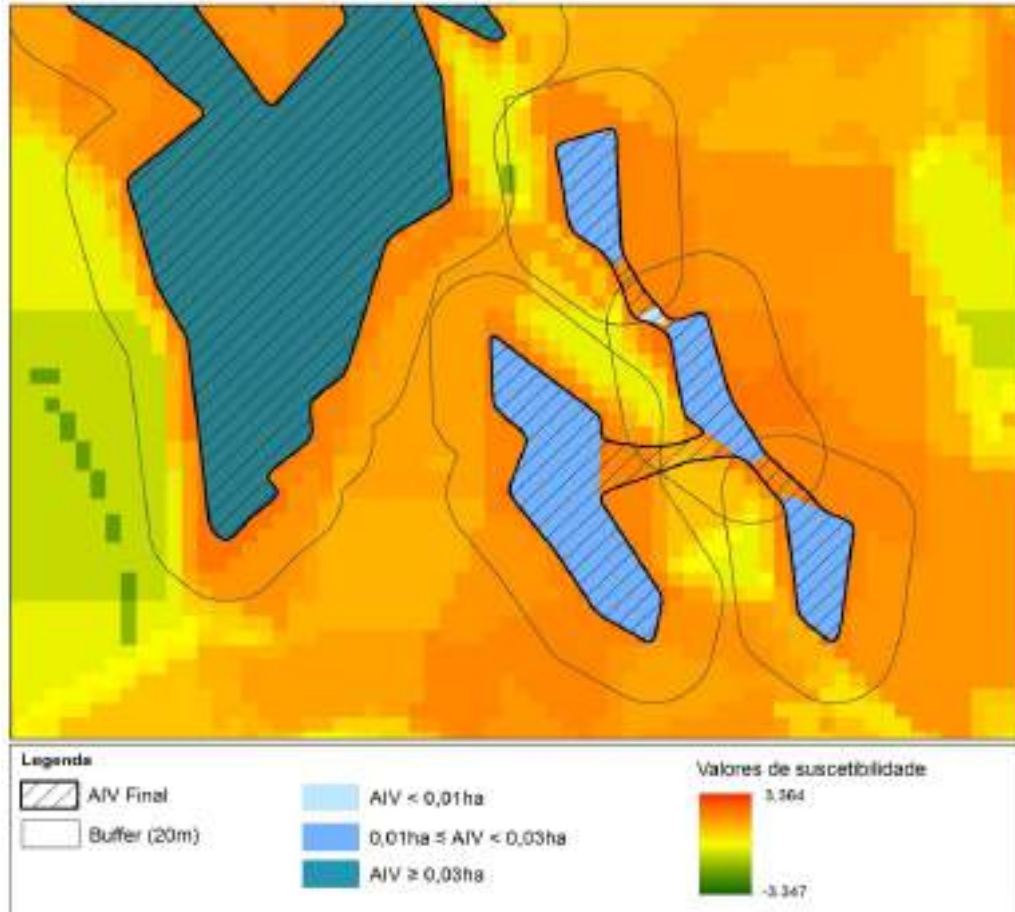


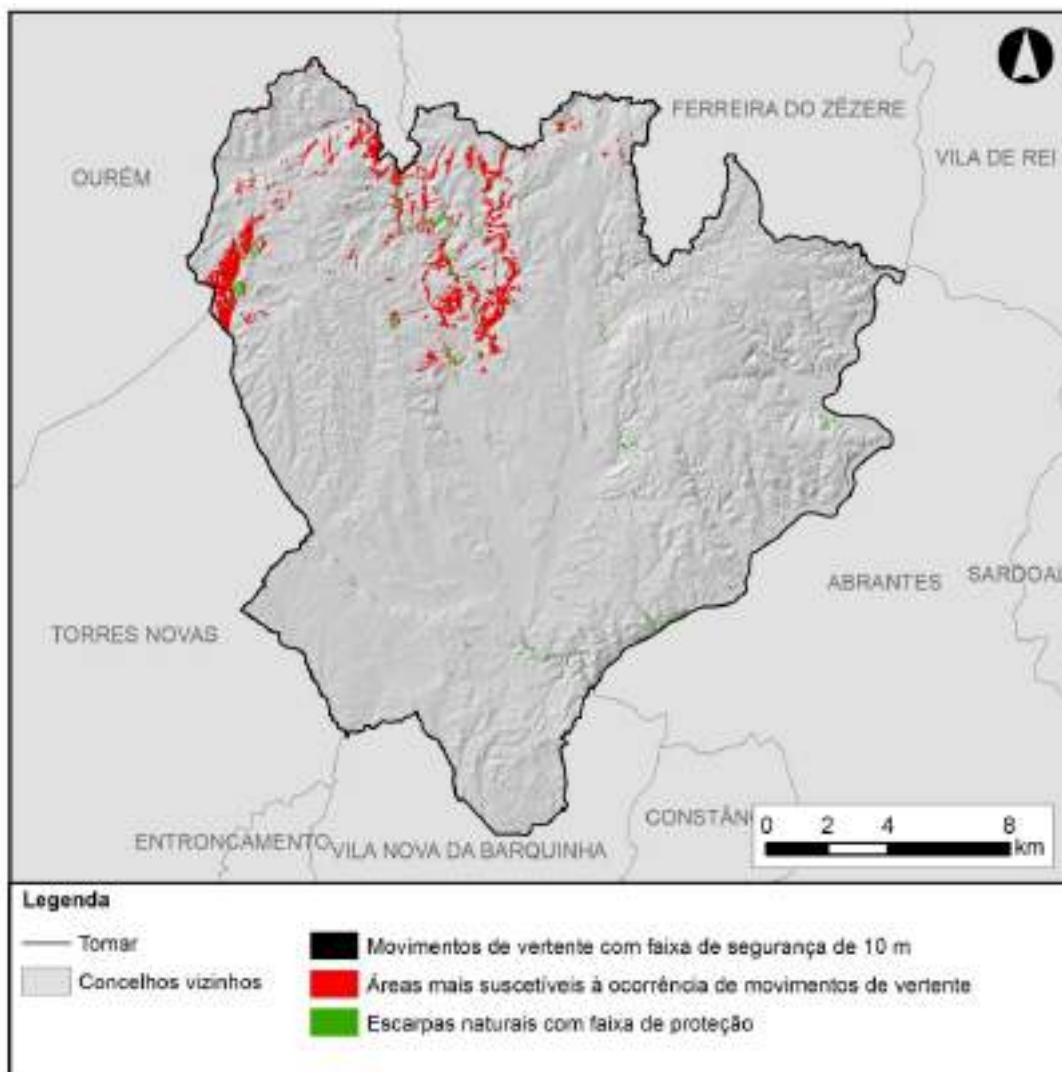
Figura 40 - Fluxograma metodológico do processo para a obtenção das áreas a integrar a REN



Após a eliminação dos espaços vazios identificados dentro dos polígonos anteriormente obtidos (ferramenta *Eliminate Polygon Part*), de acordo com as Orientações Estratégicas de Âmbito Nacional e Regional, integrou-se na cartografia produzida no procedimento anterior a superfície correspondente aos movimentos de vertente na REN, acrescida de uma faixa de segurança de 10 metros definida para o exterior dos limites de cada movimento (Figura 40). Deste modo, obtiveram-se as áreas a integrar a REN, designadas por “áreas de instabilidade de vertentes”.

Na Figura 41 encontra-se a proposta de delimitação da tipologia “áreas de instabilidade de vertentes”. As áreas identificadas na presente tipologia da REN correspondem a uma área total de 1070,4 ha, cerca de 3,1% da área total do concelho. A área delimitada referente às áreas mais suscetíveis à ocorrência de movimentos de vertente abrange 926,0 ha (84,4% do total), a área referente às escarpas naturais com as faixas de proteção abrange 187,2 ha (20,2% do total), e a área referente aos movimentos de vertente com a faixa de segurança abrange 4,4 ha (0,4% do total). Estas três componentes sobrepõem-se no território, o que leva a que o somatório das áreas não corresponda à área associada à tipologia “áreas de instabilidade de vertentes”, sendo este último um valor inferior.

Figura 41 - Proposta de delimitação da tipologia “áreas de instabilidade de vertentes” discriminada por componentes.



8. Proposta de Exclusões

8.1 Metodologia

Numa abordagem anterior ao processo de identificação das áreas a excluir, foi pertinente reconhecer quais os usos compatíveis com a REN e com a preservação dos recursos ecológicos em questão.

De acordo com o RJREN, existem 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, que o presente regime defende.

No sentido de responder ao disposto do referido diploma, foi possível fazer o levantamento das categorias de solo constantes da proposta de ordenamento do município de Tomar que regra geral não acompanham o processo de exclusão (**Erro! A origem da referência não foi encontrada.**):

Quadro 15 - Categorias de Solo compatíveis com a Reserva Ecológica Nacional

	SIGLA
• Espaços Naturais e Paisagísticos – Rede Natura 2000	N1
• Espaços Naturais e Paisagísticos – Zona de Proteção e Valorização Ambiental	N2
• Espaços Verdes	EV
• Espaços Agrícolas de Produção	A1
• Espaços Agrícolas Complementares	A2
• Espaços Florestais	F
• Espaços destinados a Equipamentos e Infraestruturas e outras Estruturas ou Ocupações - Espaços de Recreio e Lazer	EI3
• Espaços de Exploração de Recursos Geológicos	G
• Espaço cultural ⁸⁵	C
• Espaço de Uso Especial do Complexo dos Templários ⁸⁶	UI2

Por outro lado, reúne-se no **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** as categorias de solo que, pela sobreposição com a Planta de Ordenamento e regulamento proposto, integram necessariamente o processo de proposta de exclusão da REN:

⁸⁵ Definido no Relatório de Fundamentação do PDM de Tomar como uma faixa de 200 m ao longo de toda a extensão do Aqueduto dos Pegões: “com regulamentação associada que possibilite a sua **proteção** (nomeadamente **interdição de construção**), mas também a sua valorização (possibilitando a criação de estruturas de apoio à sua fruição)”.

⁸⁶ Sustentado pelo n.º 2 do artigo 42.º do Regulamento de Revisão do PDM de Tomar, que define que nesta área são **interditas novas edificações** (com exceção das que estejam diretamente relacionadas com a valorização e reabilitação do conjunto monumental).

Quadro 16 - Categorias de Solo analisadas no processo de proposta de exclusões

	SIGLA
• Espaços Habitacionais	EH
• Aglomerados Rurais	AR
• Espaços Centrais	EC
• Espaços de Atividades Económicas (Estruturantes / Complementares / Especiais)	AE
• Espaços de Ocupação Turística	T
• Espaços destinados a Equipamentos e Infraestruturas e outras Estruturas ou Ocupações – Equipamentos Existentes ou Previstos	EI1
• Espaços destinados a Equipamentos e Infraestruturas e outras Estruturas ou Ocupações - Pista de Ultraleves de Valdonas	EI2
• Espaços destinados a Equipamentos e Infraestruturas e outras Estruturas ou Ocupações – Indústrias Isoladas	EI4

Embora se reconheça que todas as tipologias que englobam a REN apresentam um nível de vulnerabilidade elevado, considera-se que existem diferentes graus de risco associado, sendo que o risco de cheias e deslizamento de massas de solo são o que contêm um maior risco para pessoas e bens.

Com a preocupação de salvaguardar esse risco, foram respeitados os Cursos de águas e respetivos Leitos e Margens, Zonas Ameaçadas pelas Cheias, Áreas de Instabilidade de Vertentes e Leito e Margens de Albufeiras que Contribuem para a Conectividade e Coerência Ecológica da REN, consideradas tipologias de maior risco e, portanto, sobre as qual não incidiu, salvo algumas exceções, qualquer tipo de pedido de exclusão.

Por este facto, existem áreas urbanas consolidadas que se encontram incluídas nas tipologias de maior risco e que permanecem em Reserva Ecológica.

No que respeita ao Centro Histórico de Tomar, trata-se de uma situação excecional dada a sua importância histórica e a necessidade de reabilitação inerente a esta zona da cidade, integrada, inclusivamente, em programas de desenvolvimento urbano já candidatados a apoios comunitários. Tendo por base o Plano de Gestão dos Riscos de Inundação (PGRI) associado ao Rio Nabão, propõe-se exclusão da Zona Ameaçada pela Cheia correspondente aos níveis de perigosidade hidrodinâmica da cheia Insignificante, Baixa e Média presentes no Centro Histórico de Tomar. De forma a prevenir os riscos associados a cheias nesta zona, toda a zona associada ao PGRI, incluindo a área para a qual incide o presente pedido de exclusão, ficará salvaguardada através do regulamento e planta de ordenamento (áreas de risco) da revisão do PDM.

Nas áreas associadas a Planos de Pormenor, foram consideradas as respetivas Plantas de Implantação quanto às suas intenções em termos de ocupação do solo e impermeabilização do solo, nomeadamente, as áreas edificadas, as áreas a edificar e os espaços verdes. Os pedidos de exclusão incidiram apenas sobre as áreas para as quais existam ou estão previstas obras que impermeabilizem o solo.

Neste seguimento, das 6 tipologias delimitadas, apenas são alvo de pedidos de exclusão as seguintes tipologias, de acordo com o **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**:

Quadro 17 - Incidência dos pedidos de exclusão de acordo com a tipologia da REN

Sistema	Tipologias REN	Exclusão
	Cursos de água e respetivos leitos e margens (CARLM)	X
Áreas relevantes para a sustentabilidade do ciclo hidrológico terrestre	Albufeiras que contribuam para a conectividade e coerência ecológica da REN, com os respetivos leitos, margens e faixas de proteção - Leito e Margens (ALBUF_LeM)	X
	Albufeiras que contribuam para a conectividade e coerência ecológica da REN, com os respetivos leitos, margens e faixas de proteção - Faixa de proteção (ALBUF_FP)	✓
	Áreas estratégicas de proteção e recarga de aquíferos (AEIPRA)	✓
Áreas de prevenção de riscos naturais	Zonas ameaçadas pelas cheias (salvo exceções) (ZAC)	X
	Áreas de elevado risco de erosão de hídrica do solo (AEREHS)	✓
	Áreas de instabilidade de vertentes (AIV)	X

Após a sobreposição da Planta de Ordenamento com a REN, foi possível constatar que desse procedimento resultaram diversas áreas isoladas de reduzidas dimensões, denominados de *slivers*. Neste sentido, em harmonização com o procedimento adotado para a proposta de exclusões da Reserva Agrícola Nacional e por sugestão direta da DRAP-LVT⁸⁷, foram removidos da REN polígonos com dimensões de reduzidas dimensões, por se entender que o resultado terá um valor mais coerente.

Tendo em conta a área associada a cada polígono de exclusão, considerou-se como *slivers* todos os polígonos com dimensões inferiores a 10 m², e todos os polígonos com dimensões entre 10 e 50 m² que apresentavam uma geometria estreita e alongada.

Assim, considera-se que a proposta de exclusões da REN do município de Tomar está de acordo com as orientações e respeita plenamente a Reserva Ecológica, garantindo a sua continuidade, não apresentando, em termos ecológicos, qualquer valor ou expressão para a unidade e mancha global da REN.

⁸⁷ Em reunião de dia 22 de julho de 2016.

Existem 289 instalações pecuárias no Município de Tomar registadas na DRAP-LVT. Sendo a exploração agropecuária um setor reconhecido pela sua importância na economia e um núcleo essencial na empregabilidade local, procedeu-se à exclusão de instalações existentes ou áreas para as quais estão previstas obras de construção, contempladas no Regime Extraordinário de Regularização de Atividades Económicas (RERAE). Salienta-se que nas restantes situações existentes e no que diz respeito aos usos compatíveis com usos e ações que podem ser considerados compatíveis com os objetivos de proteção ecológica e ambiental e de prevenção e redução de riscos naturais de áreas, não está previsto qualquer tipo de construção.

Ainda no âmbito do RERAE, também se efetuaram pedidos de exclusão associados a atividades económicas ligadas à operação de gestão de resíduos e à armazenagem de resíduos não perigosos.

8.2 Propostas de exclusão

As áreas propostas para exclusão da REN, foram discriminadas de acordo com a legislação e resumem-se essencialmente a:

- **(C)** Áreas efetivamente comprometidas, legalmente construídas, licenciadas ou autorizadas;
- **(E)** Áreas para satisfação de carências existentes em termos de habitação, atividades económicas, equipamentos e infraestruturas.

Em anexo ao presente relatório são apresentadas tabelas por tipo de exclusão (VOLUME II - QUADROS I, II, III), com a respetiva justificação para cada uma das áreas.

i. Áreas efetivamente já comprometidas (C) - (VOLUME II - QUADROS I e III e IMAGENS AÉREAS)

No processo de identificação das áreas efetivamente construídas, licenciadas ou comprometidas, a sua delimitação respeitou um conjunto de critérios, tais como a constatação de:

- Áreas efetivamente construídas/edificadas, com funções habitacionais, e/ou equipamentos, com infraestrutura viária;
- Áreas que, não estando edificadas, se encontram já comprometidas com áreas a edificar através de Alvarás de Loteamento e Edificação, legalmente aprovados e constantes da carta de compromissos, inseridos em solo urbano.

ii. Áreas para satisfação de carências existentes em termos de habitação, atividades económicas, equipamentos e infraestruturas (E) - (VOLUME II - QUADROS II, III e IMAGENS AÉREAS)

No processo de identificação das áreas necessárias para a satisfação de carências existentes em termos de habitação, atividades económicas, equipamentos e infraestruturas, a sua delimitação respeitou um conjunto de critérios, tais como:

- Áreas não edificadas, mas efetivamente necessárias à satisfação de carências em termos de habitação, atividades económicas, equipamentos e infraestruturas, nas categorias de Espaços Habitacionais (EH), Aglomerados Rurais (AR), Espaços de Uso Especial - Equipamentos Previstos (UI) e Espaços Centrais (EC) - constantes da planta de ordenamento (e, portanto, opções do plano), mas sem qualquer compromisso urbanístico;
- Áreas não edificadas, sem qualquer tipo de compromisso, imprescindíveis para a uniformidade e consolidação do tecido urbano e rústico proposto, bem como promover continuidades e fechos de malhas (ver exemplo – Figura 42);
- Áreas a edificar no âmbito da execução de Planos de Pormenor aprovados, constantes da carta de compromissos.

Figura 42 - Sobreposição de Espaço Habitacional e Área de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo, originando o polígono de Exclusão (E) - exemplo polígono



A todas as situações identificadas foi atribuído um número identificativo e construiu-se, nas tabelas de atributos das *shapefiles* “Exclusões_REN_Tipo_E” e “Exclusões_REN_Tipo_C”, um conjunto de dados respeitantes a cada um dos polígonos a excluir (Quadro 18).

Quadro 18 - Descrição dos atributos das *shapefiles* relativas às exclusões (tipo C e E) à REN

Designação	Coluna da Tabela de Atributos	Tipo	Descrição
Tipologia de exclusão	<i>ORDEM</i>	Texto	Tipologia dos pedidos de exclusão (C,E)
Número de ordem	<i>Número</i>	Texto	Número de ordem dos pedidos de exclusão
Uso atual	<i>Uso. Atual</i>	Número	Uso atual de acordo com o PDM em vigor
Área (ha)	<i>Area (ha)</i>	Número	Área associada ao pedido de exclusão
Tipologia da REN	<i>Tipologias</i>	Texto	Tipologia da REN envolvida no pedido de exclusão
Uso proposto	<i>Uso Proposto</i>	Texto	Uso proposto de acordo com a proposta de Revisão do PDM

8.3 Síntese das exclusões propostas

Constata-se, no **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** que a maior área de exclusão incide em zonas edificadas ou já comprometidas (C).

Quadro 19 - Resumo quantitativo da proposta de exclusões (C) e (E)

	Nº de polígonos	Área total de Exclusão	Superfície da REN	Superfície do concelho
Exclusões (C)	659	2022,30 ha	8,63 %	5,76 %
Exclusões (E)	452	68,41 ha	0,29 %	0,19 %
	REN	.....		23419,80 ha
	Total de área a Excluir	.....		2090,71 ha
	REN subtraída das exclusões	.....		21329,09 ha

92,4% da área total de exclusão proposta situa-se em Solo urbano e 66,8% refere-se a Espaços Habitacionais (ponto 8.5).

Será importante realçar, tal como explícito no quadro anterior, que a proposta de exclusões à REN visa maioritariamente áreas ocupadas ou comprometidas, tratando-se de áreas maioritariamente legais quando edificadas, e de facto a exclusão destas áreas não afeta a lógica de coerência da REN, por se tratar de áreas com impermeabilização e ocupação efetivas.

Encontra-se, portanto, nestas áreas, perdida a capacidade de assegurar os objetivos ecológicos dispostos no respetivo regime jurídico.

Verifica-se ainda a situação de áreas propostas já edificadas (centro histórico de Tomar) que se encontram em áreas de REN de elevado risco (CARLM e ZAC). Esta situação com incidência muito limitada resulta da instabilidade de critérios de delimitação de algumas tipologias de REN durante o período de definição do modelo de ordenamento.

8.4 Quadro de referência

No Quadro 20 apresentam-se os valores resultantes da proposta de exclusão para as tipologias REN. O quadro indica totais, apesar da justaposição de determinadas tipologias.

Quadro 20 - Síntese da proposta de exclusões (C) e (E)

Tipologia REN	Áreas efetivamente comprometidas (C)			Áreas a excluir para a satisfação de carências existentes (E)		
	Superfície (ha)	% referente à tipologia REN	% da superfície do concelho	Superfície (ha)	% referente à tipologia REN	% da superfície do concelho
Áreas relevantes para a sustentabilidade do ciclo hidrológico terrestre	1917,5431	11,47%	5,46%	15,4099	0,09%	0,04%
Áreas de prevenção de riscos naturais	242,5822	2,34%	0,69%	53,0229	0,51%	0,15%

8.5 Quadro síntese da área de exclusão por uso proposto

De seguida apresenta-se o resumo da área de exclusão por uso proposto de acordo com a proposta de revisão do PDM:

<u>Uso proposto</u>	Área (ha)	% do total da área a excluir
Solo Rústico	157,3	8%
Espaços Agrícolas de Produção (EA1)	0,7	0%
Espaços Florestais (F)	0,2	0%
Aglomerados Rurais (AR)	114,4	6%
Espaços de Ocupação Turística (T)	9,0	0%
Espaços destinados a Equipamentos Existentes (EI1.1)	23,4	1%
Espaços destinados a Equipamentos e Infraestruturas - Pista de Ultraleves de Valdonas (EI2)	3,3	0%
Espaços destinados a Equipamentos - Indústrias Isoladas (EI4)	6,3	0%
Solo Urbano	1933,4	93%
Espaços Centrais 1 (EC1)	183,6	9%
Espaços Centrais 2 (EC2)	79,4	4%
Espaços Centrais - Centros Locais (EC3)	3,9	0%
Espaços Habitacionais (EH)	1398,0	67%
Espaços de Atividades Económicas Estruturantes Existentes (AE1.1)	125,0	6%
Espaços de Atividades Económicas Complementares Existentes (AE2.1)	18,0	1%
Espaços de Atividades Económicas Complementares Previstos (AE2.2)	0,7	0%
Espaços de Atividades Económicas Especiais 1 (AE3.1)	21,8	1%
Espaços de Atividades Económicas Especiais 2 (AE3.2)	9,8	1%
Espaços de Atividades Económicas Especiais 3 (AE3.3)	2,8	
Espaços de Uso Especial - Equipamentos Existentes (UI1.1)	79,4	4%
Espaços de Uso Especial - Equipamentos Previstos (UI1.2)	11	0%

9. A definição da REN por aplicação de todos os critérios

De acordo com o enunciado na introdução geral a este documento, esta proposta da REN para o concelho de Tomar assenta num processo extenso no tempo, que decorre deste a apresentação da primeira proposta em 2010. Este processo evolutivo inseriu-se inicialmente num quadro de indefinição face às orientações estratégicas até à publicação do diploma legal orientador das metodologias de delimitação das diferentes tipologias em 2012, de qual resultou a necessidade de efetuar algumas reformulações e adaptações de acordo com as orientações específicas transmitidas pela CCDR-LVT e APA. Procurou-se responder de forma atenta aos pareceres da entidade e às recomendações técnicas da CCDR-LVT. Procurou-se ao longo do tempo, de acordo com o estado de desenvolvimento da delimitação das respetivas REN, contactar com os municípios vizinhos, no sentido de assegurar continuidades metodológicas e, desta forma, também territoriais, assim como utilizar a melhor fonte de informação disponível em cada momento.

Conforme identificável na descrição das metodologias utilizadas em cada tipologia, o processo de adaptação foi diferenciado entre tipologias. Algumas metodologias foram em determinado momento reformuladas por completo de acordo com o quadro normativo em vigor, tais como “áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo” e as “áreas de instabilidade de vertentes”.

As restantes tipologias já apresentadas desde 2010 foram sujeitas a adaptações e correções tendo em conta o melhor conhecimento técnico/científico e a sua capacidade de operacionalização com base na informação de base disponível para o Concelho de Tomar. Foi feita especial atenção à descrição das metodologias aplicadas em SIG de forma detalhada, procurando, assim, assegurar a sua replicabilidade sobretudo nos aspetos que não estão explicitados no normativo legal, como por exemplo, os métodos de generalização cartográfica a partir dos outputs dos modelos numéricos.

Na Figura 43 está representada a proposta de áreas a integrar na REN por tipologia que resultou da sobreposição das áreas delimitadas para cada tipologia antes das exclusões definidas no ponto anterior. Observa-se nesta figura e, complementarmente no Quadro 21, que a tipologia mais abrangente no território diz respeito às “áreas estratégicas de infiltração e de proteção e recarga dos aquíferos” (41,8%) e às “áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo” (29,5%). As restantes tipologias encontram-se em áreas territoriais inferiores a 10%, cobrindo no total esta proposta de REN uma área correspondente a 67,7% do território concelhio.

Na Figura 44 está representada a proposta final de áreas a integrar na REN que resultou de se juntar à planta representada na Figura 43 as exclusões propostas no ponto 8 deste relatório. Esta área corresponde a 60,7 % do território municipal.

Quadro 21 - Tipologias da Reserva Ecológica Nacional

Tipologia REN	Área da tipologia (há)	Superfície do concelho	Superfície de REN
Cursos de Água e respetivos Leitos e Margens	1517,2	4,3 %	6,39 %
Albufeiras que Contribuem para a Conectividade e Coerência Ecológica da REN, com os respetivos leitos, margens e faixas de proteção	1646,2	4,7 %	6,93 %
Áreas Estratégicas de Proteção e Recarga de Aquíferos	14681,2	41,8 %	61,79 %
Zonas Ameaçadas pelas Cheias	2622,2	7,5 %	11,04 %
Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo	10352,3	29,5 %	43,57 %
Área de Instabilidade de Vertentes	1070,4	3,1 %	4,50 %
Área total da REN	23761,7	67,7%	
Área total do Município de Tomar	35120,0	100,0 %	

Figura 43 - REN com as diferentes tipologias consideradas

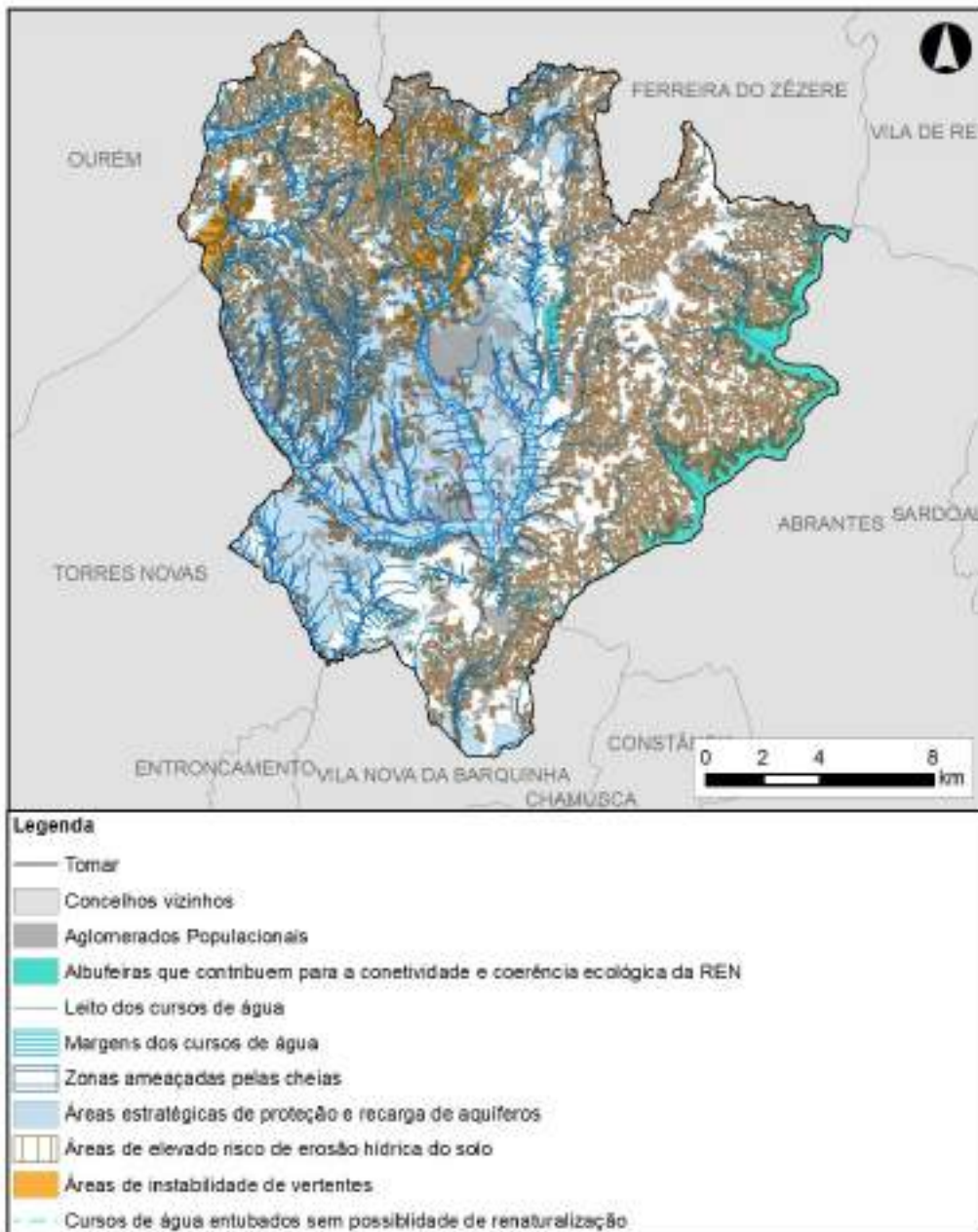
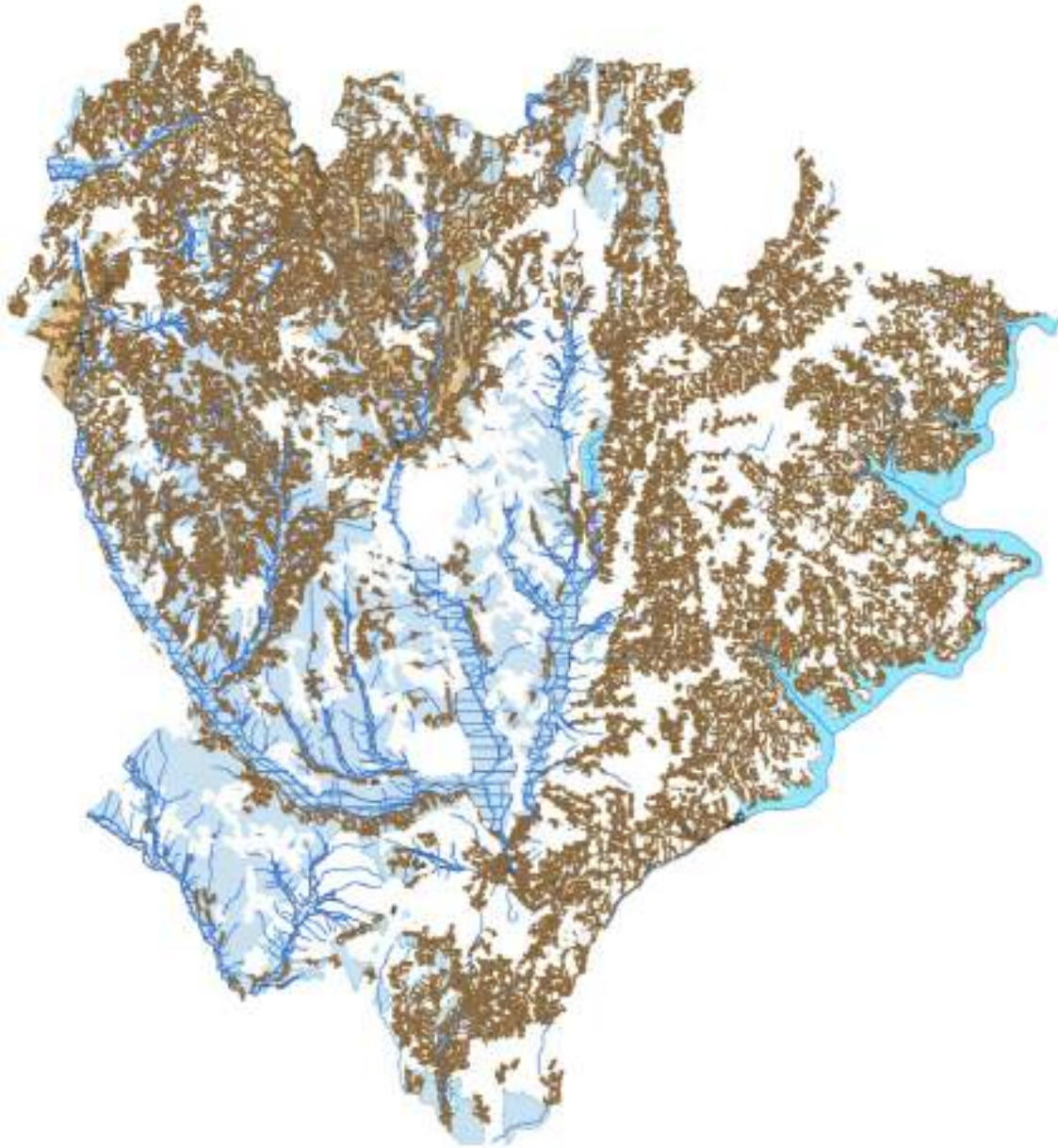


Figura 44 - Proposta final de áreas a integrar na REN



10. Referências gráficas e bibliográficas

Os elementos bibliográficos que auxiliaram as propostas de exclusão foram os seguintes:

- Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo (CCDR - LVT), 2015. **Norma de Procedimentos -Tramitação dos processos de Delimitação da REN – 14/OT.**
- Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo (CCDR - LVT), 2015. **Guia Metodológico para a Delimitação da Reserva Ecológica Nacional, Região de Lisboa e Vale do Tejo**, Direção de Serviços de Ordenamento do Território - CCDR-LVT.
- **Decreto-Lei n.º 166/2008, de 22 de agosto**: estabelece o Regime Jurídico da Reserva Ecológica Nacional. Alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 124/2019, de 28 de agosto.
- Manual de Apoio aos Técnicos do MADRP para Acompanhamento dos PDM (2011). **Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, Direcção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural**, Lisboa.
- **Portaria n.º 419/2012, de 20 de dezembro**: Define as situações de usos ou ações consideradas compatíveis com os objetivos de proteção hidrológica e ambiental e de prevenção e redução de riscos naturais de áreas integradas em Reserva Ecológica Nacional (REN).

Os elementos gráficos que auxiliaram as propostas de exclusão foram os seguintes:

- Carta da REN em vigor (1994) (*shapefile*);
- Carta da REN (*shapefile*);
- Limites administrativos (CAOP 2015) (*shapefile*);
- Proposta de Plano de Ordenamento: Solo Urbano e Solo Rústico da Cidade de Tomar (*shapefile*);
- Carta de compromissos urbanísticos (*shapefile*);
- Localização das instalações pecuárias existentes (*shapefile*);
- Ortofotomapas (Propriedade DGT/IFAP – 2012 _resolução 0,5 m): 002993 A, 002993 B, 002994 A, 002994 B, 003003 A, 003092 B, 003101 A, 003101 B, 003102 A, 003102 B, 003103 A, 003103 B, 003104 A, 003104 B, 003111 A, 003111 B, 003113 A, 003113 B, 003201 A, 003201 B, 003202 A, 003202 B, 003203 A, 003203 B, 003204 A, 003204 B, 003211 A, 003211 B, 003302

Anexo I - Dados geográficos base adquiridos para a delimitação da REN

Quadro A. 1 - Dados geográficos base adquiridos para a delimitação da REN

Dados Adquiridos	Fonte	Escala	Formato	Projeção	Data
Solos	DGADR	1/25.000	Shapefile	Lisboa Hayford-Gauss IGEO	1999
Linhas de Água	INAG	1/25.000	Shapefile	Datum 73 Hayford-Gauss IPCC	-
Cursos de água com bacia hidrográfica superior a 3,5 km ²	APA	1/25.000	Shapefile	PT-TM06/ETRS89	-
Linhas de Água	CIMT	1/10.000	Shapefile	PT-TM06/ETRS89	2015
Altimetria	CIMT	1/10.000	Shapefile	PT-TM06/ETRS89	2015
Geologia	IGM	1/500.000	Analógico		1992
Aquíferos	INAG	1/500.000	Shapefile	Lisboa Hayford-Gauss IGEO	-
Leito de Cheia 100 anos	Sulplano	1/5.000	CAD file	Datum 73 Hayford-Gauss IPCC	2007
Leito de Cheia 100 anos	TomarPolis	1/2.000	CAD file	Datum 73 Hayford-Gauss IPCC	2003
Leito de Cheia 100 anos	Hidracorner	1/500	CAD file	PT-TM06/ETRS89	2016
Leito de Cheia 100 anos	PGRI	Regional	Shapefile	PT-TM06/ETRS89	2016
Marcas de Cheia Conhecida	Revisão PDM Tomar	1/10.000	Shapefile	Datum 73 Hayford-Gauss IPCC	2007, 2008 e 2018
Habitats Rede Natura 2000	ICNF (PSRN 2000)	1/100.000	Shapefile	Lisboa Hayford-Gauss IGEO	-
Leito da albufeira do Carril	DRAP-LVT	1/1.000	CAD file	Datum 73 Hayford-Gauss IPCC	2006
Leito da albufeira de Castelo do Bode	DGT	1/12.500	WMS	PT-TM06/ETRS89	2009

Anexo II - Delimitação dos cursos de água e respetivos leitos e margens

Figura A. 1 - Leitos normais dos cursos de água que drenam bacias hidrográficas com área igual ou superior a 3,5km² (Fonte: APA/ARHT)

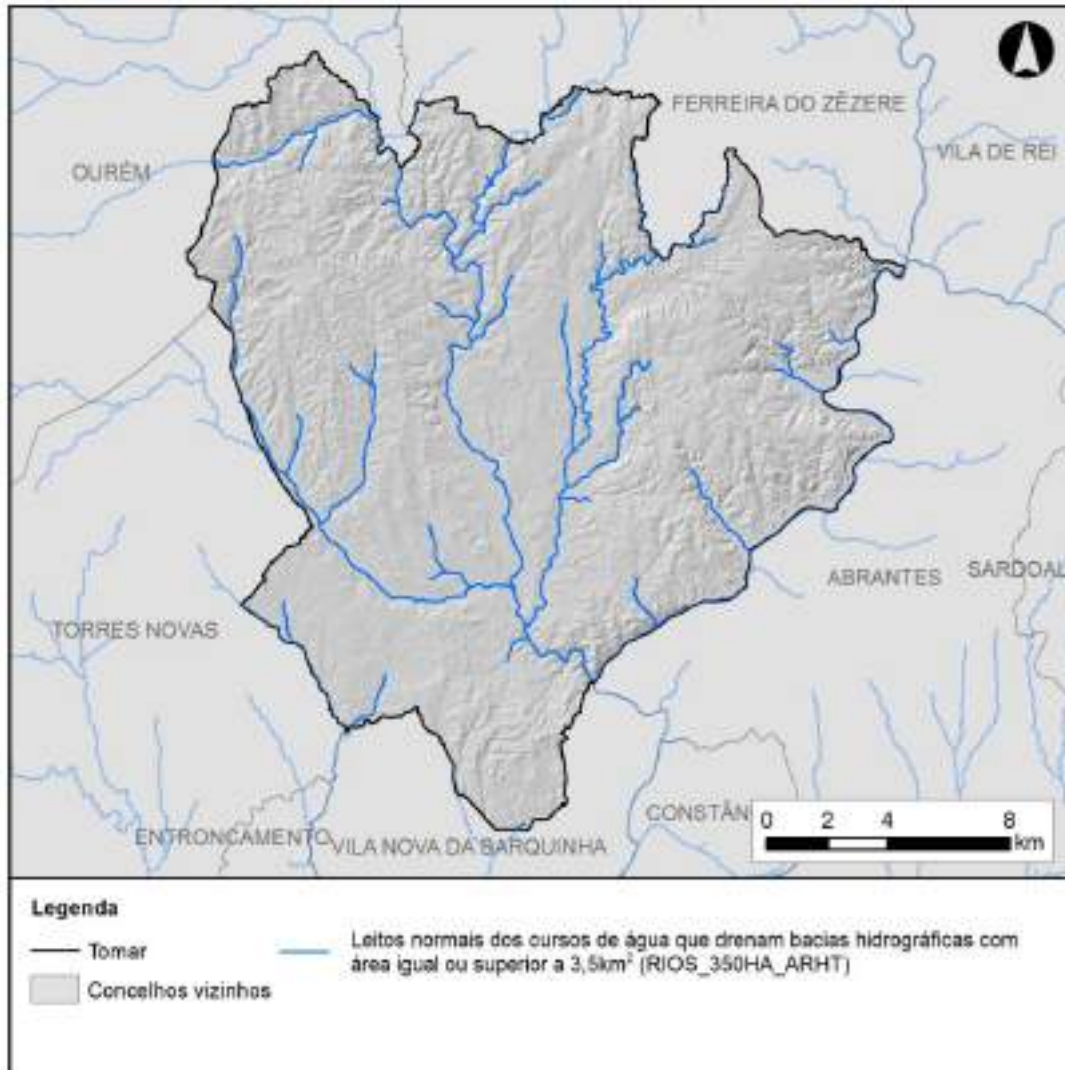


Figura A. 2 - Ajustes efetuados aos cursos de água associados ao critério B

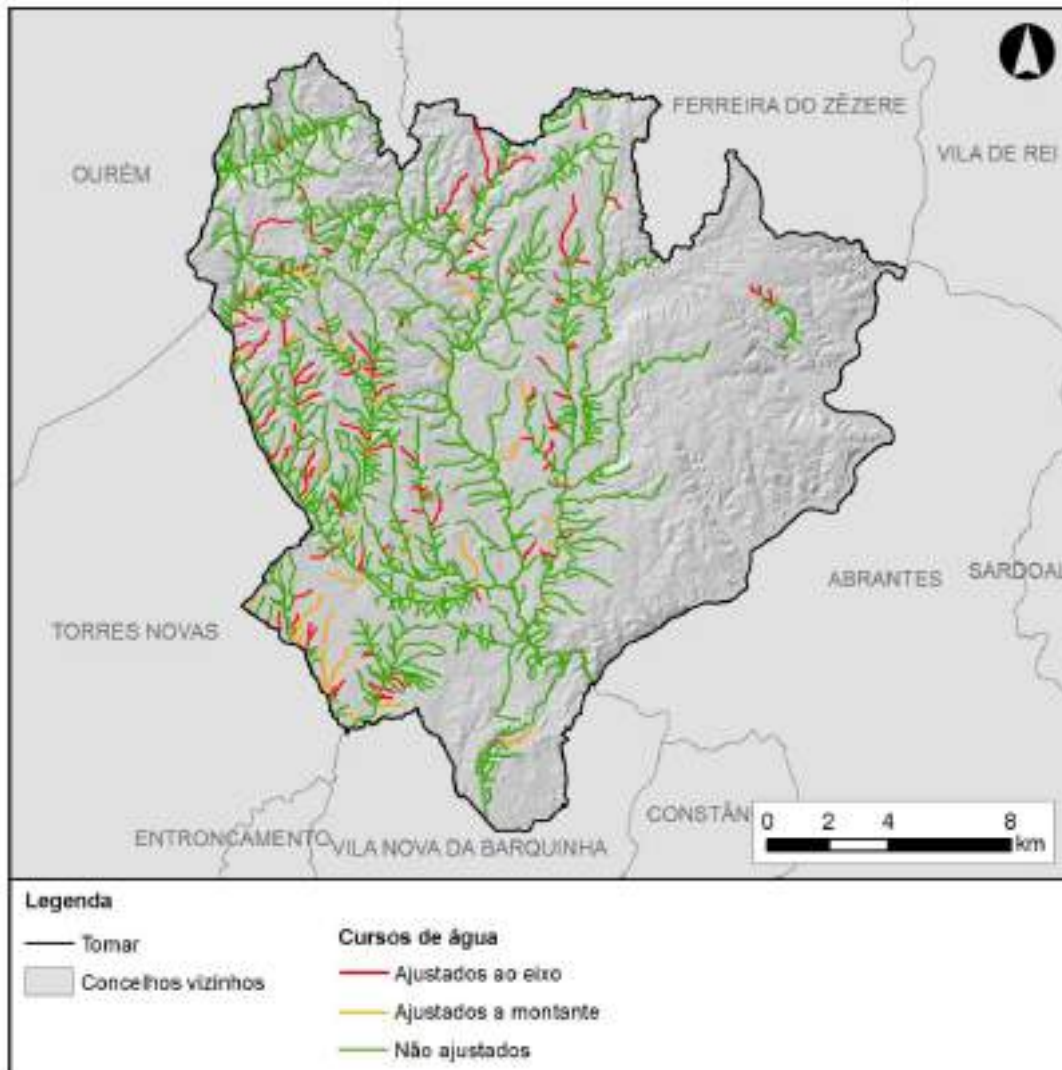
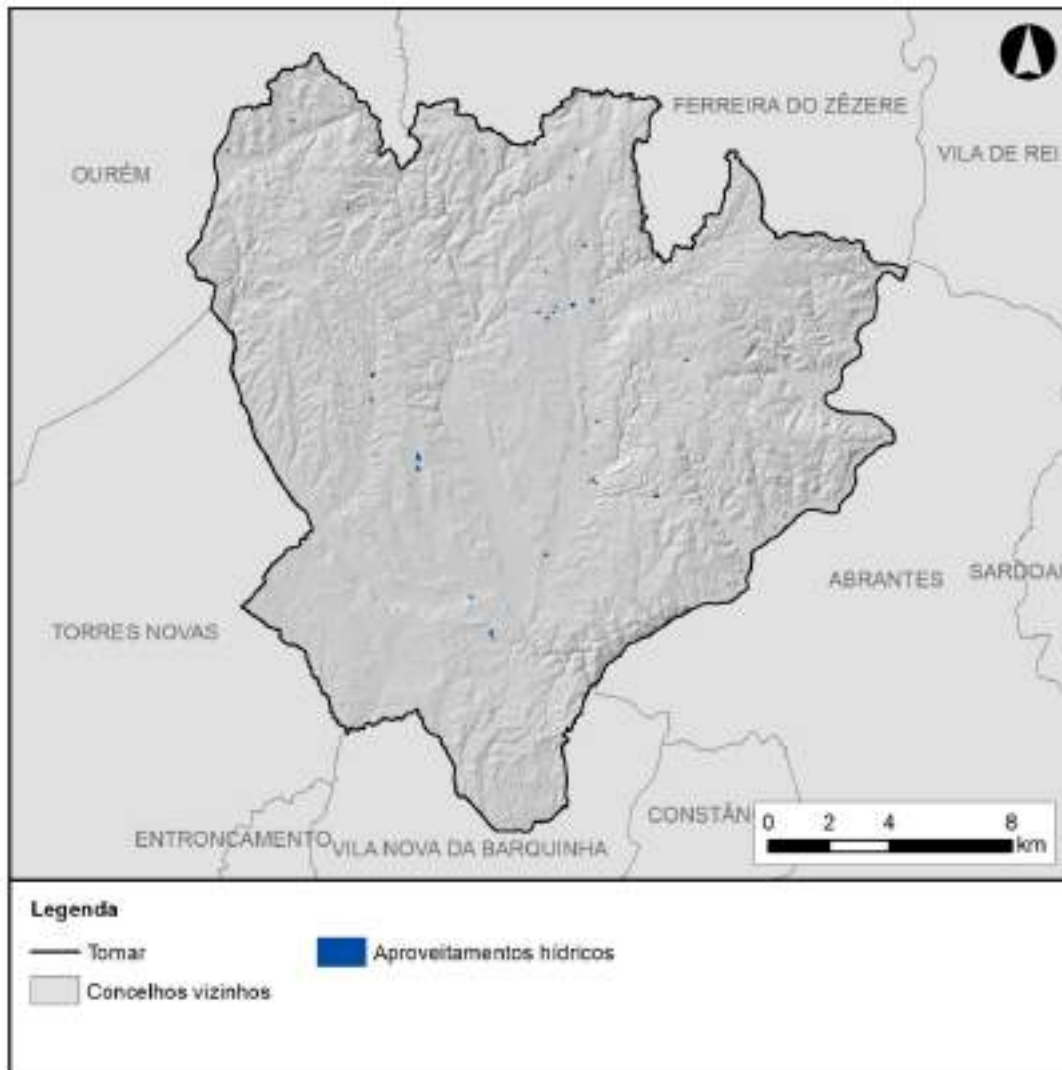


Figura A. 3 - Pequenos aproveitamentos hídricos associados aos cursos de água a integrar na REN



Quadro A. 2 - Identificação dos cursos de água associados aos Critérios A e B, integrados na tipologia Cursos de Água e Respetivos Leitos e Margens

Designação
Rio Nabão
Ribeira Água Boa
Ribeira da Alviobeira
Ribeira da Amieira
Ribeira da Bezelga
Ribeira da Fonte de Paio Nunes
Ribeira da Gaita
Ribeira da Lousã
Ribeira da Matrena
Ribeira da Milheira
Ribeira da Sabacheira
Ribeira da Soianda Velha
Ribeira das Olas
Ribeira de Carregueiros
Ribeira de Ceras
Ribeira de Fervença
Ribeira de Juncais
Ribeira de Pé de Cão
Ribeira do Algaz
Ribeira do Bairrol
Ribeira do Casal Ribeiro
Ribeira do Choupal
Ribeira do Freixo
Ribeira do Furadouro
Ribeira do Monfragal
Ribeira do Tripeiro
Ribeira do Vale do Seixo
Ribeira dos Mouchões
Ribeira dos Troviscais
Ribeira Vale do Calvo
Ribeiro da Longra
Ribeiro de Assamassa
Ribeiro do Cabeço da Aguda
Ribeiro do Porto
Ribeiro dos Casais
Ribeiro dos Troviscais
Afluente 05 Ribeira da Fonte de Paio Nunes
Afluente 12 Ribeira de Chão de Maças
Linha de Água da Mendacha

Nota: Localização espacial apenas visível na *shapefile*
 “CALM_Identificação_dos_cursos_de_água_integrados_na_REN”

Quadro A. 3 - Identificação dos cursos de água apenas associados ao Critério A, integrados na tipologia Cursos de Água e Respetivos Leitos e Margens

Designação
Ribeira da Fonte Fria
Ribeira da Junceira
Ribeira da Pedreira
Ribeira da Ponte
Ribeira da Ponte
Ribeira da Zambujeira
Ribeira de Seiva
Ribeira de Tancos
Ribeira do Alqueidão
Ribeira do Biqueira
Ribeira do Cardal
Ribeira Grande
Ribeiro do Zarinho
Rio Zêzere
Albufeira de Castelo do Bode

Nota: Localização espacial apenas visível na *shapefile* "CALM_Identificação_dos_cursos_de_água_integrados_na_REN"

Quadro A. 4 - Identificação dos cursos de água apenas associados ao Critério B, integrados na tipologia Cursos de Água e Respetivos Leitos e Margens

Designação	Designação	Designação
Ribeira da Bica	Ribeiro da Encosta do Corujo	Ribeiro do Nateiro Grande
Ribeira da Fonte	Ribeiro da Fábrica	Ribeiro do Olival
Ribeira da Fonte de Paio Nunes	Ribeiro da Fonte do Cortiço	Ribeiro do Perninha
Ribeira da Matrena	Ribeiro da Fragata	Ribeiro do Pinote
Ribeira da Mina	Ribeiro da Junta Velha	Ribeiro do Porto
Ribeira da Quinta da Raposa	Ribeiro da Lameirancha	Ribeiro do Quitas
Ribeira da Quinta da Silveira	Ribeiro da Murteira	Ribeiro do Sabugueiro
Ribeira da Rua Fria	Ribeiro da Nora	Ribeiro do Seixo
Ribeira das Olas	Ribeiro da Peja	Ribeiro do Sesal
Ribeira das Pedras	Ribeiro da Quinta da Pisca	Ribeiro do Sobreiro
Ribeira de Benfica	Ribeiro da Quinta do Brejo	Ribeiro do Vale Calvo
Ribeira de Chão de Maças	Ribeiro da Quinta do Franco	Ribeiro do Vale Grande
Ribeira de Laveiros	Ribeiro da Soianda	Ribeiro do Velhote
Ribeira de Santa Cita	Ribeiro da Tapada	Ribeiro dos Brasões
Ribeira de Vale das Covas	Ribeiro da Vala	Ribeiro dos Carrascais
Ribeira do Carvalho Grande	Ribeiro da Varzea	Ribeiro dos Casais
Ribeira do Casal da Rosa	Ribeiro das Almoinhas	Ribeiro dos Covõezinhos
Ribeira do Casal Novo	Ribeiro das Amendoeiras	Ribeiro dos Cucos
Ribeira do Casal Pelado	Ribeiro das Cavadinhas	Ribeiro dos Fagulhos
Ribeira do Casal Pinhal	Ribeiro das Covas	Ribeiro dos Francos
Ribeira do Coelho	Ribeiro das Deloucas	Ribeiro dos Mochos
Ribeira do Cortigo	Ribeiro das Fontainhas	Ribeiro dos Moleiros
Ribeira do Fetal	Ribeiro das Hortas	Ribeiro dos Paisanas
Ribeira do Pedro	Ribeiro das Hortas	Ribeiro dos Petas
Ribeira do Serrada	Ribeiro das Ladeiras	Ribeiro dos Salgado
Ribeira do Tripeiro	Ribeiro das Murteiras	Ribeiro dos Sentieiros
Ribeira do Vale Seixo	Ribeiro das Nicolas	Ribeiro dos Termos
Ribeira dos Castanheiros	Ribeiro das Pedreiras	Ribeiro dos Troviscais
Ribeira Santa Margarida	Ribeiro de Bexiga	Ribeiro dos Vermoeiros
Ribeiro Assamassa	Ribeiro de Caldelas	Ribeiro Fonte dos Poços
Ribeiro Azinhaga	Ribeiro de Valbom	Ribeiro João Pires
Ribeiro Capitão Gonçalves	Ribeiro de Vale Gancho	Ribeiro Lagar do Serralha
Ribeiro Carril	Ribeiro de Vale Riganos	Ribeiro Manuel Dias
Ribeiro Casal da Barreira	Ribeiro de Vale Riganos	Ribeiro Minhogós
Ribeiro Casal das Sortes	Ribeiro do Alto da Serra	Ribeiro Outeiro das Eiras
Ribeiro Casal das Varandas	Ribeiro do Brejo	Ribeiro Paraísos
Ribeiro Casal dos Covões	Ribeiro do Casal Geada	Ribeiro Perro
Ribeiro Casal Martinho	Ribeiro do Casal Magno	Ribeiro Poço
Ribeiro Casal Mendes	Ribeiro do Charqueirão	Ribeiro Quinta da Mata
Ribeiro Charneca de Baixo	Ribeiro do Concelho	Ribeiro Quinta de Fonte
Ribeiro Cruz da Légua	Ribeiro do Cristovão	Ribeiro Santa Catarina

Designação	Designação	Designação
Ribeiro Curvo	Ribeiro do Damásio	Ribeiro Santa Maria
Ribeiro da Azenha	Ribeiro do Farrica	Ribeiro Sobral
Ribeiro da Bairrada	Ribeiro do Freixo	Ribeiro Vale da Maia
Ribeiro da Barreira	Ribeiro do Lagadouro	Ribeiro Vale da Serra
Ribeiro da Carmona	Ribeiro do Lajão	Ribeiro Vale do Freixo
Ribeiro da Costa Ramalho	Ribeiro do Moinho do David	Ribeiro Vale Preso
Ribeiro da Encosta	Ribeiro do Monte Agudo	Ribeiro Vale Raposo
Afluente 01 Linha de Água da Mendacha	Afluente 01 Ribeiro do Vale Calvo	Afluente 02 Ribeiro dos Casais
Afluente 01 Ribeira Água Boa	Afluente 01 Ribeiro dos Casais	Afluente 02 Ribeiro Vale do Freixo
Afluente 01 Ribeira da Amieira	Afluente 01 Ribeiro dos Fagulhos	Afluente 02 Rio Nabão
Afluente 01 Ribeira da Bezelga	Afluente 01 Ribeiro dos Mochos	Afluente 03 Linha de Água da Mendacha
Afluente 01 Ribeira da Fonte de Paio Nunes	Afluente 01 Ribeiro dos Troviscais	Afluente 03 Ribeira Água Boa
Afluente 01 Ribeira da Gaita	Afluente 01 Ribeiro Poço	Afluente 03 Ribeira da Amieira
Afluente 01 Ribeira da Lousã	Afluente 01 Ribeiro Vale da Maia	Afluente 03 Ribeira da Bezelga
Afluente 01 Ribeira da Matrena	Afluente 01 Ribeiro Vale do Freixo	Afluente 03 Ribeira da Fonte de Paio Nunes
Afluente 01 Ribeira da Milheira	Afluente 01 Rio Nabão	Afluente 03 Ribeira da Lousã
Afluente 01 Ribeira da Sabacheira	Afluente 02 Linha de Água da Mendacha	Afluente 03 Ribeira da Matrena
Afluente 01 Ribeira das Olas	Afluente 02 Ribeira Água Boa	Afluente 03 Ribeira da Milheira
Afluente 01 Ribeira das Pedras	Afluente 02 Ribeira da Amieira	Afluente 03 Ribeira da Sabacheira
Afluente 01 Ribeira de Alviobeira	Afluente 02 Ribeira da Bezelga	Afluente 03 Ribeira de Carregueiros
Afluente 01 Ribeira de Carregueiros	Afluente 02 Ribeira da Fonte de Paio Nunes	Afluente 03 Ribeira de Chão de Maças
Afluente 01 Ribeira de Chão de Maças	Afluente 02 Ribeira da Gaita	Afluente 03 Ribeira de Fervença
Afluente 01 Ribeira de Fervença	Afluente 02 Ribeira da Lousã	Afluente 03 Ribeira de Juncais
Afluente 01 Ribeira de Juncais	Afluente 02 Ribeira da Matrena	Afluente 03 Ribeira de Laveiros
Afluente 01 Ribeira de Laveiros	Afluente 02 Ribeira da Milheira	Afluente 03 Ribeira do Algaz
Afluente 01 Ribeira do Algaz	Afluente 02 Ribeira da Sabacheira	Afluente 03 Ribeira do Bairrol
Afluente 01 Ribeira do Bairrol	Afluente 02 Ribeira das Pedras	Afluente 03 Ribeira do Carvalho Grande
Afluente 01 Ribeira do Carvalho Grande	Afluente 02 Ribeira de Alviobeira	Afluente 03 Ribeira do Casal Pinhal
Afluente 01 Ribeira do Casal Novo	Afluente 02 Ribeira de Carregueiros	Afluente 03 Ribeira do Casal Ribeiro
Afluente 01 Ribeira do Casal Pinhal	Afluente 02 Ribeira de Chão de Maças	Afluente 03 Ribeira do Choupal
Afluente 01 Ribeira do Casal Ribeiro	Afluente 02 Ribeira de Fervença	Afluente 03 Ribeira do Cortigo
Afluente 01 Ribeira do Choupal	Afluente 02 Ribeira de Juncais	Afluente 03 Ribeira do Freixo
Afluente 01 Ribeira do Cortigo	Afluente 02 Ribeira de Laveiros	Afluente 03 Ribeira do Furadouro
Afluente 01 Ribeira do Fetal	Afluente 02 Ribeira do Algaz	Afluente 03 Ribeira do Tripeiro
Afluente 01 Ribeira do Freixo	Afluente 02 Ribeira do Bairrol	Afluente 03 Ribeira dos Mouchões
Afluente 01 Ribeira do Furadouro	Afluente 02 Ribeira do Carvalho Grande	Afluente 03 Ribeira Vale do Calvo
Afluente 01 Ribeira do Tripeiro	Afluente 02 Ribeira do Casal Pinhal	Afluente 03 Ribeiro Assamassa
Afluente 01 Ribeira dos Mouchões	Afluente 02 Ribeira do Casal Ribeiro	Afluente 03 Ribeiro Cruz da Légua
Afluente 01 Ribeira Vale do Calvo	Afluente 02 Ribeira do Choupal	Afluente 03 Ribeiro da Longra

Designação	Designação	Designação
Afluente 01 Ribeirade Ceras	Afluente 02 Ribeira do Cortigo	Afluente 03 Ribeiro do Brejo
Afluente 01 Ribeiro Assamassa	Afluente 02 Ribeira do Freixo	Afluente 03 Ribeiro do Casal Magno
Afluente 01 Ribeiro Casal das Varandas	Afluente 02 Ribeira do Furadouro	Afluente 03 Ribeiro do Horto
Afluente 01 Ribeiro Cruz da Légua	Afluente 02 Ribeira do Tripeiro	Afluente 03 Ribeiro do Porto
Afluente 01 Ribeiro da Encosta do Corujo	Afluente 02 Ribeira dos Mouchões	Afluente 03 Ribeiro dos Casais
Afluente 01 Ribeiro da Longra	Afluente 02 Ribeira Vale do Calvo	Afluente 03 Ribeiro Vale do Freixo
Afluente 01 Ribeiro da Murteira	Afluente 02 Ribeiro Assamassa	Afluente 03 Rio Nabão
Afluente 01 Ribeiro da Quinta do Franco	Afluente 02 Ribeiro Cruz da Légua	Afluente 04 Linha de Água da Mendacha
Afluente 01 Ribeiro das Hortas	Afluente 02 Ribeiro da Longra	Afluente 04 Ribeira Água Boa
Afluente 01 Ribeiro de Vale Riganos	Afluente 02 Ribeiro das Hortas	Afluente 04 Ribeira da Amieira
Afluente 01 Ribeiro do Alto da Serra	Afluente 02 Ribeiro do Brejo	Afluente 04 Ribeira da Bezelga
Afluente 01 Ribeiro do Brejo	Afluente 01 Ribeiro do Vale Calvo	Afluente 04 Ribeira da Fonte de Paio Nunes
Afluente 01 Ribeiro do Casal Magno	Afluente 01 Ribeiro dos Casais	Afluente 04 Ribeira da Lousã
Afluente 01 Ribeiro do Horto	Afluente 02 Ribeiro do Casal Magno	Afluente 04 Ribeira da Matrena
Afluente 01 Ribeiro do Porto	Afluente 02 Ribeiro do Horto	Afluente 04 Ribeira da Milheira
Afluente 01 Ribeiro do Sobreiro	Afluente 02 Ribeiro do Porto	Afluente 04 Ribeira da Sabacheira
Afluente 04 Ribeira de Carregueiros	Afluente 06 Linha de Água da Mendacha	Afluente 07 Ribeiro do Horto
Afluente 04 Ribeira de Chão de Maças	Afluente 06 Ribeira Água Boa	Afluente 07 Ribeiro dos Casais
Afluente 04 Ribeira de Fervença	Afluente 06 Ribeira da Amieira	Afluente 07 Ribeiro Vale do Freixo
Afluente 04 Ribeira de Juncais	Afluente 06 Ribeira da Bezelga	Afluente 07 Rio Nabão
Afluente 04 Ribeira de Laveiros	Afluente 06 Ribeira da Fonte de Paio Nunes	Afluente 08 Linha de Água da Mendacha
Afluente 04 Ribeira do Algaz	Afluente 06 Ribeira da Lousã	Afluente 08 Ribeira da Amieira
Afluente 04 Ribeira do Bairrol	Afluente 06 Ribeira da Matrena	Afluente 08 Ribeira da Bezelga
Afluente 04 Ribeira do Carvalho Grande	Afluente 06 Ribeira da Milheira	Afluente 08 Ribeira da Fonte de Paio Nunes
Afluente 04 Ribeira do Casal Ribeiro	Afluente 06 Ribeira da Sabacheira	Afluente 08 Ribeira da Lousã
Afluente 04 Ribeira do Choupal	Afluente 06 Ribeira de Carregueiros	Afluente 08 Ribeira da Sabacheira
Afluente 04 Ribeira do Cortigo	Afluente 06 Ribeira de Carregueiros	Afluente 08 Ribeira de Chão de Maças
Afluente 04 Ribeira do Freixo	Afluente 06 Ribeira de Chão de Maças	Afluente 08 Ribeira de Laveiros
Afluente 04 Ribeira Vale do Calvo	Afluente 06 Ribeira de Juncais	Afluente 08 Ribeira do Algaz
Afluente 04 Ribeiro Assamassa	Afluente 06 Ribeira de Laveiros	Afluente 08 Ribeira do Casal Ribeiro
Afluente 04 Ribeiro Cruz da Légua	Afluente 06 Ribeira do Algaz	Afluente 08 Ribeira do Choupal
Afluente 04 Ribeiro da Longra	Afluente 06 Ribeira do Casal Ribeiro	Afluente 08 Ribeira do Cortigo
Afluente 04 Ribeiro do Brejo	Afluente 06 Ribeira do Choupal	Afluente 08 Ribeira Vale do Calvo
Afluente 04 Ribeiro do Casal Magno	Afluente 06 Ribeira do Cortigo	Afluente 08 Ribeiro Cruz da Légua
Afluente 04 Ribeiro do Horto	Afluente 06 Ribeira Vale do Calvo	Afluente 08 Ribeiro da Longra
Afluente 04 Ribeiro do Porto	Afluente 06 Ribeiro Cruz da Légua	Afluente 08 Ribeiro do Horto
Afluente 04 Ribeiro dos Casais	Afluente 06 Ribeiro da Longra	Afluente 08 Ribeiro dos Casais
Afluente 04 Ribeiro Vale do Freixo	Afluente 06 Ribeiro do Brejo	Afluente 08 Ribeiro Vale do Freixo

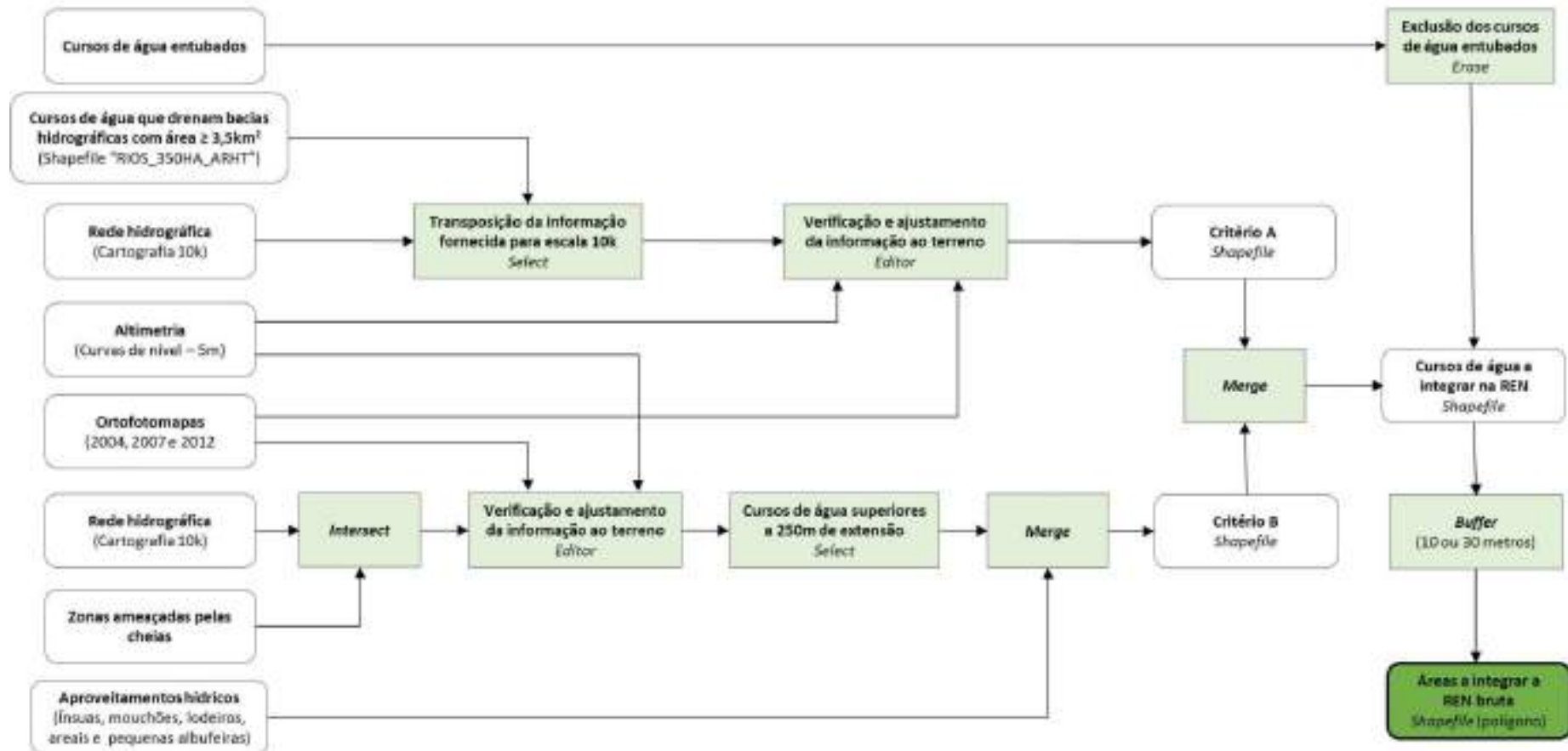
Designação	Designação	Designação
Afluente 04 Rio Nabão	Afluente 06 Ribeiro do Horto	Afluente 08 Rio Nabão
Afluente 05 Linha de Água da Mendacha	Afluente 06 Ribeiro dos Casais	Afluente 09 Linha de Água da Mendacha
Afluente 05 Ribeira Água Boa	Afluente 06 Ribeiro Vale do Freixo	Afluente 09 Ribeira da Amieira
Afluente 05 Ribeira da Amieira	Afluente 06 Rio Nabão	Afluente 09 Ribeira da Bezelga
Afluente 05 Ribeira da Bezelga	Afluente 07 Linha de Água da Mendacha	Afluente 09 Ribeira da Lousã
Afluente 05 Ribeira da Lousã	Afluente 07 Ribeira Água Boa	Afluente 09 Ribeira da Sabacheira
Afluente 05 Ribeira da Matrena	Afluente 07 Ribeira da Amieira	Afluente 09 Ribeira de Chão de Maças
Afluente 05 Ribeira da Milheira	Afluente 07 Ribeira da Bezelga	Afluente 09 Ribeira de Juncais
Afluente 05 Ribeira da Sabacheira	Afluente 07 Ribeira da Bezelga	Afluente 09 Ribeira de Laveiros
Afluente 05 Ribeira de Chão de Maças	Afluente 07 Ribeira da Fonte de Paio Nunes	Afluente 09 Ribeira do Algaz
Afluente 05 Ribeira de Juncais	Afluente 07 Ribeira da Lousã	Afluente 09 Ribeira do Casal Ribeiro
Afluente 05 Ribeira de Laveiros	Afluente 07 Ribeira da Matrena	Afluente 09 Ribeira do Choupal
Afluente 05 Ribeira do Algaz	Afluente 07 Ribeira da Milheira	Afluente 09 Ribeira do Cortigo
Afluente 05 Ribeira do Casal Ribeiro	Afluente 07 Ribeira da Sabacheira	Afluente 09 Ribeira Vale do Calvo
Afluente 05 Ribeira do Choupal	Afluente 07 Ribeira de Chão de Maças	Afluente 09 Ribeiro Cruz da Légua
Afluente 05 Ribeira do Cortigo	Afluente 07 Ribeira de Juncais	Afluente 09 Ribeiro da Longra
Afluente 05 Ribeira do Freixo	Afluente 07 Ribeira de Juncais	Afluente 09 Ribeiro do Horto
Afluente 05 Ribeira Vale do Calvo	Afluente 07 Ribeira de Laveiros	Afluente 09 Ribeiro dos Casais
Afluente 05 Ribeiro Cruz da Légua	Afluente 07 Ribeira do Algaz	Afluente 09 Ribeiro Vale do Freixo
Afluente 05 Ribeiro da Longra	Afluente 07 Ribeira do Casal Ribeiro	Afluente 09 Rio Nabão
Afluente 05 Ribeiro do Brejo	Afluente 07 Ribeira do Choupal	Afluente 10 Linha de Água da Mendacha
Afluente 05 Ribeiro do Horto	Afluente 07 Ribeira do Cortigo	Afluente 10 Ribeira da Amieira
Afluente 05 Ribeiro dos Casais	Afluente 07 Ribeira Vale do Calvo	Afluente 10 Ribeira da Bezelga
Afluente 05 Ribeiro Vale do Freixo	Afluente 07 Ribeiro Cruz da Légua	Afluente 10 Ribeira da Lousã
Afluente 05 Rio Nabão	Afluente 07 Ribeiro da Longra	Afluente 10 Ribeira da Sabacheira
Afluente 05 Rio Nabão	Afluente 07 Ribeiro do Brejo	Afluente 10 Ribeira de Juncais
Afluente 10 Ribeira de Laveiros	Afluente 14 Ribeira de Juncais	Afluente 20 Ribeira do Algaz
Afluente 10 Ribeira do Algaz	Afluente 14 Ribeira do Algaz	Afluente 20 Rio Nabão
Afluente 10 Ribeira do Choupal	Afluente 14 Ribeira do Choupal	Afluente 21 Ribeira da Bezelga
Afluente 10 Ribeira Vale do Calvo	Afluente 14 Ribeiro da Longra	Afluente 21 Ribeira da Lousã
Afluente 10 Ribeiro Cruz da Légua	Afluente 14 Rio Nabão	Afluente 21 Ribeira da Sabacheira
Afluente 10 Ribeiro da Longra	Afluente 15 Ribeira da Bezelga	Afluente 21 Ribeira do Algaz
Afluente 10 Ribeiro Vale do Freixo	Afluente 15 Ribeira da Longra	Afluente 21 Rio Nabão
Afluente 10 Rio Nabão	Afluente 15 Ribeira da Lousã	Afluente 22 Ribeira da Bezelga
Afluente 11 Linha de Água da Mendacha	Afluente 15 Ribeira da Sabacheira	Afluente 22 Ribeira da Lousã
Afluente 11 Ribeira da Amieira	Afluente 15 Ribeira de Juncais	Afluente 22 Ribeira da Sabacheira
Afluente 11 Ribeira da Bezelga	Afluente 15 Ribeira do Algaz	Afluente 22 Ribeira do Algaz
Afluente 11 Ribeira da Lousã	Afluente 15 Ribeira do Choupal	Afluente 22 Rio Nabão
Afluente 11 Ribeira da Sabacheira	Afluente 15 Rio Nabão	Afluente 23 Ribeira da Bezelga
Afluente 11 Ribeira de Juncais	Afluente 16 Ribeira da Bezelga	Afluente 23 Ribeira da Lousã
Afluente 11 Ribeira de Laveiros	Afluente 16 Ribeira da Longra	Afluente 23 Ribeira da Sabacheira
Afluente 11 Ribeira do Algaz	Afluente 16 Ribeira da Lousã	Afluente 23 Ribeira do Algaz

Designação	Designação	Designação
Afluente 11 Ribeira do Choupal	Afluente 16 Ribeira da Sabacheira	Afluente 23 Ribeira do Choupal
Afluente 11 Ribeira Vale do Calvo	Afluente 16 Ribeira de Juncais	Afluente 23 Rio Nabão
Afluente 11 Ribeiro Cruz da Légua	Afluente 16 Ribeira do Algaz	Afluente 24 Ribeira da Bezelga
Afluente 11 Ribeiro da Longra	Afluente 16 Ribeira do Choupal	Afluente 24 Ribeira da Lousã
Afluente 11 Rio Nabão	Afluente 16 Rio Nabão	Afluente 24 Ribeira da Sabacheira
Afluente 12 Ribeira da Amieira	Afluente 17 Ribeira da Bezelga	Afluente 24 Ribeira do Algaz
Afluente 12 Ribeira da Bezelga	Afluente 17 Ribeira da Lousã	Afluente 24 Rio Nabão
Afluente 12 Ribeira da Lousã	Afluente 17 Ribeira da Sabacheira	Afluente 25 Ribeira da Bezelga
Afluente 12 Ribeira da Sabacheira	Afluente 17 Ribeira de Juncais	Afluente 25 Ribeira da Lousã
Afluente 12 Ribeira de Juncais	Afluente 17 Ribeira do Algaz	Afluente 25 Ribeira da Sabacheira
Afluente 12 Ribeira de Laveiros	Afluente 17 Ribeira do Choupal	Afluente 25 Ribeira do Algaz
Afluente 12 Ribeira do Algaz	Afluente 17 Ribeiro da Longra	Afluente 25 Rio Nabão
Afluente 12 Ribeira do Choupal	Afluente 17 Rio Nabão	Afluente 26 Ribeira da Bezelga
Afluente 12 Ribeira Vale do Calvo	Afluente 18 Ribeira da Bezelga	Afluente 26 Ribeira da Lousã
Afluente 12 Ribeiro da Longra	Afluente 18 Ribeira da Lousã	Afluente 26 Ribeira da Sabacheira
Afluente 12 Rio Nabão	Afluente 18 Ribeira da Sabacheira	Afluente 26 Rio Nabão
Afluente 13 Ribeira da Amieira	Afluente 18 Ribeira de Juncais	Afluente 27 Ribeira da Bezelga
Afluente 13 Ribeira da Bezelga	Afluente 18 Ribeira do Algaz	Afluente 27 Ribeira da Lousã
Afluente 13 Ribeira da Lousã	Afluente 18 Ribeira do Choupal	Afluente 27 Ribeira da Sabacheira
Afluente 13 Ribeira da Sabacheira	Afluente 18 Ribeiro da Longra	Afluente 27 Rio Nabão
Afluente 13 Ribeira de Chão de Maças	Afluente 18 Rio Nabão	Afluente 28 Ribeira da Bezelga
Afluente 13 Ribeira de Juncais	Afluente 19 Ribeira da Bezelga	Afluente 28 Ribeira da Lousã
Afluente 13 Ribeira de Laveiros	Afluente 19 Ribeira da Lousã	Afluente 28 Ribeira da Sabacheira
Afluente 13 Ribeira do Algaz	Afluente 19 Ribeira da Sabacheira	Afluente 28 Rio Nabão
Afluente 13 Ribeira do Choupal	Afluente 19 Ribeira de Juncais	Afluente 29 Ribeira da Bezelga
Afluente 13 Ribeira Vale do Calvo	Afluente 19 Ribeira do Algaz	Afluente 29 Ribeira da Sabacheira
Afluente 13 Ribeiro da Longra	Afluente 19 Ribeira do Choupal	Afluente 29 Rio Nabão
Afluente 13 Rio Nabão	Afluente 19 Rio Nabão	Afluente 30 Ribeira da Bezelga
Afluente 14 Ribeira da Bezelga	Afluente 20 Ribeira da Bezelga	Afluente 30 Rio Nabão
Afluente 14 Ribeira da Lousã	Afluente 20 Ribeira da Lousã	Afluente 31 Ribeira da Bezelga
Afluente 14 Ribeira da Sabacheira	Afluente 20 Ribeira da Sabacheira	Afluente 31 Rio Nabão
Afluente 14 Ribeira de Chão de Maças	Afluente 20 Ribeira de Juncais	Afluente 32 Ribeira da Bezelga
Afluente 33 Rio Nabão	Subafluente 01 Ribeira da Bezelga	Subafluente 02 Ribeira do Freixo
Afluente 34 Ribeira da Bezelga	Subafluente 01 Ribeira da Fonte de Paio Nunes	Subafluente 02 Ribeira Vale do Calvo
Afluente 34 Rio Nabão	Subafluente 01 Ribeira da Gaita	Subafluente 02 Ribeiro Cruz da Légua
Afluente 35 Ribeira da Bezelga	Subafluente 01 Ribeira da Lousã	Subafluente 02 Ribeiro do Brejo
Afluente 35 Rio Nabão	Subafluente 01 Ribeira da Sabacheira	Subafluente 02 Ribeiro do Porto
Afluente 36 Rio Nabão	Subafluente 01 Ribeira de Carregueiros	Subafluente 02 Ribeiro dos Casais
Afluente 37 Rio Nabão	Subafluente 01 Ribeira de Chão de Maças	Subafluente 02 Rio Nabão
Afluente 38 Rio Nabão	Subafluente 01 Ribeira de Juncais	Subafluente 03 Ribeira da Lousã
Afluente 39 Rio Nabão	Subafluente 01 Ribeira de Laveiros	Subafluente 03 Ribeira da Sabacheira
Afluente 40 Rio Nabão	Subafluente 01 Ribeira do Algaz	Subafluente 03 Ribeira do Algaz

Designação	Designação	Designação
Afluente 41 Rio Nabão	Subafluente 01 Ribeira do Carvalho Grande	Subafluente 03 Ribeira Vale do Calvo
Afluente 42 Rio Nabão	Subafluente 01 Ribeira do Choupal	Subafluente 03 Ribeira Cruz da Légua
Afluente 43 Rio Nabão	Subafluente 01 Ribeira do Cortigo	Subafluente 03 Ribeira do Brejo
Afluente 44 Rio Nabão	Subafluente 01 Ribeira do Freixo	Subafluente 04 Ribeira da Bezelga
Afluente 45 Rio Nabão	Subafluente 01 Ribeira do Furadouro	Subafluente 04 Ribeira da Sabacheira
Afluente 46 Rio Nabão	Subafluente 01 Ribeira Vale do Calvo	Subafluente 04 Ribeira do Algaz
Afluente 47 Rio Nabão	Subafluente 01 Ribeira Cruz da Légua	Subafluente 04 Ribeira Vale do Calvo
Afluente 47 Rio Nabão	Subafluente 01 Ribeira das Hortas	Subafluente 04 Ribeira Cruz da Légua
Afluente 48 Rio Nabão	Subafluente 01 Ribeira do Brejo	Subafluente 05 Ribeira do Algaz
Afluente 49 Rio Nabão	Subafluente 01 Ribeira do Porto	Subafluente 05 Ribeira Vale do Calvo
Afluente 50 Rio Nabão	Subafluente 01 Ribeira do Sobreiro	Subafluente 06 Ribeira do Algaz
Afluente 51 Rio Nabão	Subafluente 01 Ribeira dos Casais	Subafluente 06 Ribeira Vale do Calvo
Afluente 52 Rio Nabão	Subafluente 01 Rio Nabão	Subafluente 07 Ribeira do Algaz
Afluente 53 Rio Nabão	Subafluente 02 Ribeira da Amieira	Subafluente 07 Ribeira Vale do Calvo
Afluente 54 Rio Nabão	Subafluente 02 Ribeira da Bezelga	Subafluente 08 Ribeira do Algaz
Afluente 55 Rio Nabão	Subafluente 02 Ribeira da Lousã	Subafluente 08 Ribeira Vale do Calvo
Afluente 56 Rio Nabão	Subafluente 02 Ribeira da Sabacheira	
Subafluente 01 Ribeira da Amieira	Subafluente 02 Ribeira do Algaz	

Nota: Localização espacial apenas visível na *shapefile*
 "CALM_Identificação_dos_cursos_de_água_integrados_na_REN"

Figura A. 4 - Fluxograma metodológico para a delimitação da tipologia “cursos de água e respetivos leitos e margens”



Anexo III - Delimitação das albufeiras que contribuem para a conectividade e coerência ecológica da REN, bem como os respetivos leitos, margens e faixas de proteção

Figura A. 5 - Albufeira da Barragem do Carril (leito, margem e faixa de proteção)

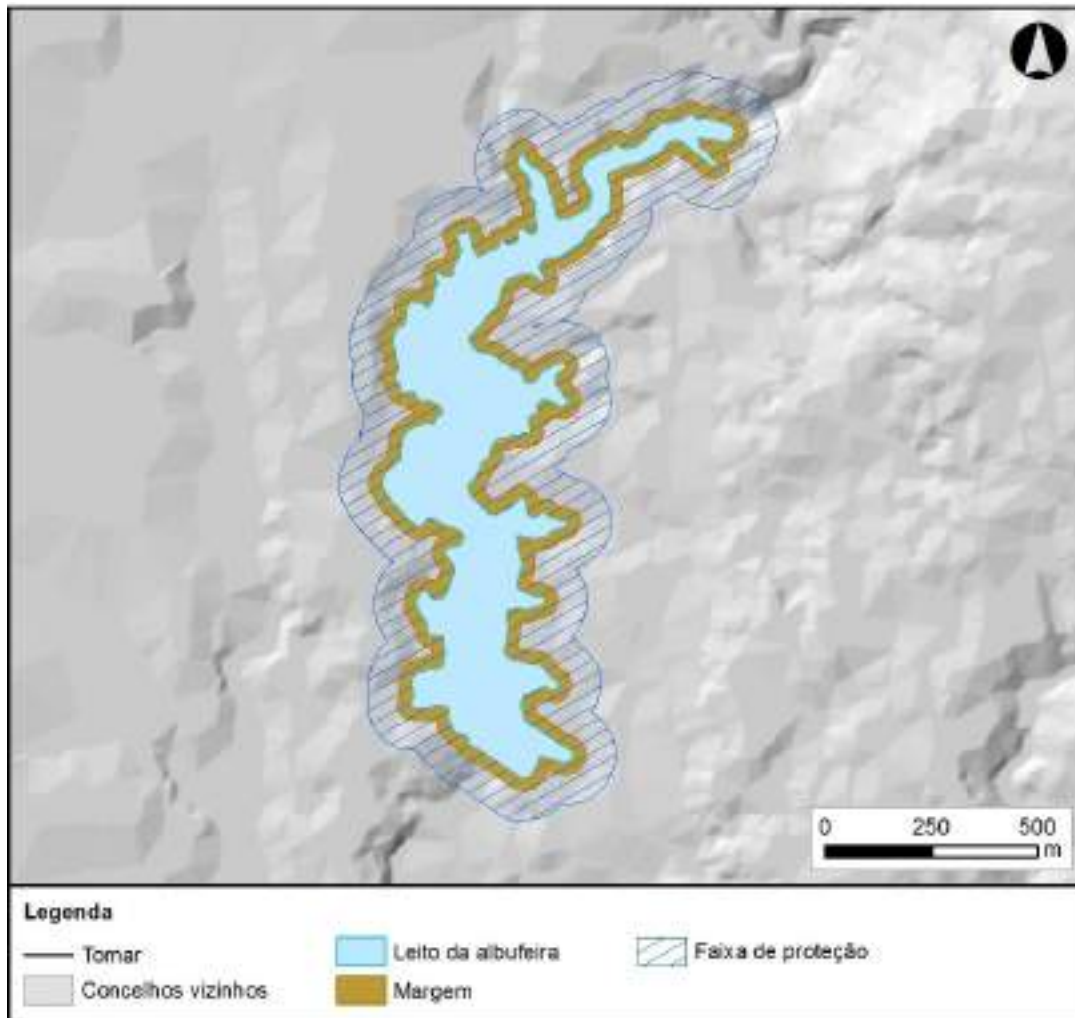


Figura A. 6 - Albufeira de Castelo do Bode (leito, margem e faixa de proteção)

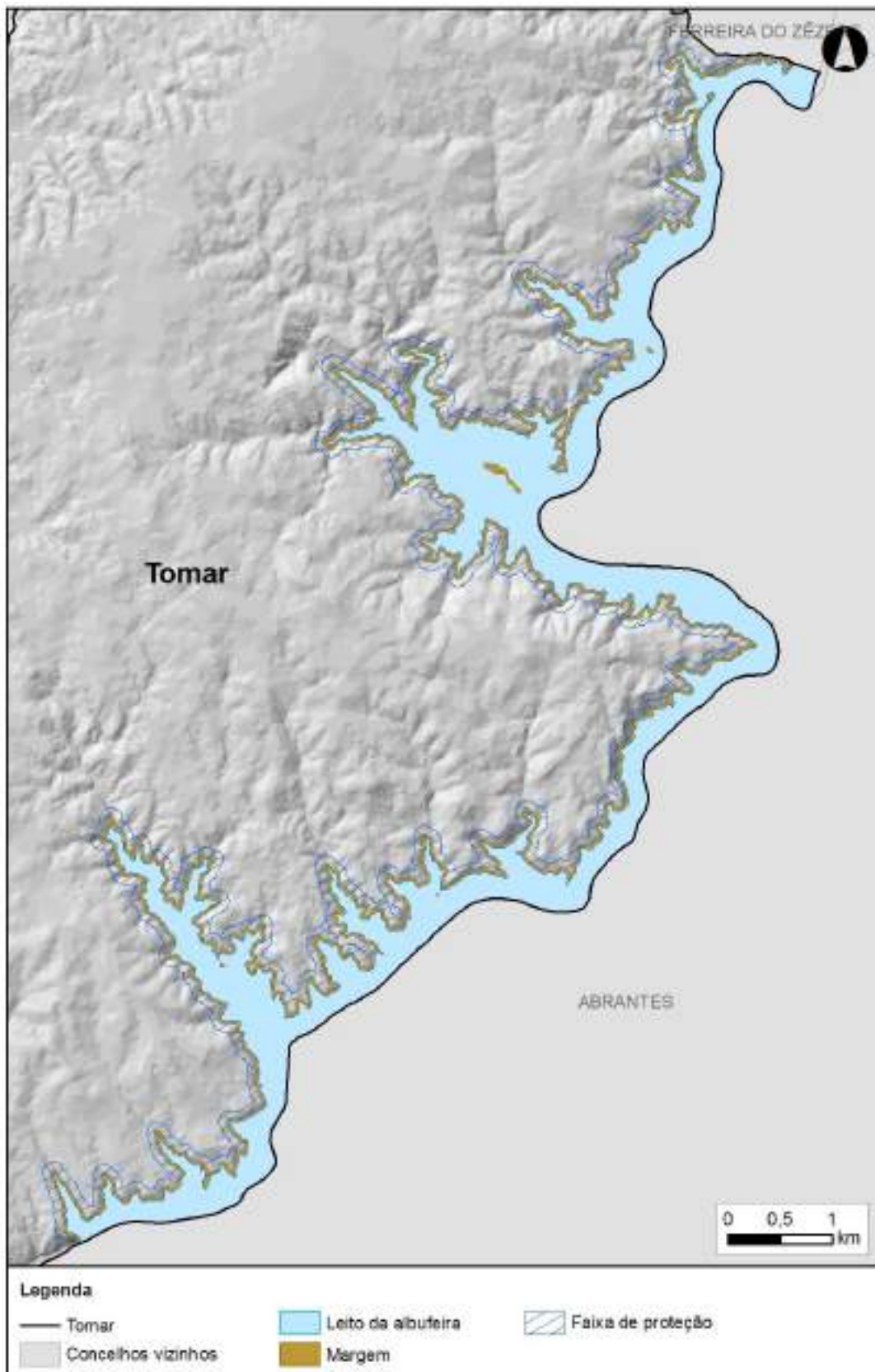
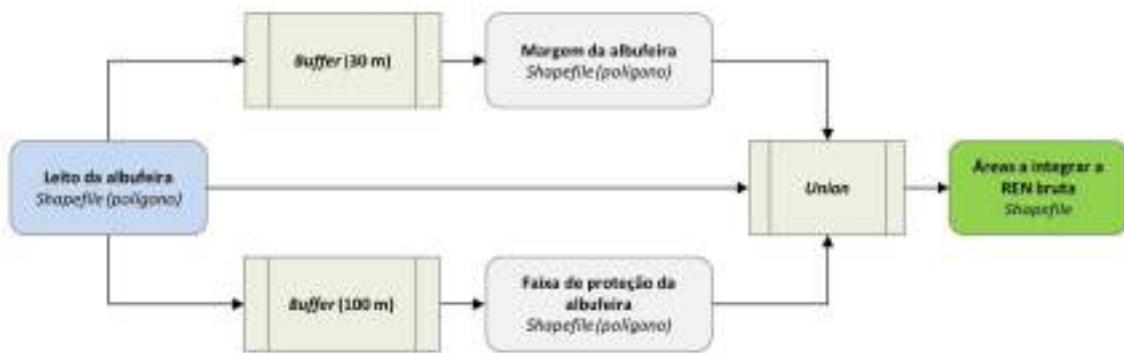


Figura A. 7 - Fluxograma metodológico para a delimitação da tipologia “albufeiras que contribuem para a conectividade e coerência ecológica da REN, bem como os respetivos leitos, margens e faixas de proteção”



Anexo IV - Delimitação das áreas estratégicas de proteção e recarga de aquíferos

Quadro A. 5 - Caracterização do Tipo Hídrico de Solo (TS) em função da legenda da Carta dos Solos de Portugal (Solo) às escalas 1/25000 e 1/50000

Solo #	Tipo	Solo #	Tipo	Solo #	Tipo	Solo #	Tipo	Solo #	Tipo
A	B	Bp	D	Par*	B	Px	D	Vcm	D
Aa	D	Bpc	D	Pat	B	Pxr	D	Vcr	D
Aac	D	Bva	D	Pb	D	Pz	A	Vcs	C
Ac	C	Bvc	D	Pbc	D	Pzh	C	Vct	C
Al	B	Ca	D	Pc	C	Qx	B	Vcv	D
Alc	C	Caa	D	Pc'	C	Rc	B	Vcx	D
Ap	A	Caac	D	Pca	D	Rg	A	Vdc	D
Aph	C	Cac	D	Pcd	D	Rgc	B	Vdg	D
Apr	A	Cal	D	Pcg	C	S	Z	Vf	C
Arb	D	Calc	D	Pcn	C	Sag	D	Vgn	C
Arc	D	Cb	D	Pcr	D	Sah	D	VI	B
Arct	D	Cbc	D	Pcs	D	Sb	C	Vm	C
Arcx	D	Cd	D	Pct	D	Sba	C	Vmc	D
Ard	D	Cp	D	Pcx	D	Sbac	C	Vmg	C
Arg	D	Cpc	D	Pcz	D	Sbc	C	Vq	C
Argn	D	Cpv	D	Pdc	D	Sbl	B	Vqx	C
Arm	D	Eb	D	Pdg	D	Sblc	B	Vt	B
Arp	D	Ec	D	Pg	B	Svc	C	Vtc	D
Arq	B	Ed	D	Pga	B	Sg	D	Vtd	D
Ars	D	Eg	D	Pgm	B	Sn	Z	Vts	B
Art	D	Egn	D	Pgn	B	Sp	D	Vx	D
Arx	D	Ep	D	Pm	D	Spb	D	Vxr	C
As	D	Eq	C	Pmc	D	Spc'	D	Paco	C
Asa	D	Et	D	Pmg	D	Spg	D	Pago	C
Asac	D	Etc	D	Pmh	D	Spqx	C	Patc	C
Asc	D	Ets	D	Pmn	C	Sq	B	Pato	C
Asl	D	Ex	D	Ppg	C	Sr	C	Pcs'	D
Aslc	D	Mnga	B	Ppm	D	Sr*	C	Pcsd	C
A.Soc.	Z	Mnq	B	Ppn	B	Srt	C	Pcsd'	D
Ass	D	Mnqx	B	Ppq	B	Srth	D	Pcst	B
Assa	D	Mns	B	Ppr	A	Ss	Z	PI	B
Assac	D	Mnsx	B	Ppt	B	Svc'	D	Ptco	C
Assc	D	Mnt	C	Ppx	C	Svqx	C	Pto	B
Assl	D	Mnx	C	Pqx	C	Va	D	Vac'	D
Asslc	D	Pa	D	Ps	D	Vac	D	Vcso	C
At	C	Pac	C	Psn	B	Vag	D	Vto	B
Ata	D	Pag	D	Pt	B	Val	C	Arts	D
Atac	D	Pagn	D	Ptc	C	Vc	D	Pcdc	C
Atc	C	Pagp	D	Pv	D	Vc'	D	Vcdc	C
Atl	C	Pagx	D	Pvl	D	Vcc	C	Vcsd'	D
Atlc	C	Par	B	Pvx	C	Vcd	D	Vdcd	D

Nota: Tipo Z significa que o valor não foi atribuído, refere-se a áreas urbanas e superfícies de água

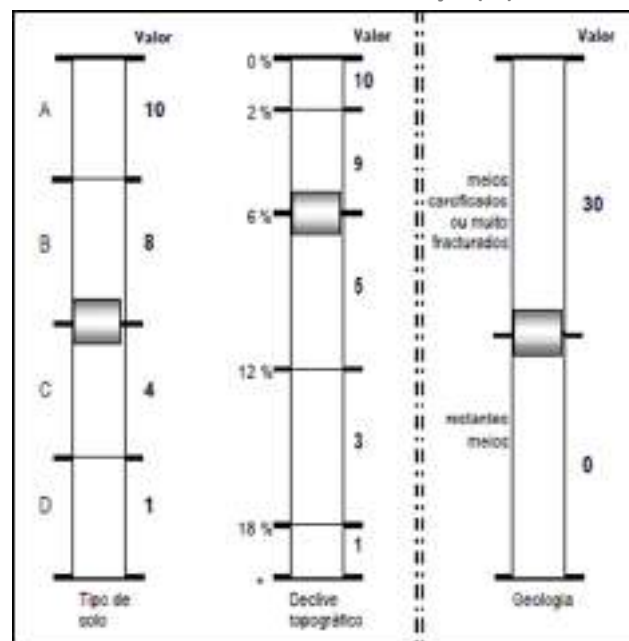
Fonte: adaptado de Oliveira *et al.* 1997 in Oliveira e Lobo-Ferreira 2002

Quadro A. 6 - Divisão de parâmetros em classes e valor a atribuir a cada classe

Parâmetro	Classe	Valor
Tipo de Solo (TS)	A	10
	B	8
	C	4
	D	1
Declive (%) (T)	< 2	10
	[2 a 6[	9
	[6 a 12[	5
	[12 a 18[	3
	≥ 18	1

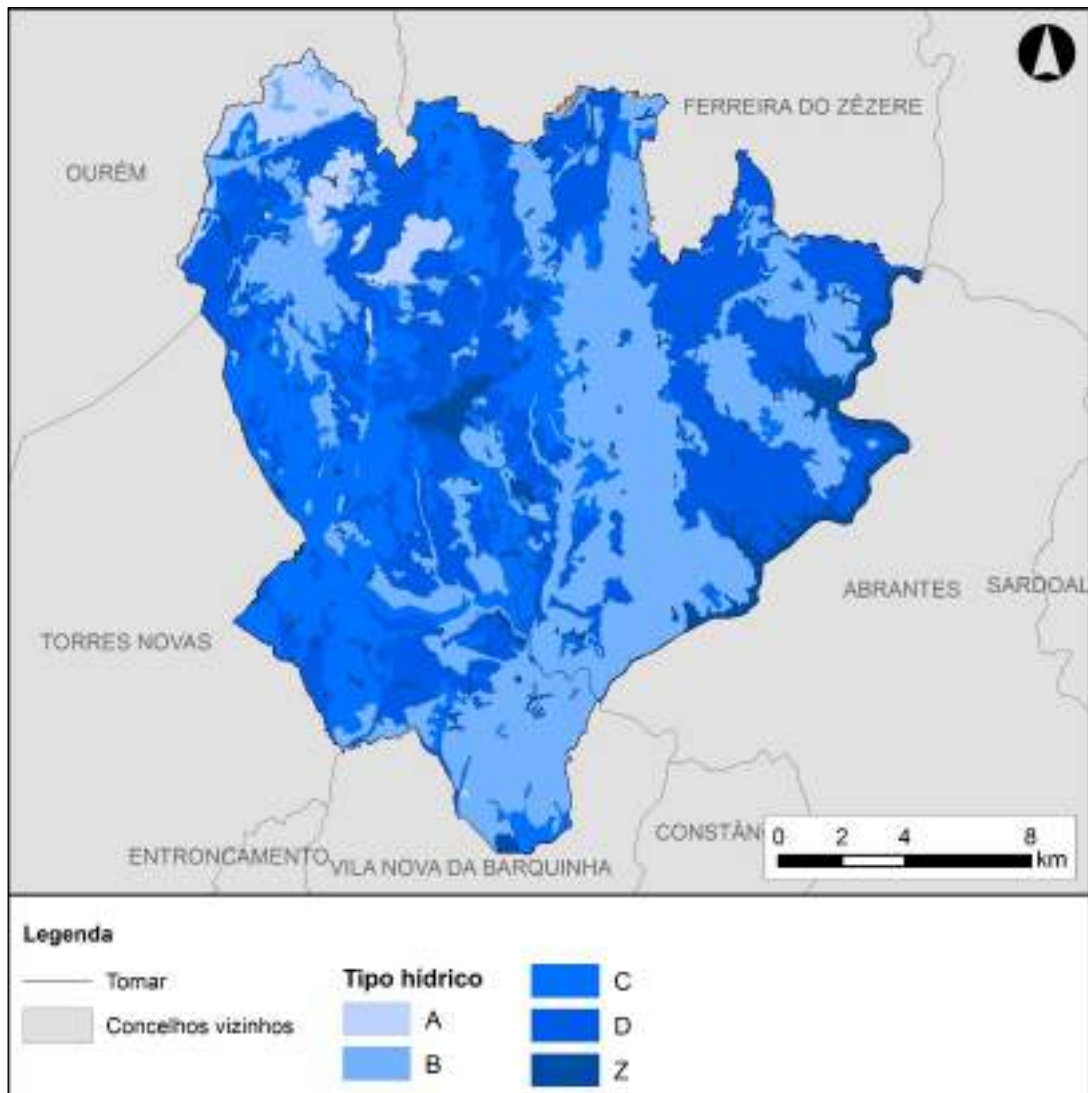
Fonte: Oliveira e Lobo-Ferreira (2002)

Figura A. 8 - Definição dos limites dos parâmetros para que se possa considerar uma área de infiltração máxima (valores considerados na aplicação apresentada) e valores respetivos atribuídos a cada parâmetro para cálculo do índice de facilidade de infiltração (IFI)



Fonte: adaptado de Oliveira e Lobo-Ferreira (2002)

Figura A. 9 - Carta do Tipo Hídrico de Solo (TS)



Nota: Tipo Z refere-se a áreas urbanas e superfícies de água

Figura A. 10 - Carta de Declives (T)

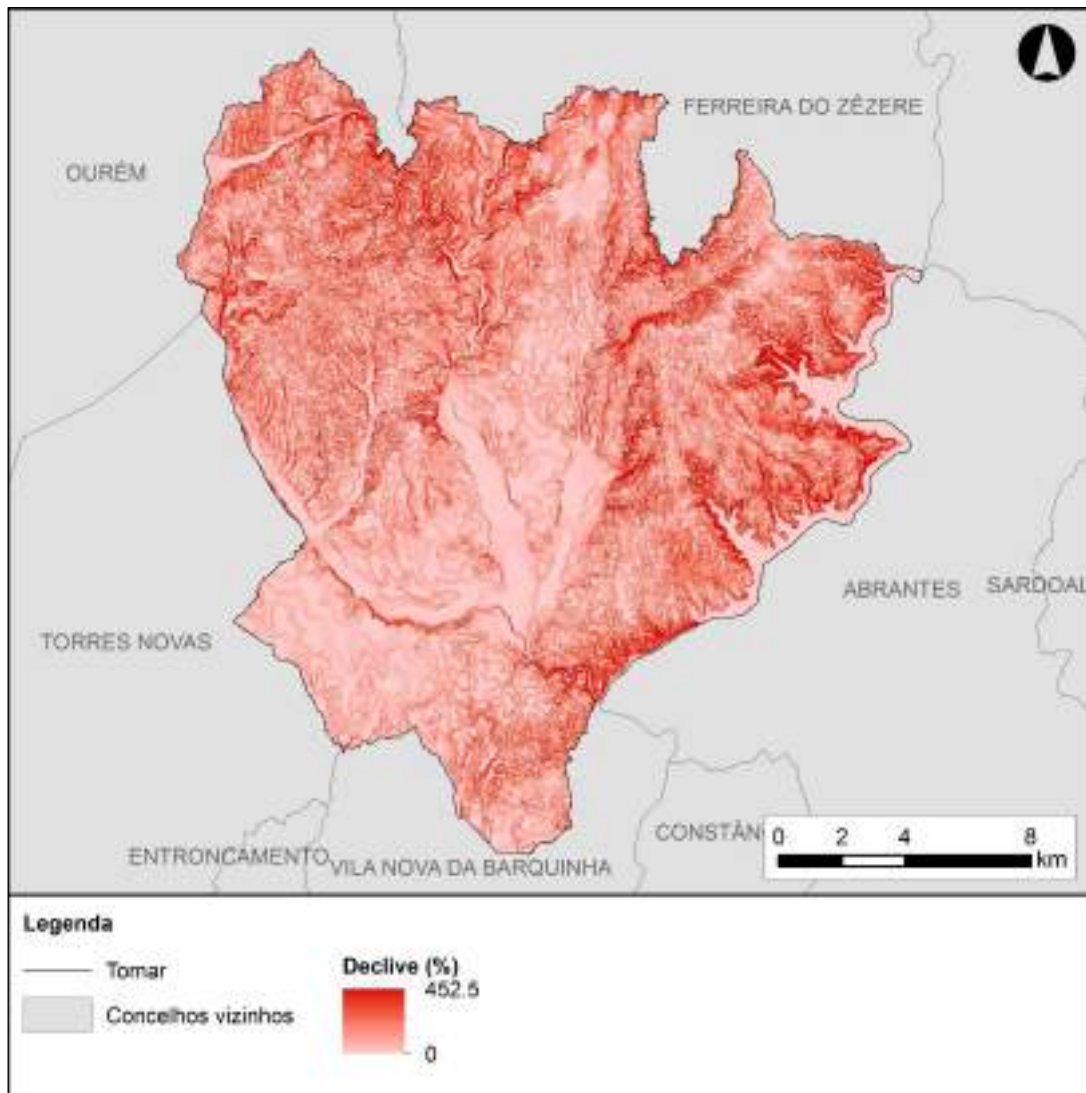


Figura A. 11 - Carta do valor atribuído às classes de declives

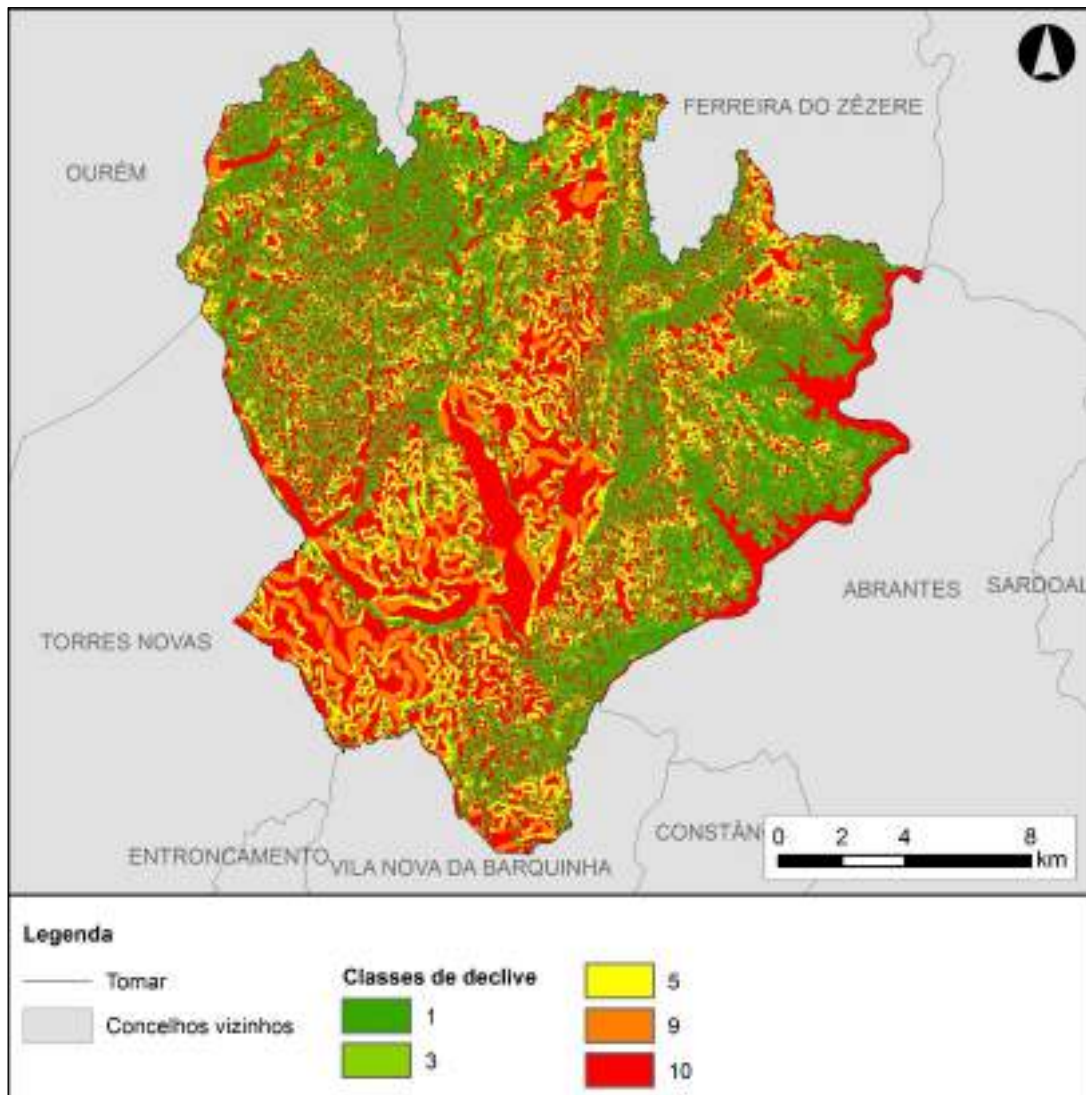


Figura A. 12 - Carta geológica

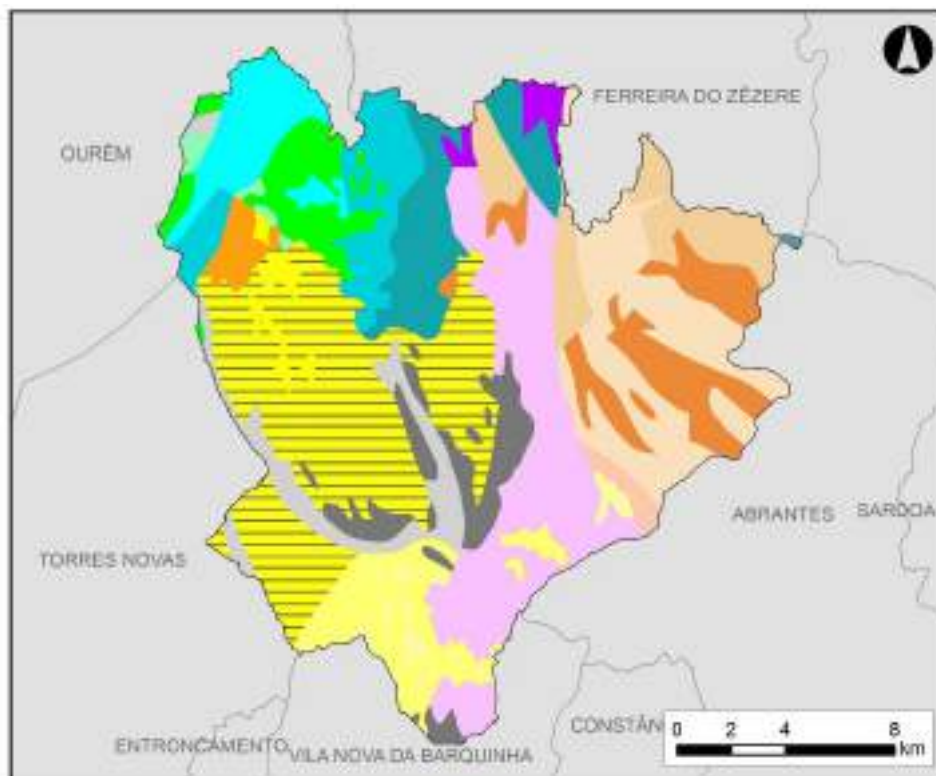


Figura A. 13 - Carta do cálculo do Índice de facilidade de Infiltração adaptado (IFia)

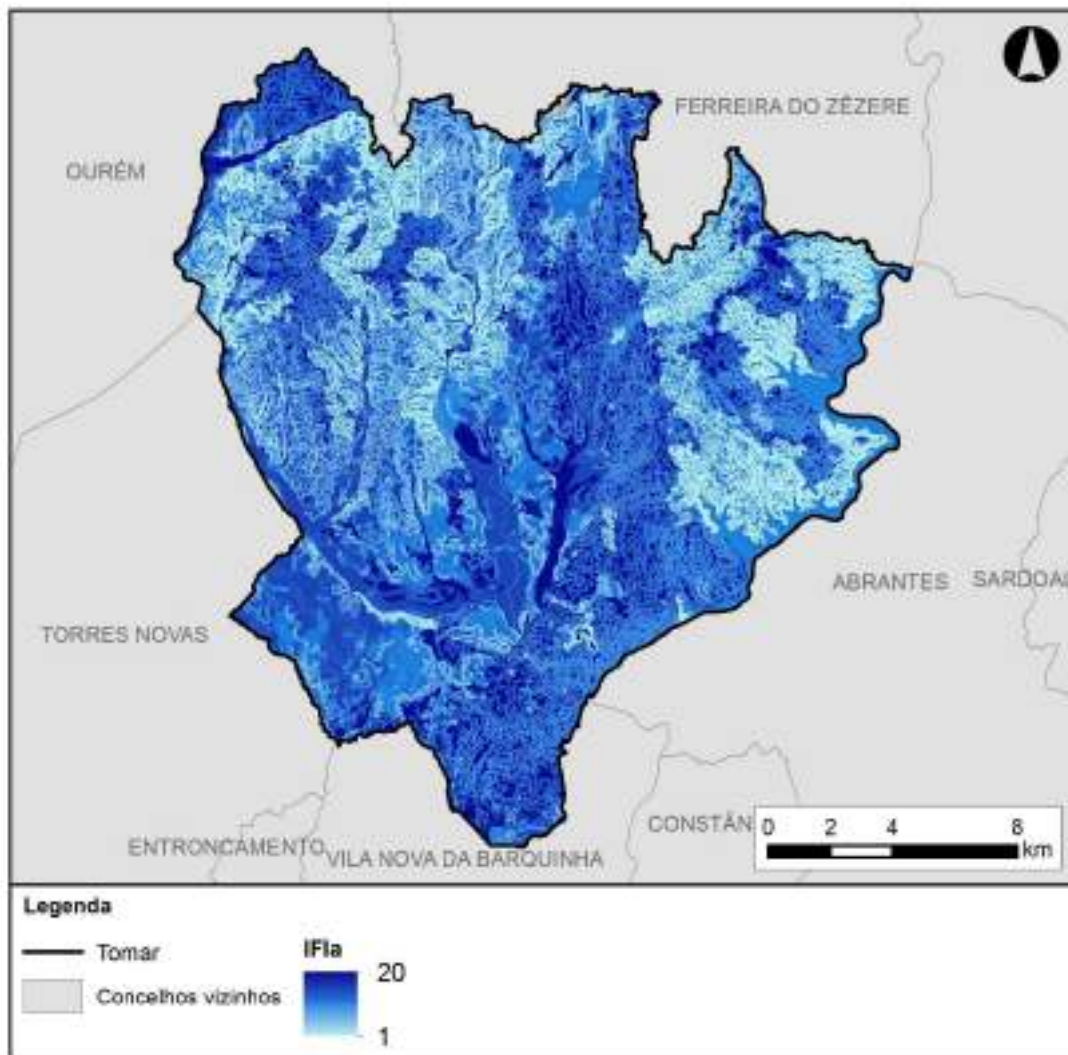


Figura A. 14 - Carta das áreas estratégicas de proteção e recarga de aquíferos, IFIa ≥ 17 (sem generalização cartográfica)

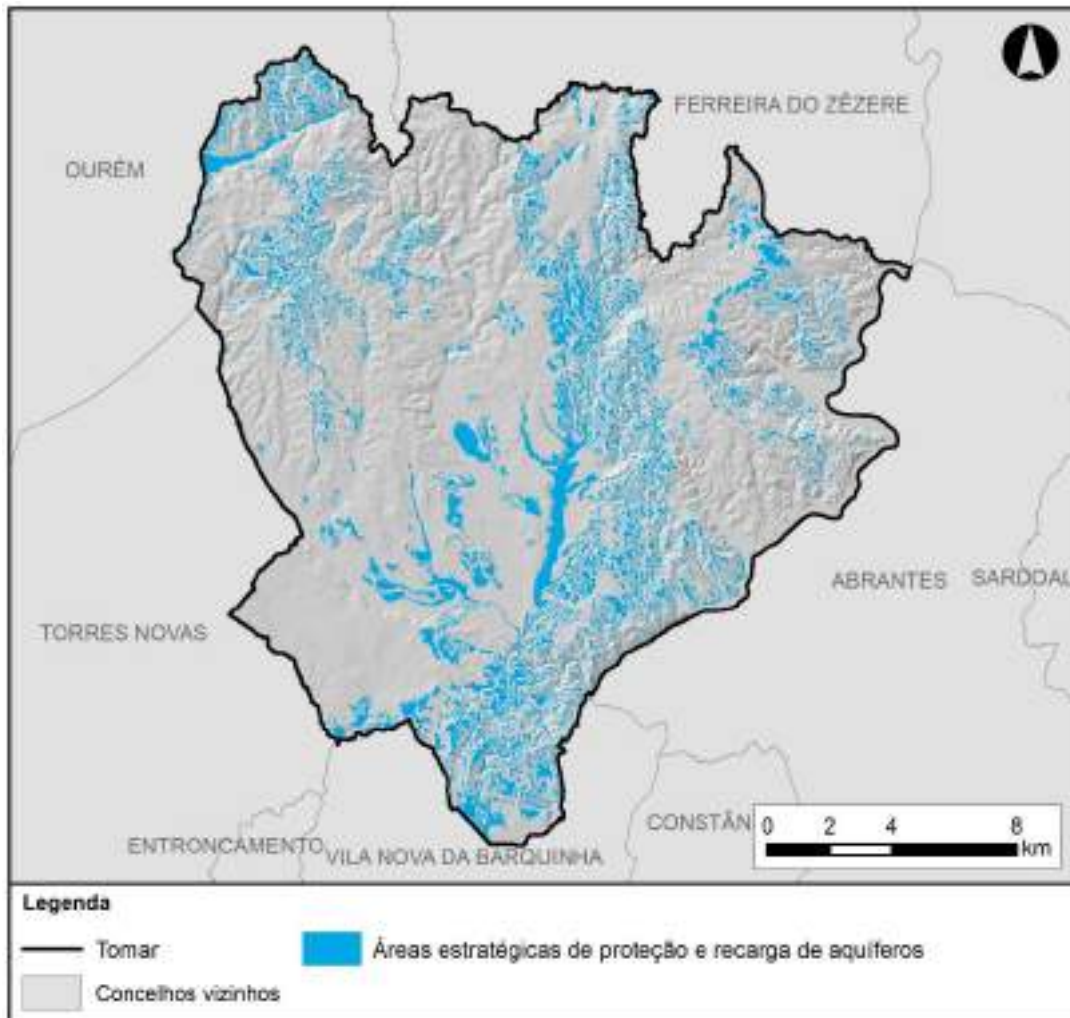


Figura A. 15 - Carta das áreas estratégicas de proteção e recarga de aquíferos, IFIa ≥ 17 (pós generalização cartográfica – áreas superiores a 2ha)

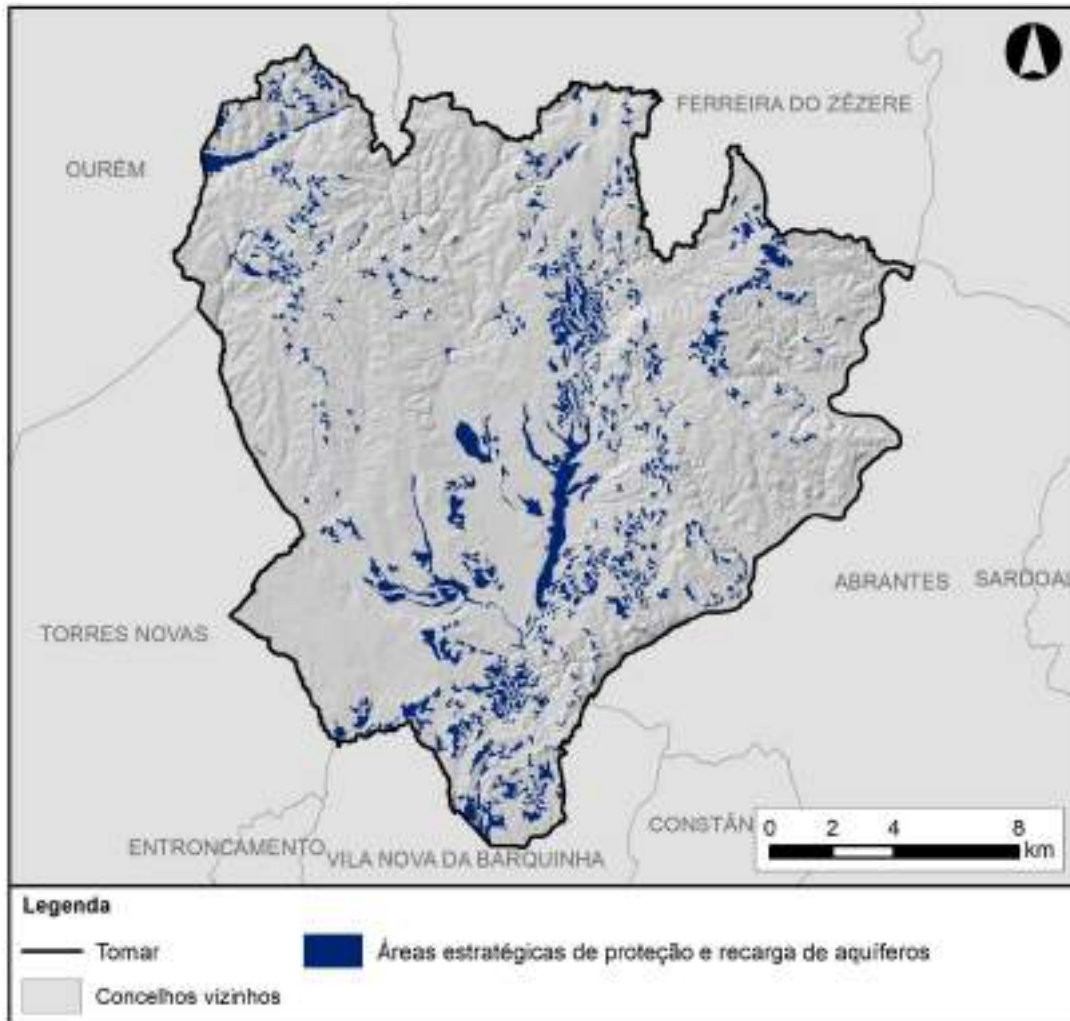


Figura A. 16 - Carta das formações cársticas presentes no Concelho de Tomar

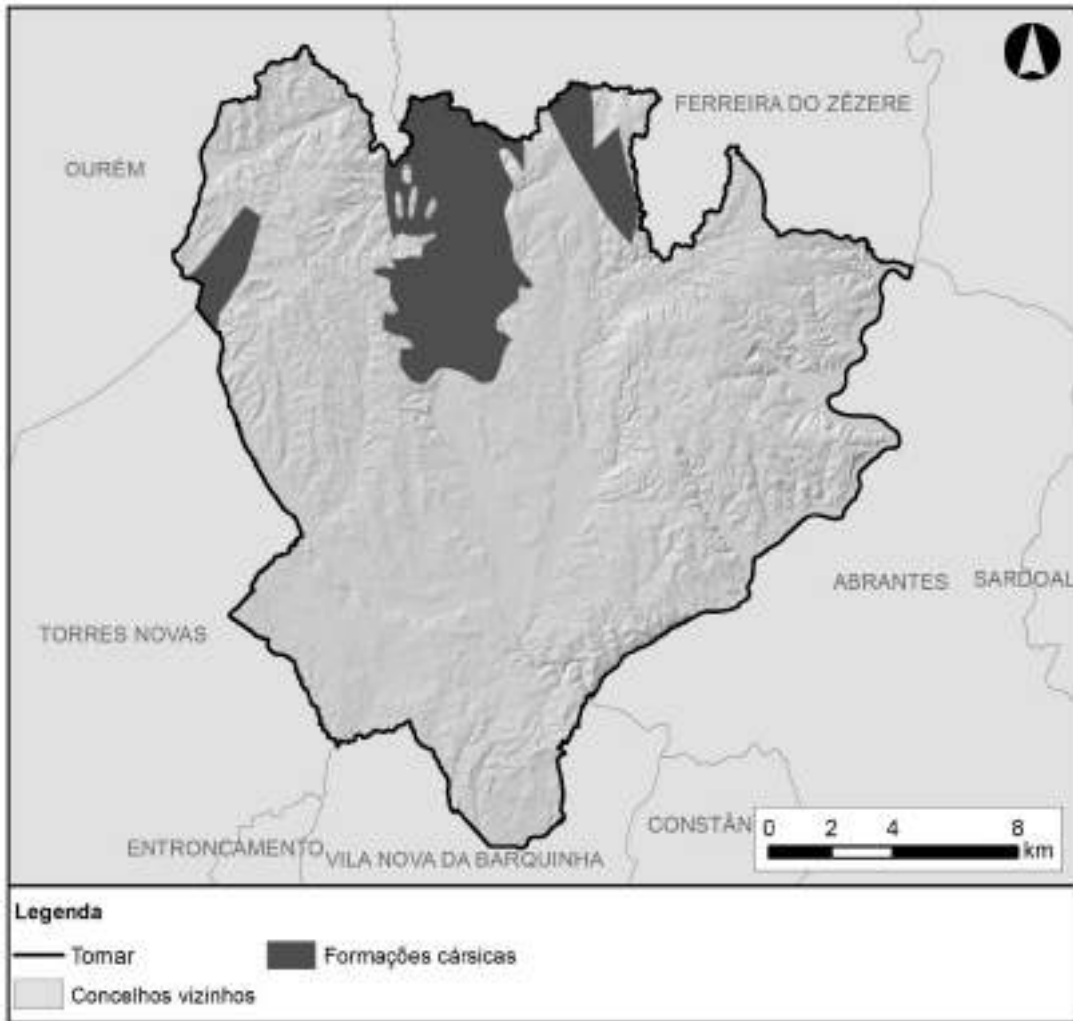


Figura A. 17 - Carta das zonas aluvionares do rio Nabão e da ribeira de Beselga

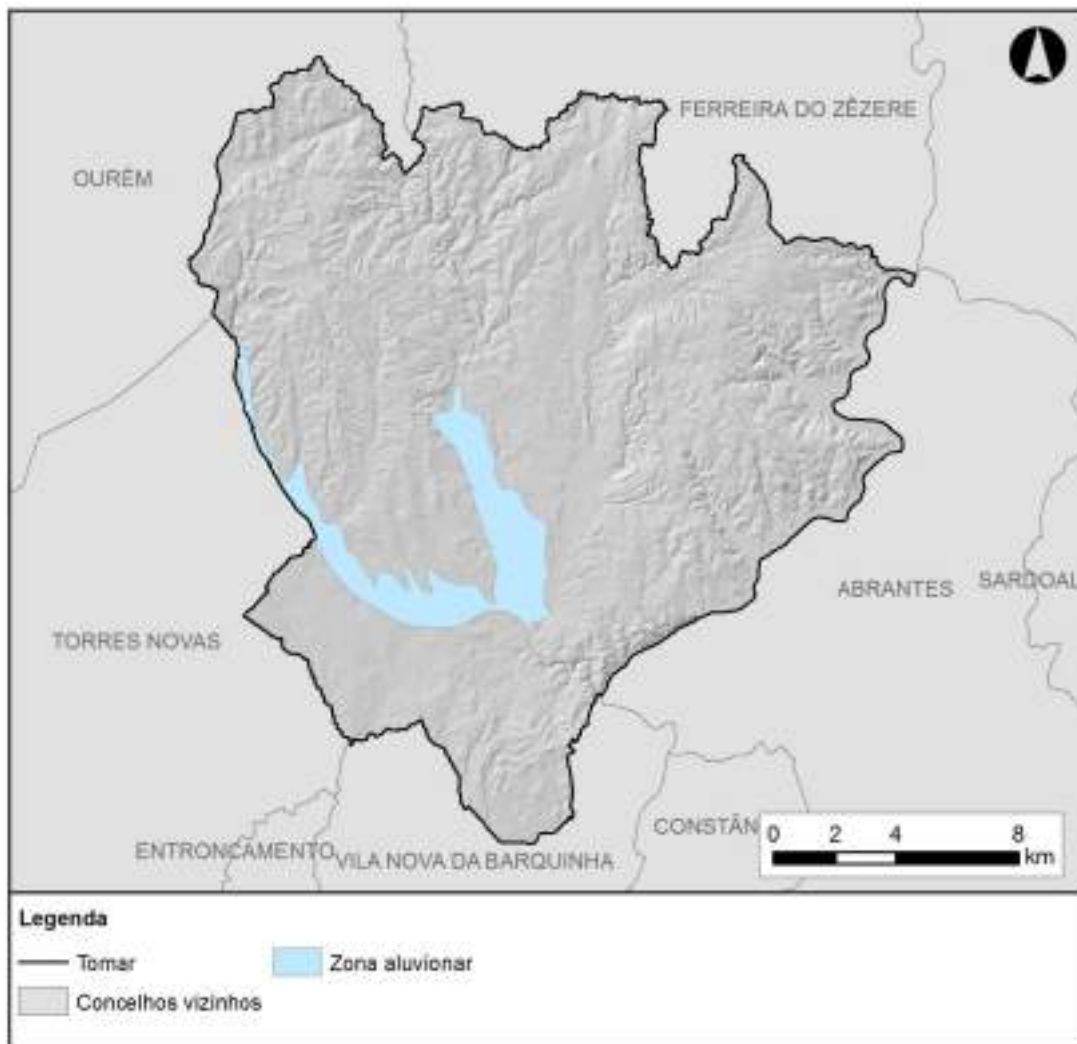


Figura A. 18 - Carta dos aquíferos mais importantes presentes no Concelho de Tomar segundo Lobo-Ferreira *et al.* (1995)

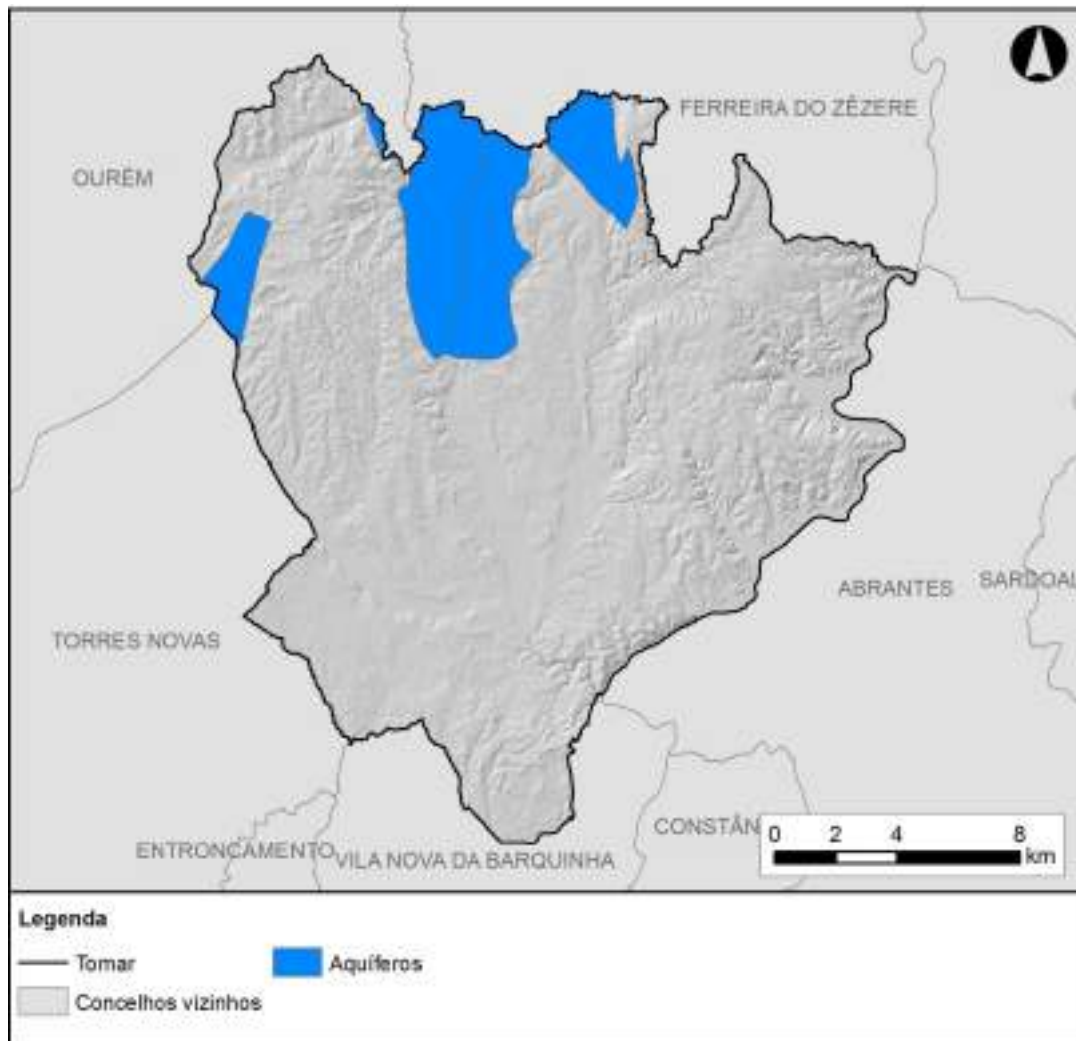


Figura A. 19 - Cartografia hidrogeológica considerada no processo de inclusão e exclusão de áreas sobre o mapa IF1a

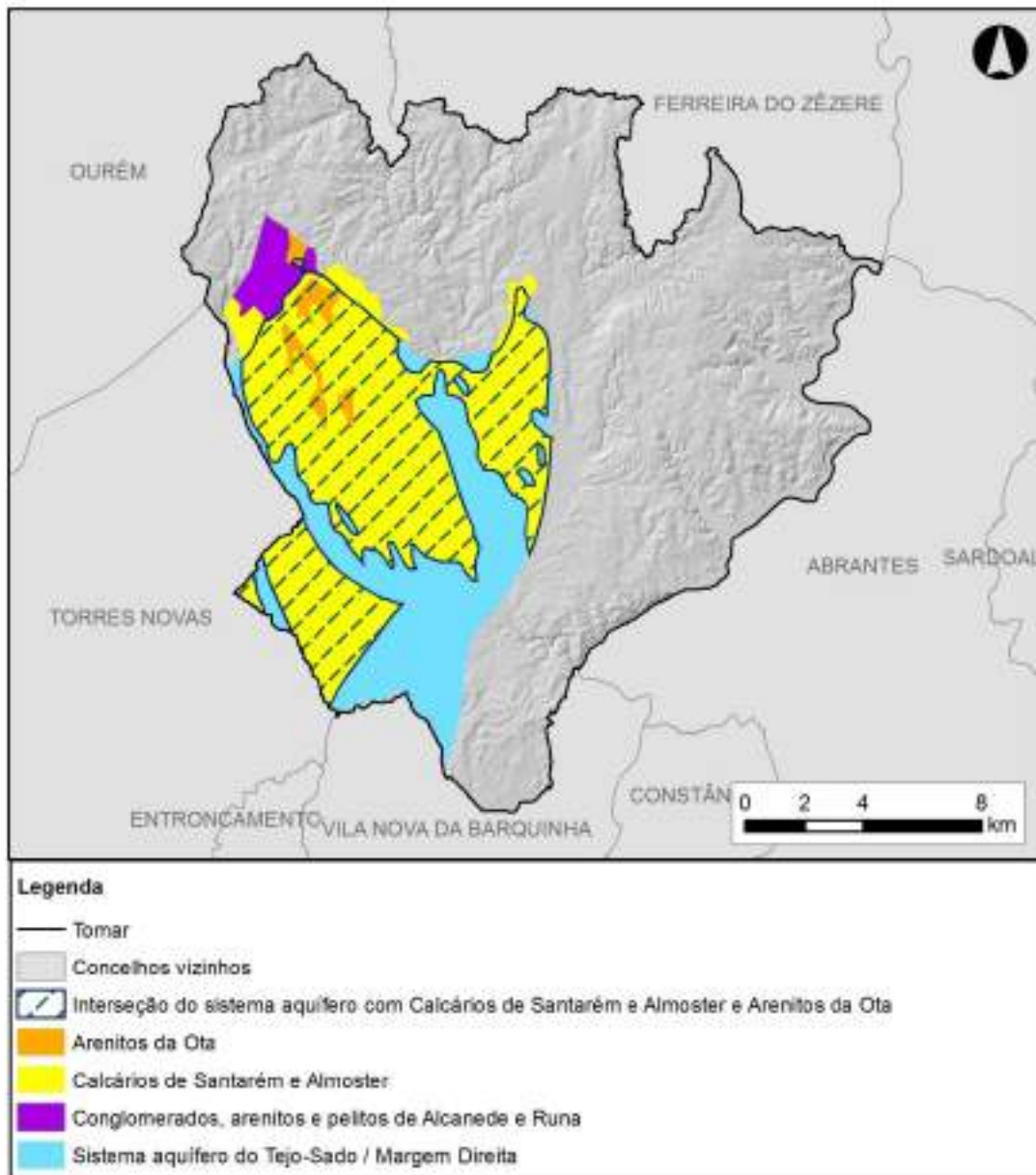
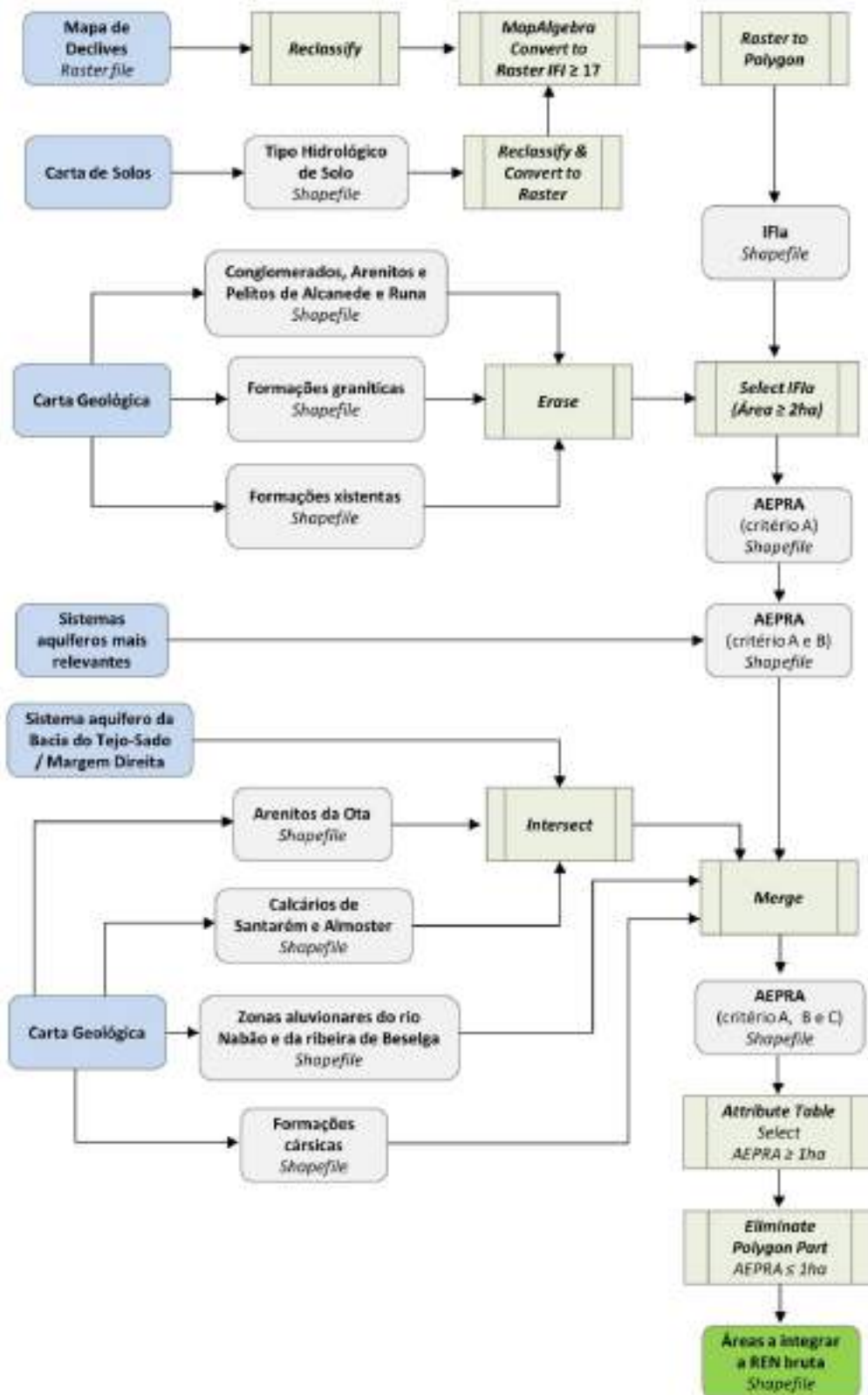


Figura A. 20 - Fluxograma metodológico para a delimitação das áreas estratégicas de proteção e recarga de aquíferos



Anexo V - Delimitação das zonas ameaçadas pelas cheias

Descrição da Ferramenta *FloodSim*

A ferramenta *FloodSim* para o *software* ArcGIS cria uma superfície dendrítica ao longo do curso do rio para simular uma inundação de cheia, pela manipulação dos valores gerados pela superfície dendrítica.

O *script* necessita para a sua operacionalização de um conjunto de perfis perpendiculares ao curso do rio, estendendo-se pela planície de cheia, de um modelo digital de elevação no formato *raster*.

O processamento desta ferramenta encontra-se sumariado de seguida e ocorre de forma automática:

1. Interação em cada perfil, para a obtenção da elevação mínima ao longo da linha perfil.
2. Anexar um ficheiro de pontos exportados de cada valor mínimo identificado no modelo digital de elevação no formato *raster*.
3. Criar um TIN da informação retirada pelos pontos.
4. Exportar a informação contida no TIN para um *raster*.
5. Subtrair o *raster* exportado, da superfície original *raster*, gerando a superfície dendrítica.

Figura A. 21 - Diferentes níveis de perigosidade na área da cidade associada ao PGRI

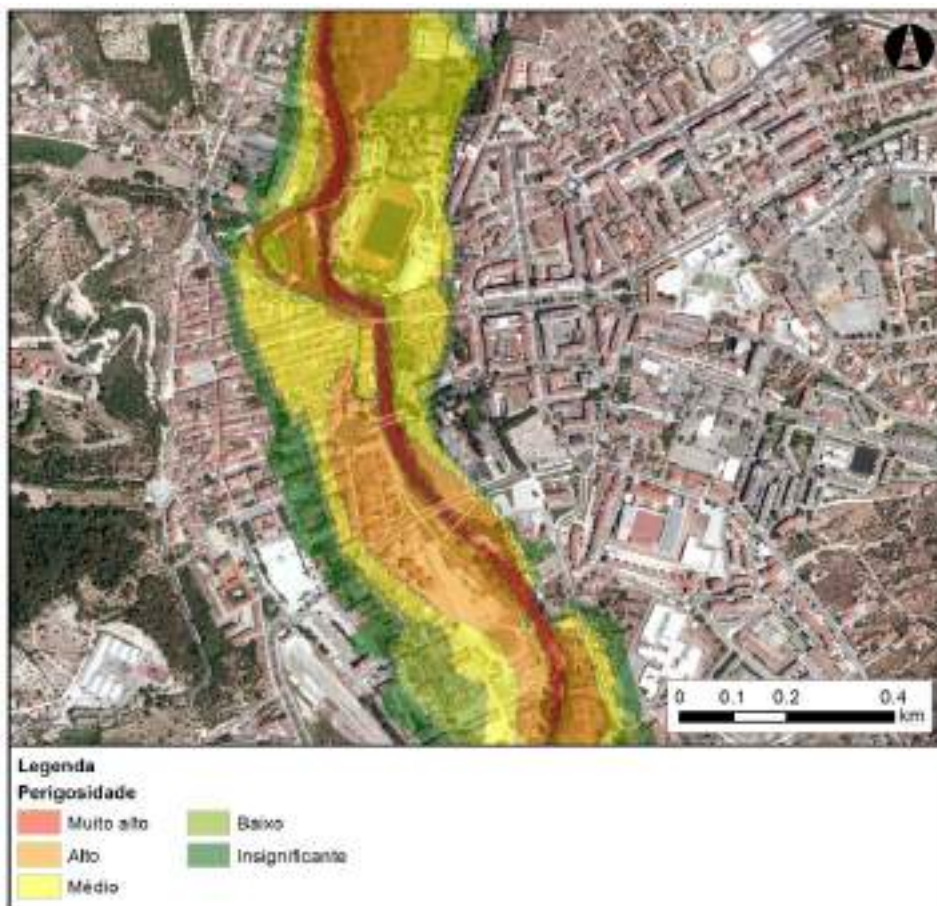


Figura A. 22 - Resultados dos Estudos Hidráulicos e Hidrológicos que abrangem o rio Nabão

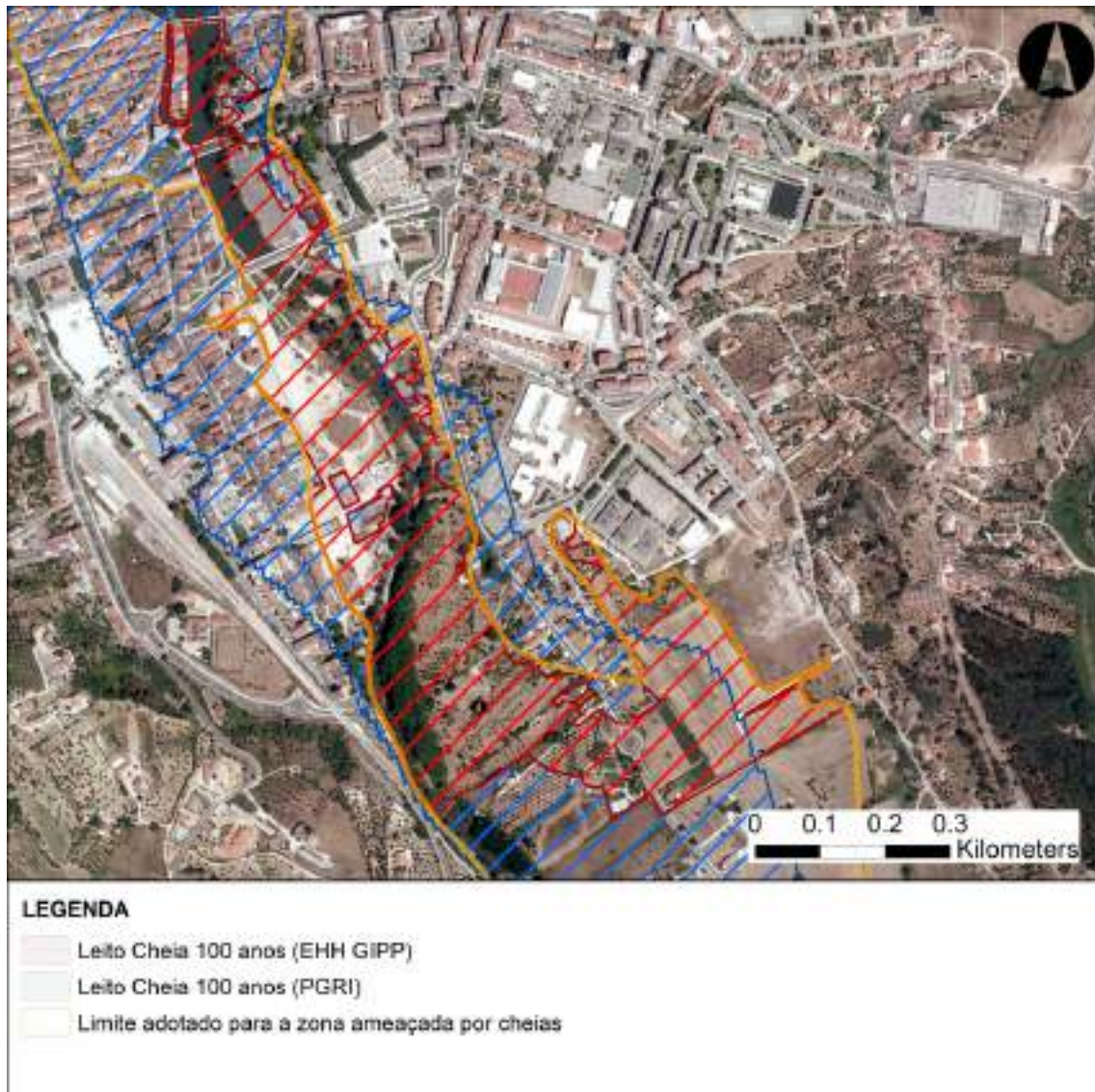


Figura A. 23 - Registos de cheias indicadas cartograficamente pelas Juntas de Freguesia (Além da Ribeira, Alviobeira, Beselga, Casais, Madalena, Paialvo, Pedreira, Sabacheira Santa Maria dos Olivais e São João Baptista)

















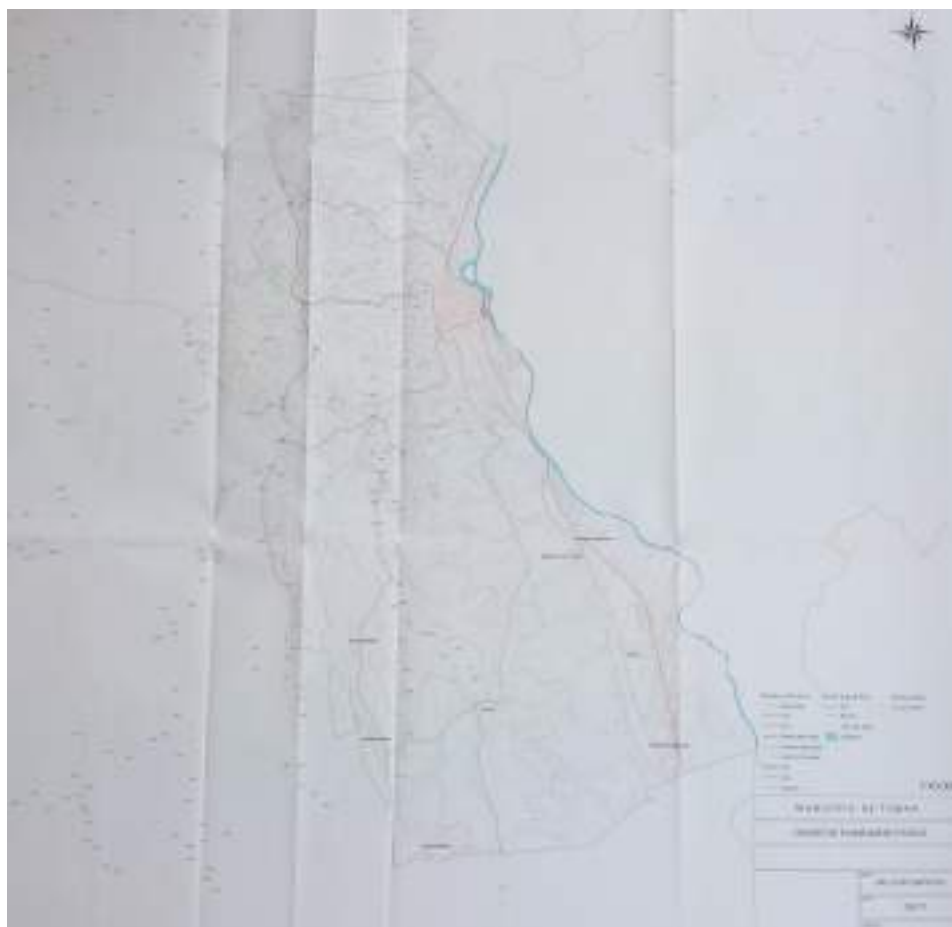


Figura A. 24 - Registos fotográficos referentes ao trabalho de campo realizado a 23 e 30 de janeiro de 2018







7



Brasões

8



Brasões

9



Brasões

10



Juncais

11



Juncais

12



Porto da Lage

13



Porto da Lage

14



Porto da Lage





22



Prado

23



Santa Cita

24



Quinta do Falcão

25



Quinta do Falcão

26



Quinta do Falcão









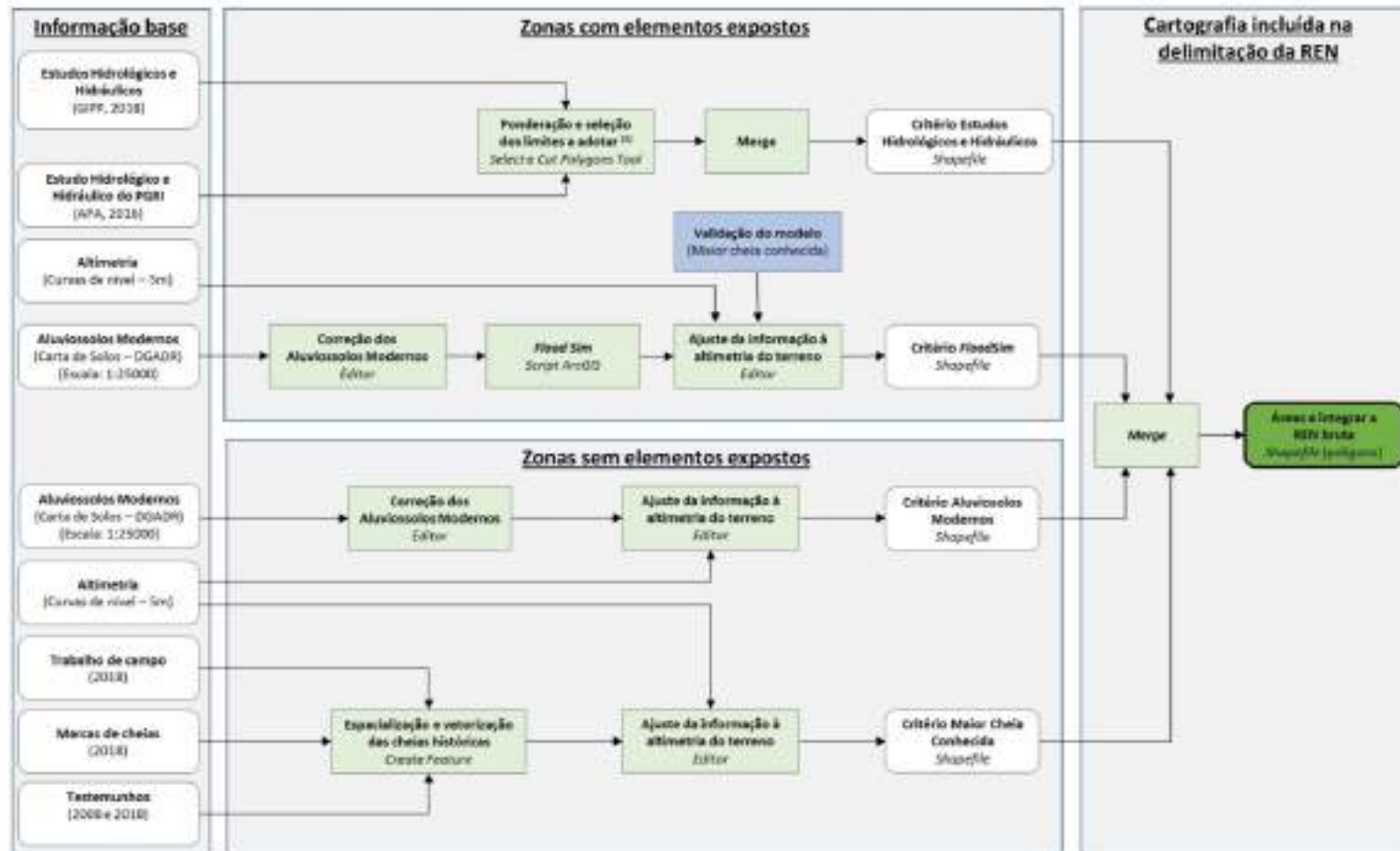








Figura A. 25 - Fluxograma metodológico para a delimitação das zonas ameaçadas pelas cheias



(1) Nos locais onde existam mais do que um Estudo Hidrológico e Hidráulico (EHH), optou-se pelo EHH elaborado a uma maior escala.

Quadro A. 7 - Área central da cidade e aglomerados periurbanos associados a leitos de cheia por critério

	Toponímia	Área (ha)	Estudos Hidrológicos	Flood Sim	Aluviossilos Modernos	Maior Cheia Conhecida	
União das Freguesias de Tomar (São João Baptista e Santa Maria dos Olivais)	Área central da cidade	502,5	Sim				52,5
	Marmelais	15,0	Sim				5,97
	Telégrafo/São Lourenço	53,9	Sim				0,01
	Arrascada	2,40	Sim				0,14
	Santa Marta/Valbom/Coito	57,4		Sim	Sim		0,28
	Valdonas A	31,3		Sim	Sim		0,96

Quadro A. 8 - Aglomerados urbanos associados a leitos de cheia por critério

Freguesia	Aglomerado		Critério da ZAC				Área da ZAC (ha)
	Toponímia	Área (ha)	Estudos Hidrológicos	Flood Sim	Aluviossilos Modernos	Maior Cheia Conhecida	
Asseiceira	Santa Cita	42,8	Sim				2,02
	Asseiceira	64,9			Sim		0,34
Carregueiros	Carregueiros	37,1				Sim	0,06
Paialvo	Curvaceiras	76,5		Sim			0,16
	Charneca da Peralva/ Quinta D. Isabel	32,9		Sim	Sim		1,91
	Soudos	15,2		Sim	Sim		0,40
Sabacheira	Monchite	16,3		Sim	Sim		3,40
	Chão de Maçãs-Gare	16,1		Sim			4,54
	Vale Sancho/Sabacheira/ Comenda	16,0		Sim	Sim	Sim	2,74
São Pedro de Tomar	São Pedro/Bairrada	35,8		Sim	Sim		2,24
	Quinta do Falcão/Bemposta/ Marianaia	51,5	Sim	Sim	Sim		9,77
	Casal dos Tomazes	12,1		Sim	Sim		0,08
União das Freguesias de Além da Ribeira e Pedreira	Fetais de Cima e de Baixo/Sabrosa/Vale Venteiro	48,9				Sim	1,07
	Pedreira	44,4	Sim				5,20
União das Freguesias de Casais e Alviobeira	Venda Nova/Santa Catarina/ Casal dos Muros/Casal Novo/ Bica/Fojo	88,3		Sim	Sim		0,14
	Alviobeira/Freixo/Ceras	53,5		Sim	Sim	Sim	5,36
	Casais	15,7		Sim	Sim		0,15
	Casal Pinheiro	12,2		Sim	Sim		0,35
	Algaz A	19,1		Sim		Sim	1,54
União das Freguesias de Madalena e Beselga	Cem Soldos	58,1		Sim	Sim	Sim	2,32
	Longra/Fonte da Longra	35,5		Sim			3,67
	Paço da Comenda	29,2		Sim	Sim		4,23
	Porto Mendo	19,8		Sim	Sim		0,69
	Porto da Lage	26,3		Sim	Sim	Sim	15,32
	Carvalho Pequeno/ Casal de S. Miguel	37,7		Sim	Sim		0,45
	Marmeleiro	19,7		Sim	Sim		1,08
	Charneca do Maxial	164,6	Sim	Sim	Sim		8,64
	Carregueira	10,8		Sim	Sim		0,63
	Casal de São Silvestre A	9,9		Sim			2,33
	Carvalhos de Figueiredo	32,3	Sim				14,56

Nota: Os aglomerados que constam no presente quadro foram identificados nos trabalhos decorrentes da Revisão do PDM de Tomar à data (maio de 2019), os quais poderão vir a sofrer suas atualizações ao longo deste processo.

Quadro A. 9 - Aglomerados rurais associados a leitos de cheia por critério

Freguesia	Aglomerado		Critério				Área da ZAC (ha)
	Toponímia	Área (ha)	Estudos Hidrológicos	Flood Sim	Aluviossilos Modernos	Maior Cheia Conhecida	
Paialvo	Vila Nova B (Paialvo)	1,6		Sim	Sim	Sim	0,40
Sabacheira	Vale de Lobos	4,3		Sim	Sim	Sim	1,43
	Chão de Maças/Casas d'Além	10,1		Sim	Sim		0,22
	Estremadouro	1,7		Sim	Sim	Sim	1,69
União das Freguesias de Madalena e Beselga	Além da Ribeira	1,7		Sim	Sim		1,36
	Maxial A	3,0		Sim	Sim		1,04
	Casal de São Lourenço	6,3		Sim	Sim		1,09
	Fagulhos	4,6		Sim	Sim		2,04
	Franços	5,6		Sim	Sim	Sim	2,62
	Casal de São Silvestre B	1,7		Sim		Sim	1,49
União das Freguesias de Tomar (São João Baptista e Santa Maria dos Olivais)	Juncais de Cima B	5,0			Sim		0,29

Nota: Os aglomerados que constam no presente quadro foram identificados nos trabalhos decorrentes da Revisão do PDM de Tomar à data (maio de 2019), os quais poderão vir a sofrer suas atualizações ao longo deste processo.

Anexo VI - Delimitação das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo

Quadro A. 10 - Erodibilidade por classe de solo (Fator K em SI)

Classe de Solo (SROA)	Fator K	Fonte de informação	Classe de Solo (SROA)	Fator K	Fonte de informação
A	0,039	Pimenta (1999)a	Pgn	0,024	Pimenta (1999)a
Aa	0,025	Pimenta (1999)a	Pmn	0,021	Analogia de solos
Aac	0,045	Pimenta (1999)a	Ppn	0,031	Analogia de solos
Ac	0,045	Pimenta (1999)b	Ppr	0,029	Pimenta (1999)b
Al	0,017	Pimenta (1999)a	Ppt	0,020	Pimenta (1999)a
Alc	0,045	Pimenta (1999)b	Pt	0,055	Pimenta (1999)a
Arc	0,000	Henriques (2009)	Px	0,023	Pimenta (1999)a
Argn	0,000	Pimenta (1999)b	Sb	0,036	Pimenta (1999)a
At	0,033	Pimenta (1999)a	Sba	0,036	Analogia de solos
Ata	0,019	Pimenta (1999)b	Sbac	0,036	Analogia de solos
Atac	0,042	Pimenta (1999)a	Sbc	0,036	Analogia de solos
Atc	0,042	Pimenta (1999)b	Sbc'	0,036	Analogia de solos
Atl	0,005	Pimenta (1999)a	Sbl	0,036	Analogia de solos
A.Soc.	0,000	Henriques (2009)	Sblc	0,043	Pimenta (1999)a
Ca	0,039	Pimenta (1999)a	Spc	0,031	Analogia de solos
Cac	0,040	Pimenta (1998)	Spc'	0,031	Henriques (2009)
Cal	0,040	Pimenta (1998)	Sr	0,033	Pimenta (1999)b
Cp	0,030	Pimenta (1999)a	Sr*	0,032	Pimenta (1999)b
Cpc	0,033	Pimenta (1999)b	Srt	0,018	Henriques (2009)
Cps	0,030	Analogia de solos	Svc	0,039	Analogia de solos
Ec	0,055	Pimenta (1999)a	Svc'	0,034	Henriques (2009)
Egn	0,040	Pimenta (1999)b	Va	0,028	Analogia de solos
Ex	0,040	Pimenta (1999)b	Vac	0,028	Pimenta (1999)a
Pa	0,030	Henriques (2009)	Vag	0,020	Analogia de solos
Pac	0,032	Pimenta (1999)b	Vc	0,037	Pimenta (1999)b
Pag	0,027	Pimenta (1999)b	Vc'	0,034	Pimenta (1999)b
Pagn	0,021	Analogia de solos	Vcd	0,039	Pimenta (1999)b
Par	0,030	Pimenta (1999)a	Vcm	0,020	Pimenta (1999)a
Pat	0,030	Analogia de solos	Vcm'	0,020	Analogia de solos
Pc	0,033	Pimenta (1999)b	Vdc	0,037	Henriques (2009)
Pc'	0,031	Pimenta (1999)b	Vdg	0,033	Henriques (2009)
Pca	0,031	Analogia de solos	Vgn	0,033	Pimenta (1999)b
Pcn	0,033	Analogia de solos	VI	0,032	Henriques (2009)
Pcs	0,037	Pimenta (1999)a	Vm	0,033	Analogia de solos
Pcs'	0,031	Analogia de solos	Vt	0,032	Pimenta (1999)b
Pdc	0,033	Pimenta (1999)b	Vtc	0,033	Pimenta (1999)b
Pdg	0,027	Pimenta (1999)b	Vx	0,033	Analogia de solos
Pg	0,010	Pimenta (1999)a			

Fontes de informação: Pimenta (1999)a – Quadro em anexo de Pimenta 1999); Pimenta (1999)b – Quadro 4 de Pimenta (1999); Pimenta (1998) – Quadro 4 de Pimenta (1998); Henriques (2009) – Quadro A.6 de Henriques (2009); Analogia de solos – Analogia e valores baseadas nos estudos mencionados.

Figura A. 26 - Mapa de Declives

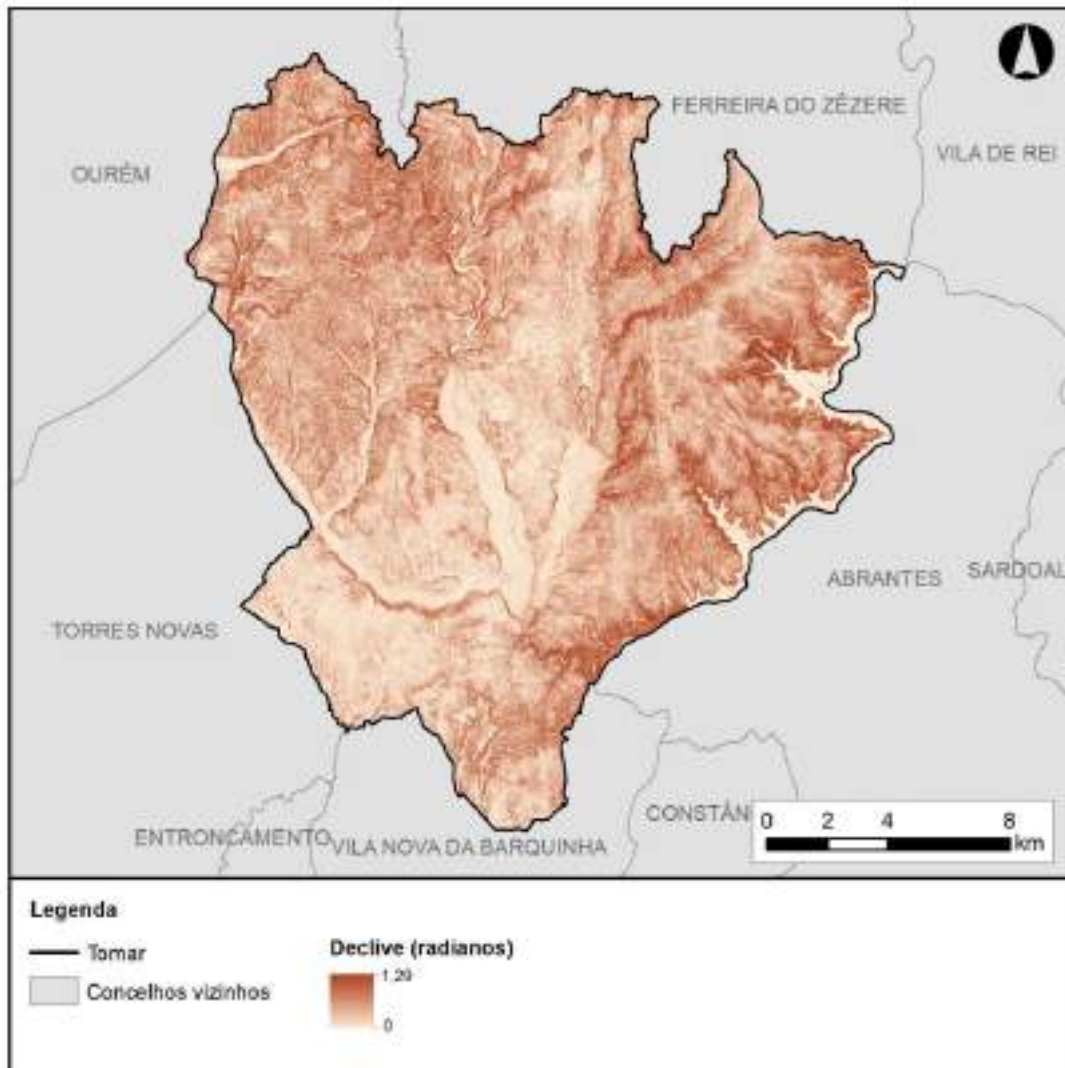


Figura A. 27 - Mapa do Coeficiente m

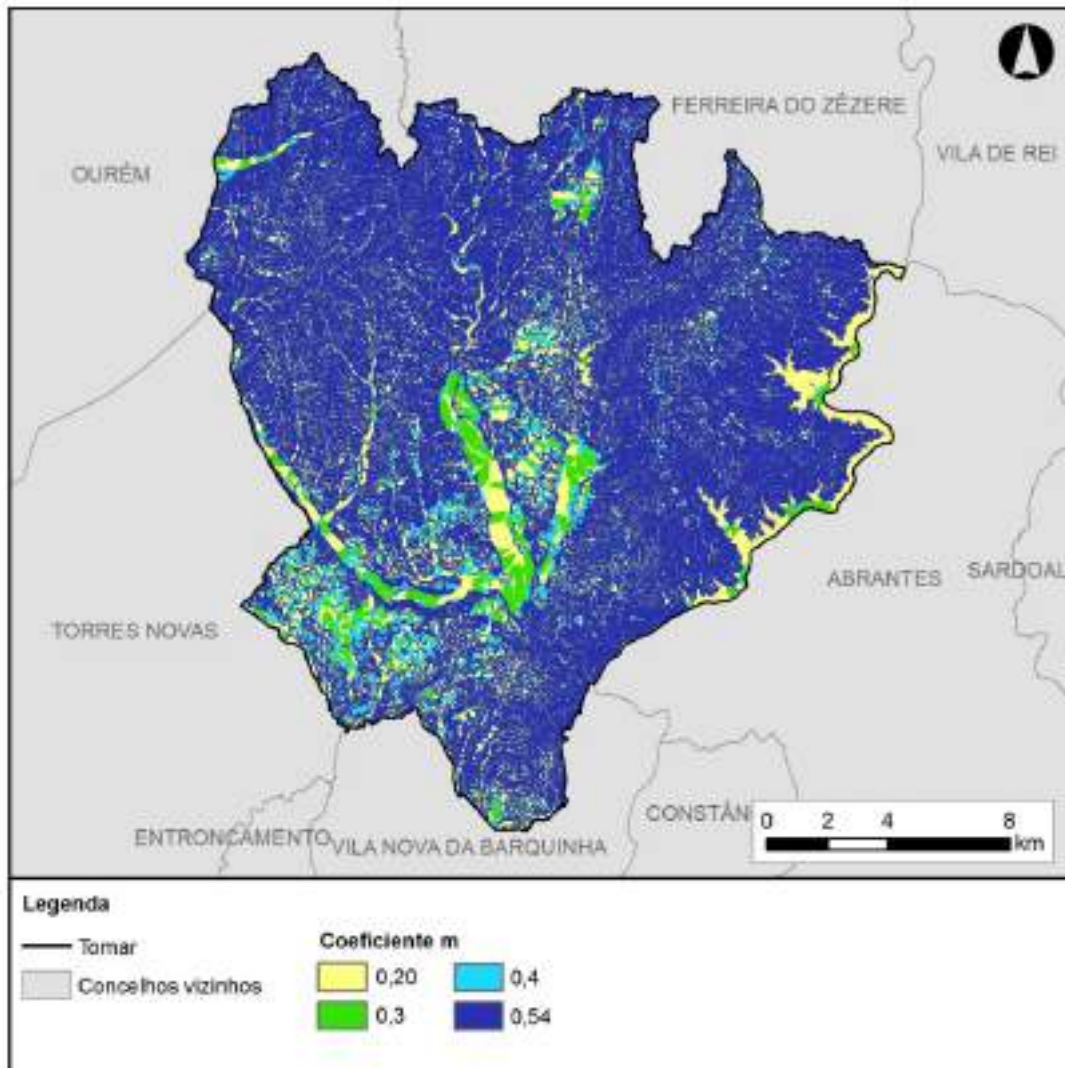


Figura A. 28 - Mapa do Comprimento do Desnível

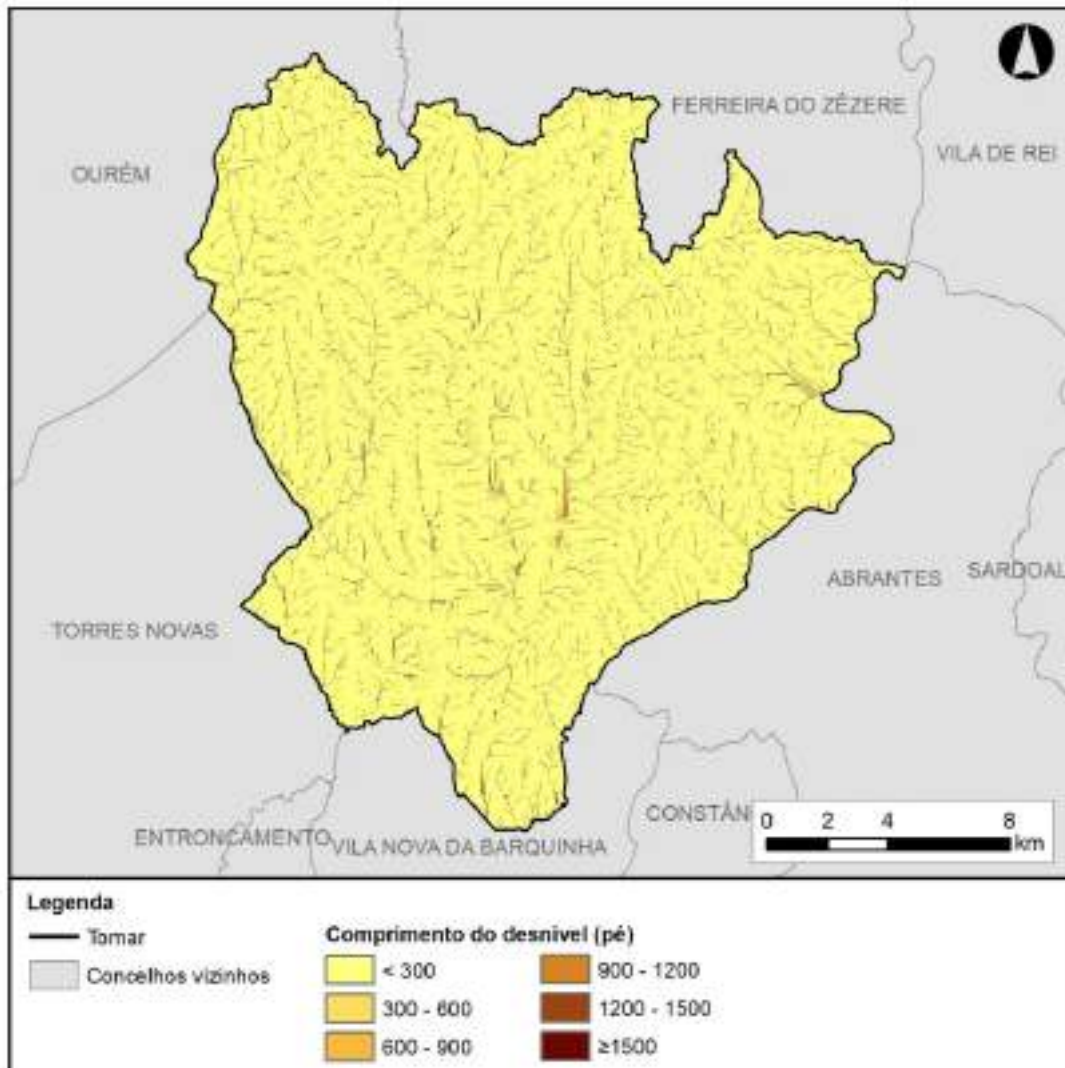


Figura A. 29 - Mapa do Fator Topográfico

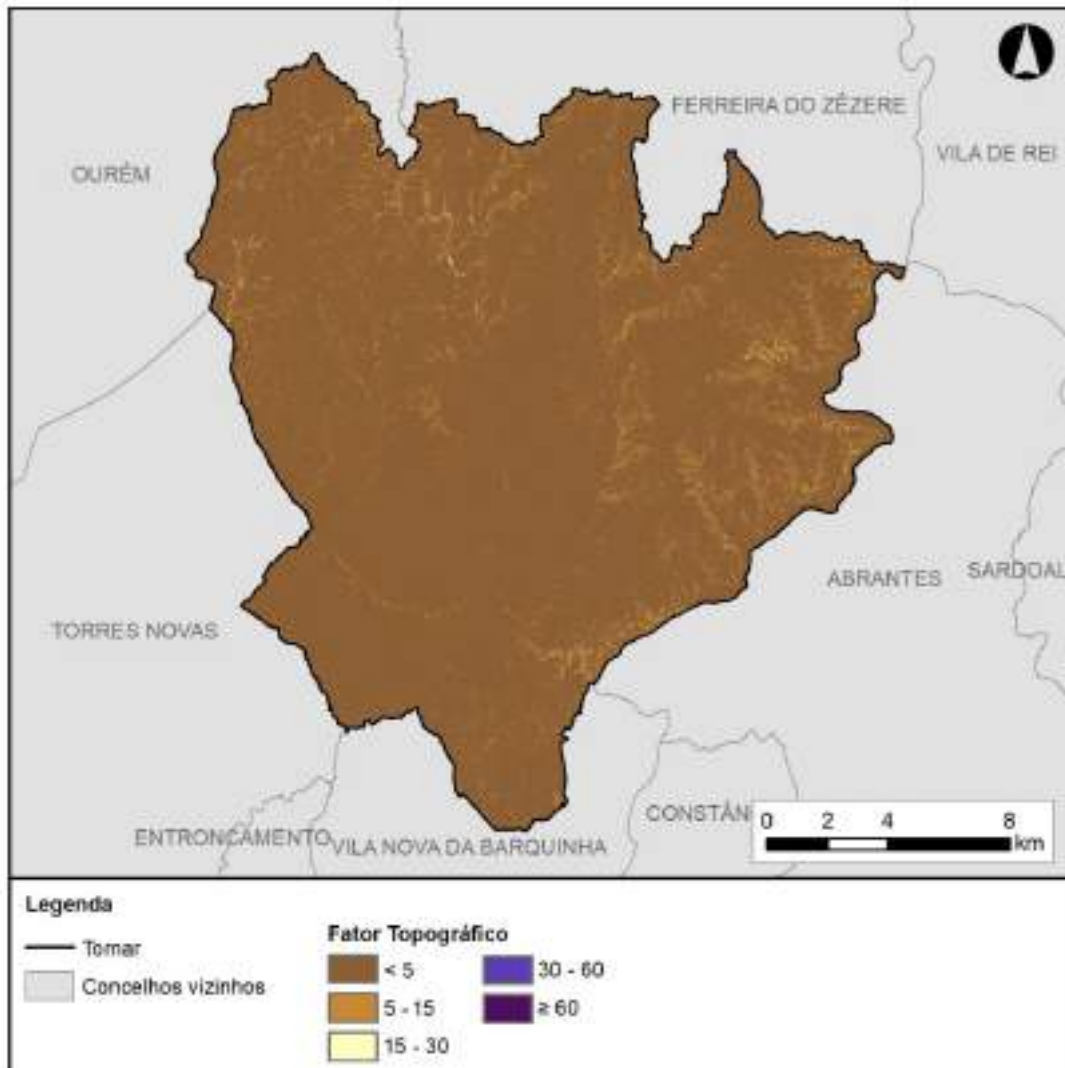


Figura A. 30 - Mapa do Fator K

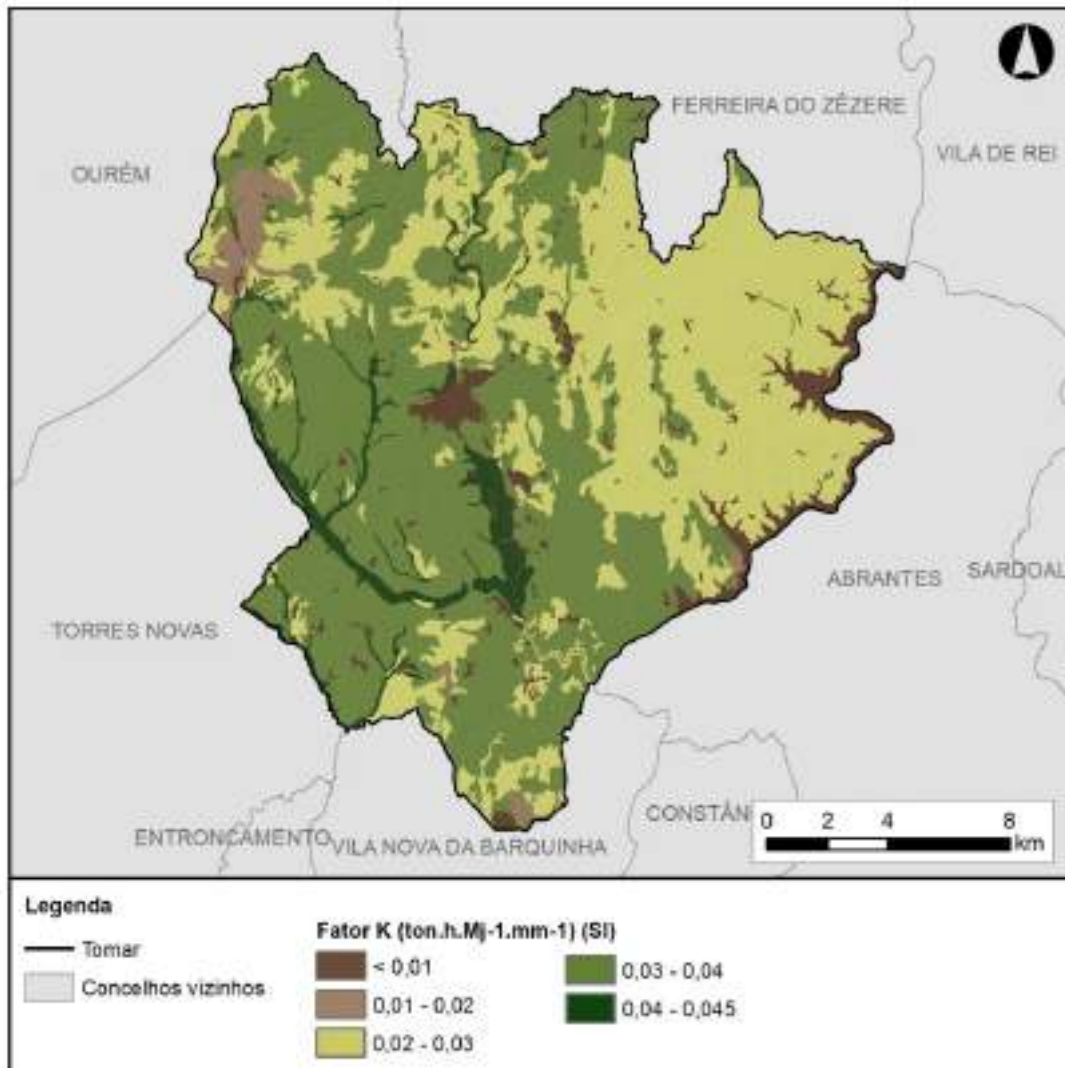


Figura A. 31 - Mapa do Fator R

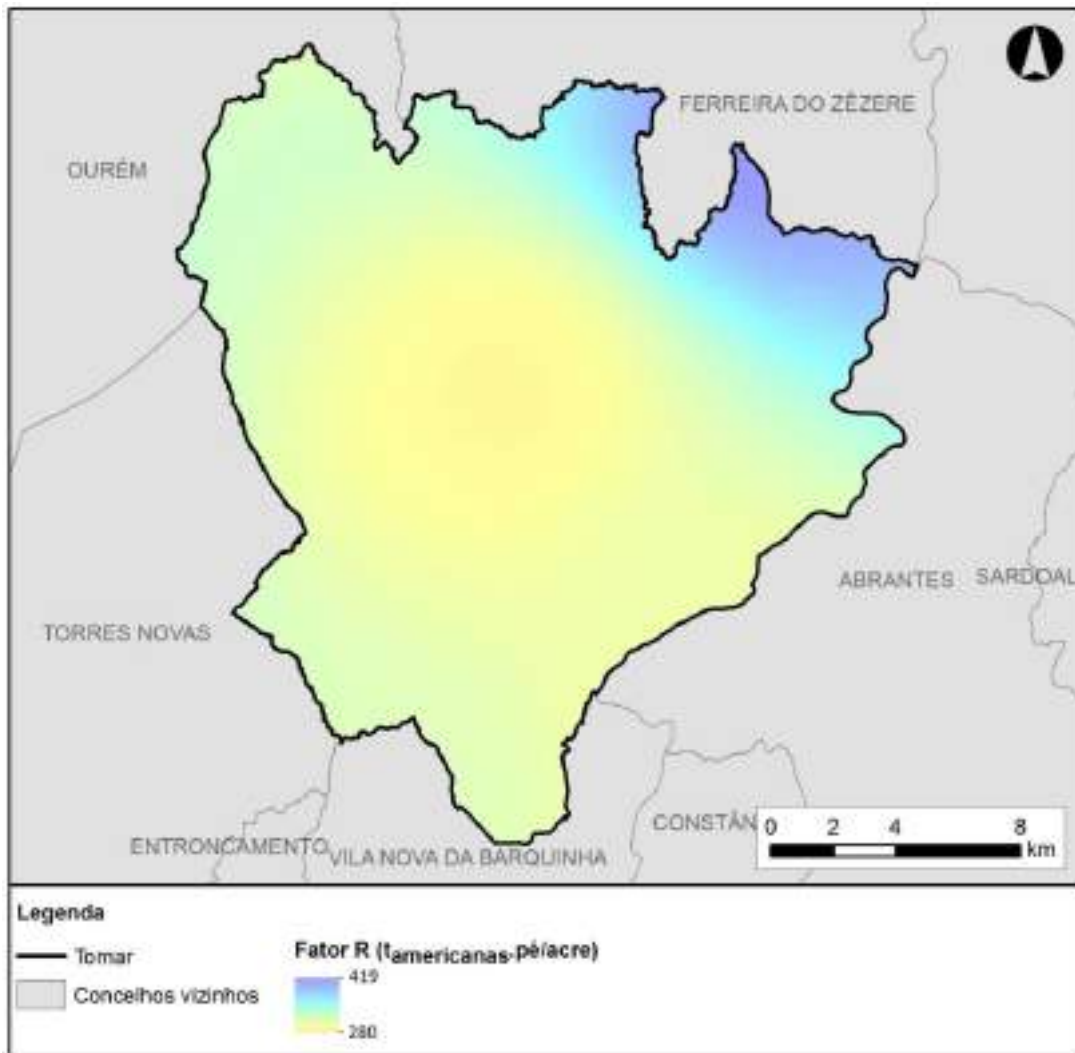


Figura A. 32 - Fluxograma metodológico para o cálculo da erosão potencial do solo (A)

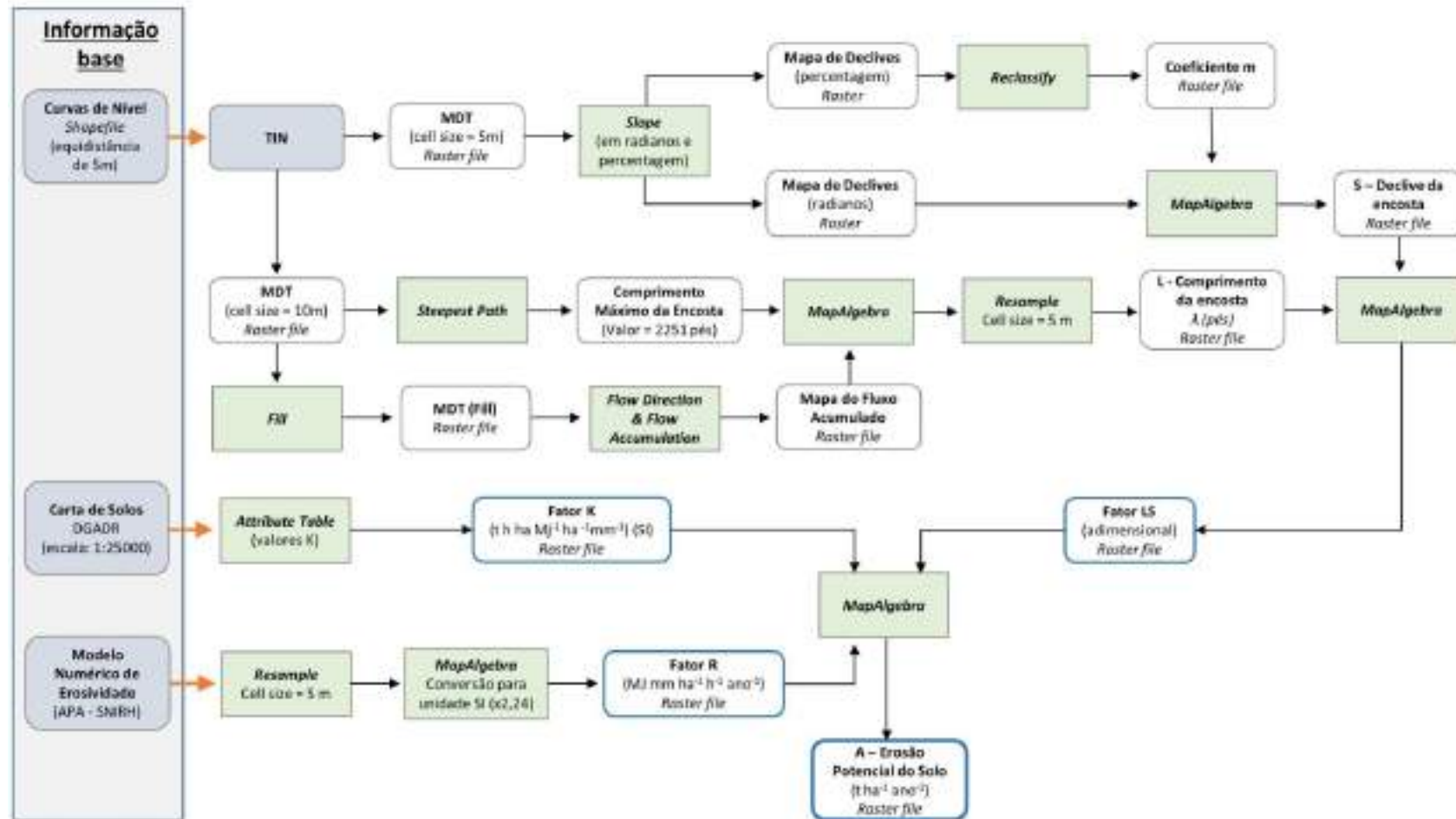


Figura A. 33 - Processo de generalização das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo – PORMENOR 1

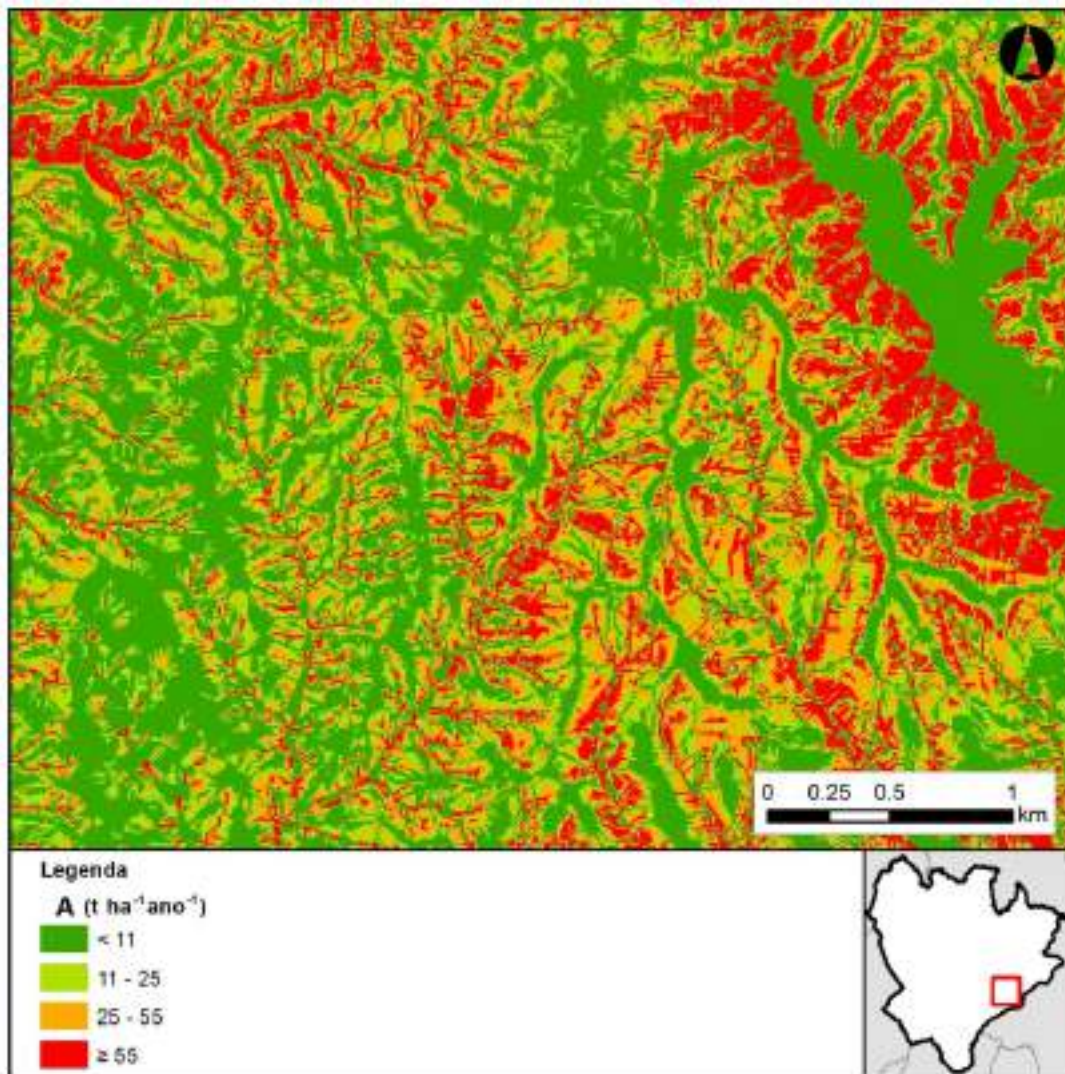


Figura A. 34 - Processo de generalização das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo – PORMENOR 2

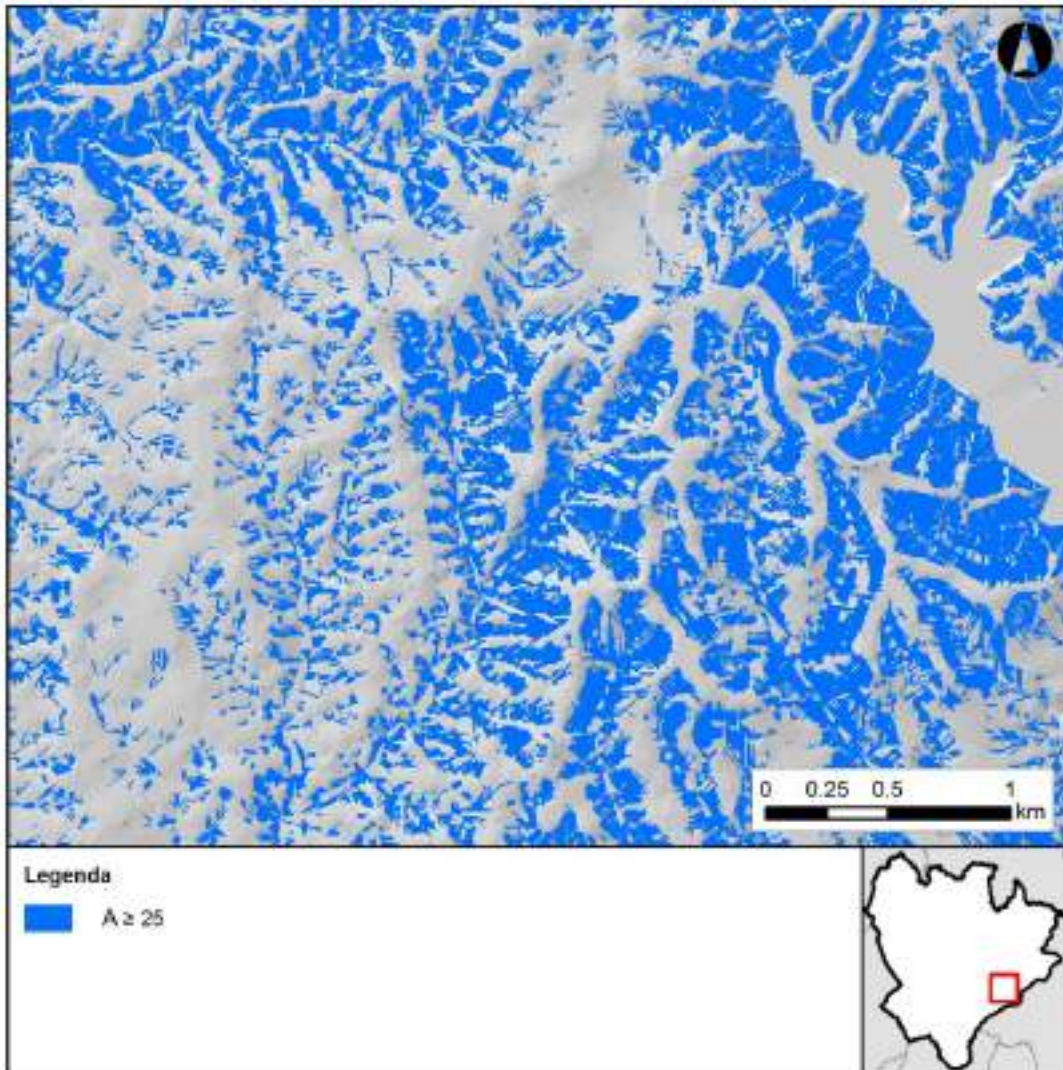


Figura A. 35 - Processo de generalização das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo – PORMENOR 3

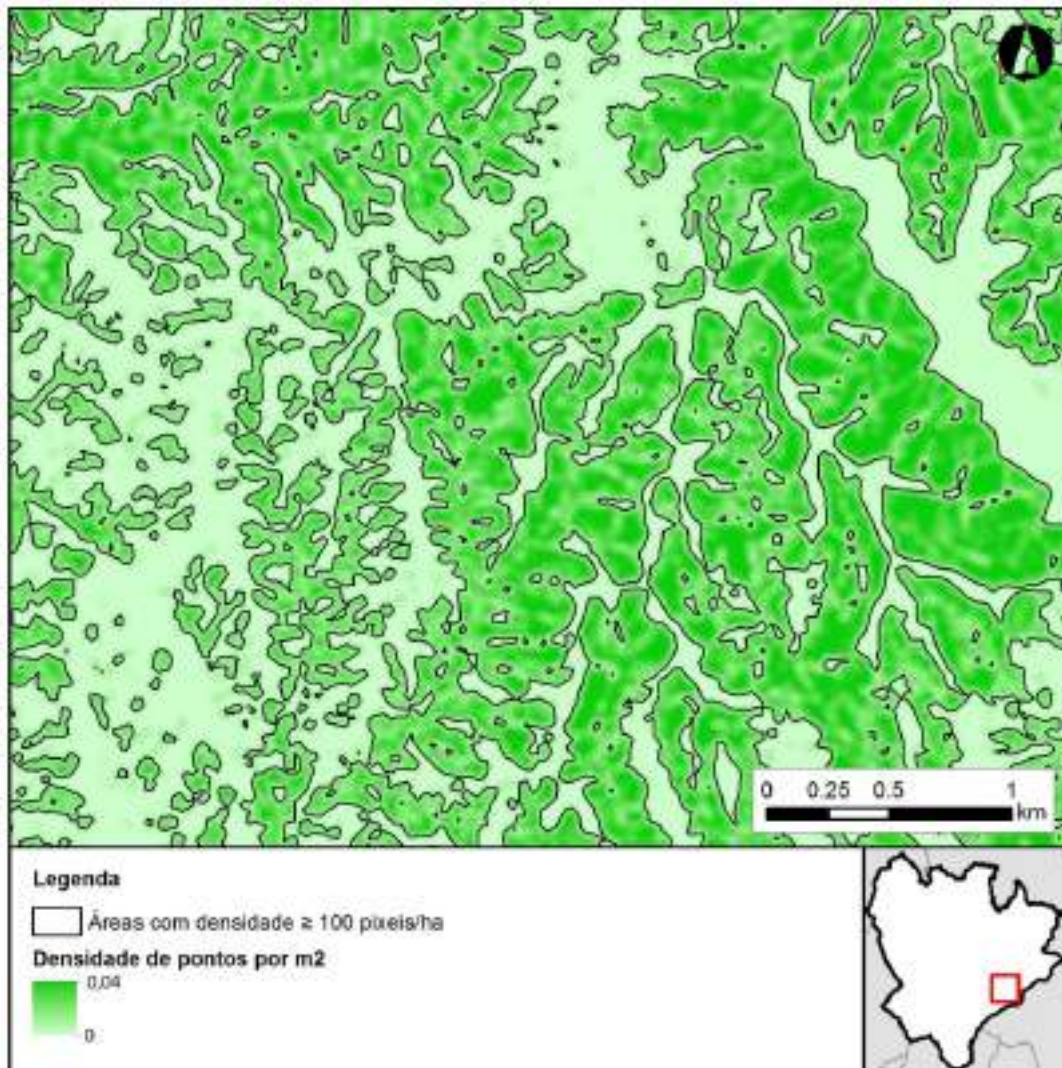


Figura A. 36 - Processo de generalização das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo – PORMENOR 4

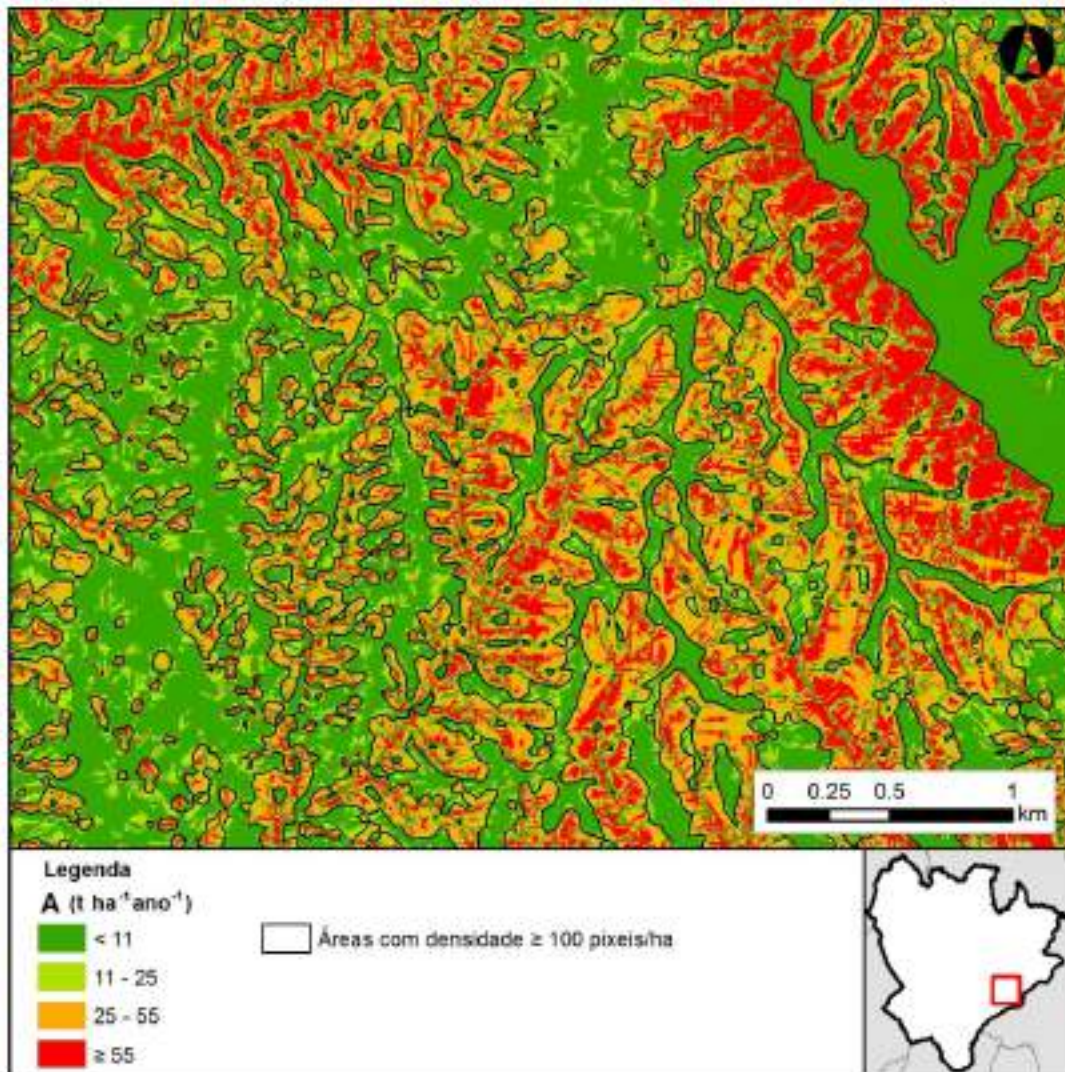


Figura A. 37 - Processo de generalização das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo – PORMENOR 5

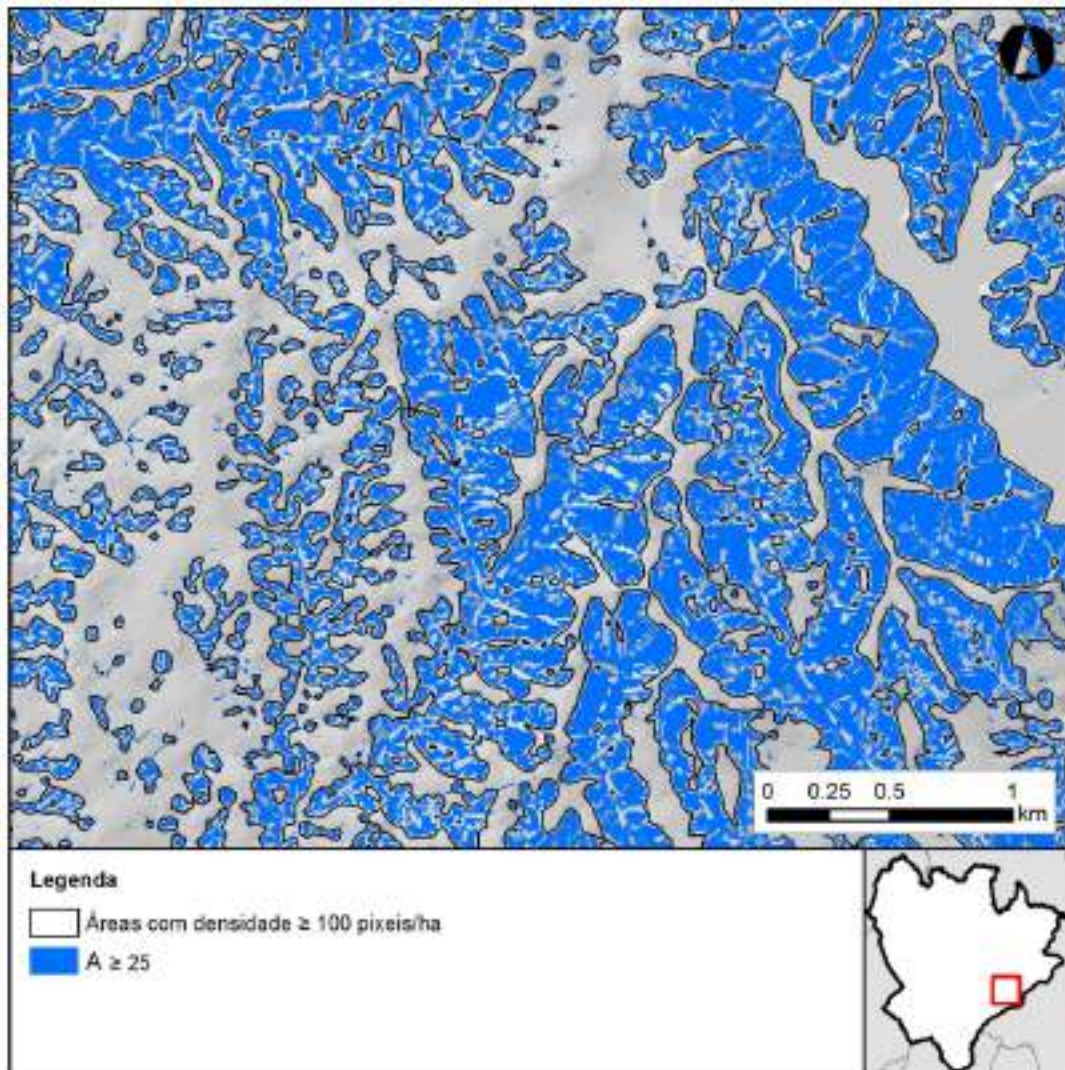


Figura A. 38 - Processo de generalização das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo – PORMENOR 6

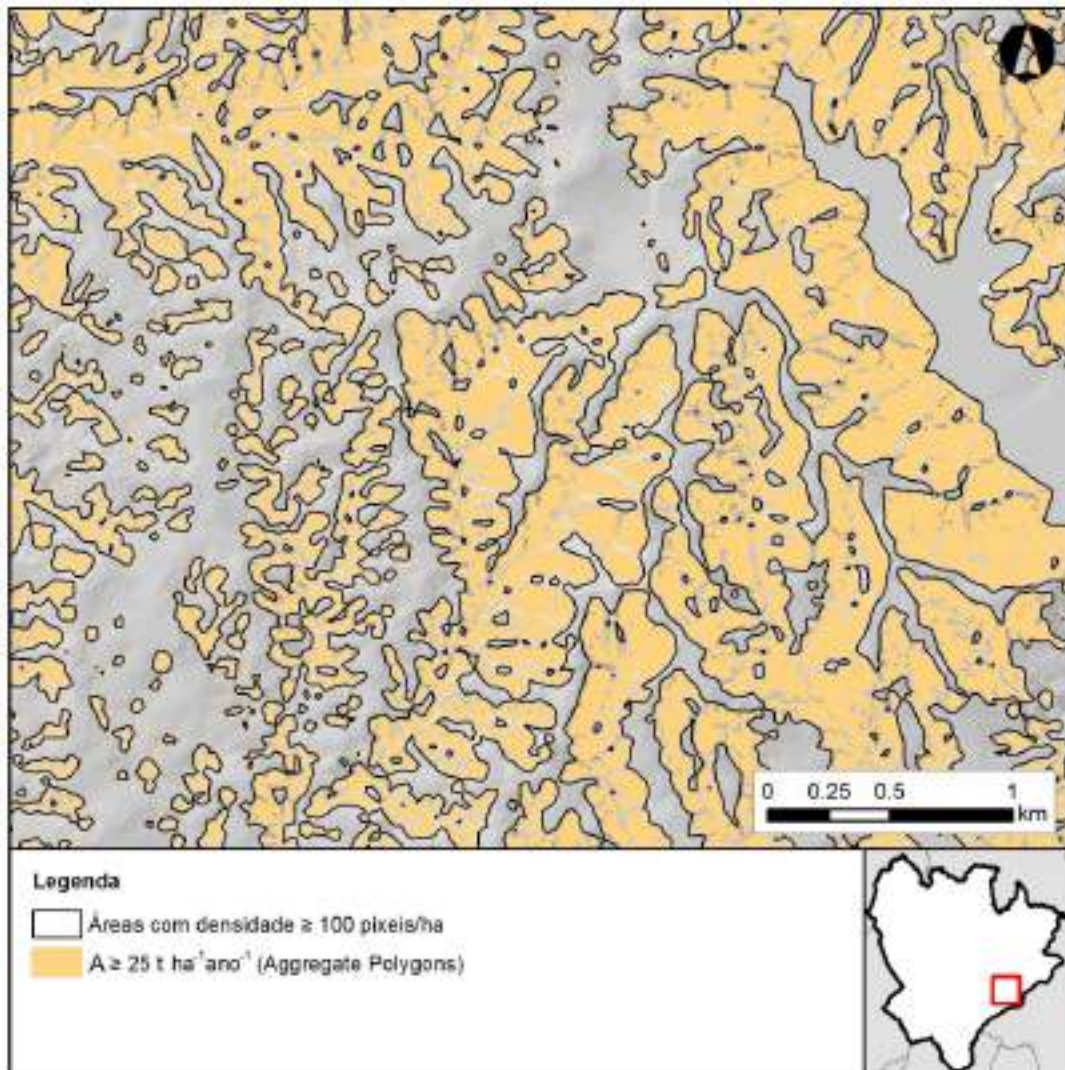
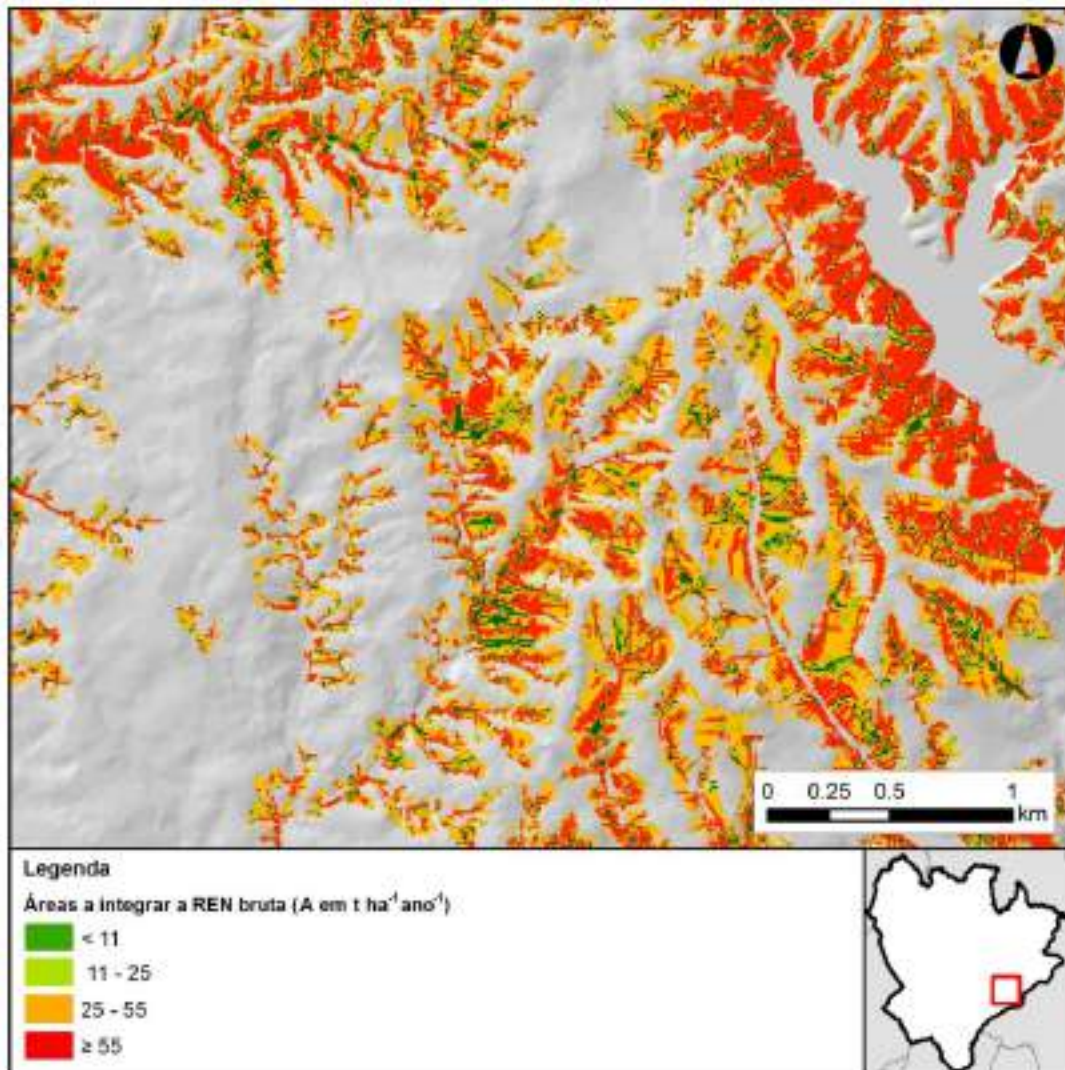


Figura A. 39 - Processo de generalização das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo – PORMENOR 7



Anexo VII - Delimitação das áreas de instabilidade de vertentes

Quadro A. 11 - Descrição geológica e litológica do concelho de Tomar associada a instabilidades de vertentes

Descrição geológica e litológica do concelho de Tomar
<p>Os tipos de movimento de vertente, os fatores condicionantes e os riscos associados são considerados como fenómenos distintos nas 3 unidades morfoestruturais de Portugal Continental (Maciço Antigo, Orlas Mesocenozóicas Ocidental e Bacia Cenozóica do Tejo e Sado) (CCDR-LVT, 2008⁸⁸, Zêzere <i>et al.</i>, 2005⁸⁹). Estas três unidades encontram-se presentes no concelho de Tomar onde encontram as suas fronteiras.</p> <p>As formações do Maciço antigo são constituídas essencialmente por metassedimentos (CCDR-LVT, 2008). É mencionado no PROT-OVT que no caso de vertentes talhadas em xisto, as múltiplas descontinuidades presentes nestas rochas (estratificação, xistosidade e planos de fratura) poderão favorecer a existência de movimentos de deslizamentos planar, mesmo em declives moderados. Refere-se também que na presença de fortes declives, o movimento inicial de deslizamento poderá evoluir para a escoada lamacenta ou de detritos, com velocidades elevadas e grande poder destrutivo (Zêzere <i>et al.</i>, 2006).</p> <p>O PROT-OVT refere que os movimentos de vertentes na Orla Mesocenozóica Ocidental são controlados fundamentalmente pela litologia, estrutura geológica e condições hidrogeológicas, enquanto o declive é um fator secundário. As unidades geológicas que apresentam maior suscetibilidade à ocorrência de instabilidades de vertentes correspondem a: i) sequências de margas, argilas, areias e arenitos do Cretácico superior; ii) sequências de calcários e margas do Cretácico médio; iii) sequências margo-calcárias do Jurássico superior (CCDR-LVT, 2008).</p> <p>Os movimentos de vertentes que ocorrem na Bacia Cenozóica do Tejo e Sado evidenciam uma distribuição relativamente circunscrita, sendo condicionada simultaneamente pelo declive e pela litologia. A unidade geológica que o PROT-OVT refere como tendo maior suscetibilidade à instabilidade de vertentes corresponde aos depósitos continentais miocénicos da área de Santarém, os quais são bastante suscetíveis a deslizamentos superficiais e profundos, que afetam principalmente perfis de alteração, depósitos coluviais e depósitos de antigos movimentos de massa. Nas áreas superiores da vertente, onde o declive é acentuado, ocorrem movimentos por desabamento e balançamento (tombamento) (CCDR-LVT, 2008).</p> <p>A precipitação intensa e concentrada é mencionada pelo PROT-OVT como o grande fator desencadeador dos movimentos de vertentes ocorridos num passado recente na região Oeste e Vale do Tejo. Os tipos de movimentos mais frequentes são os deslizamentos superficiais com evolução para a escoada, e movimentos associados ao trabalho de sapa dos cursos de água. Os deslizamentos rotacionais, translacionais e movimentos complexos com planos de rutura mais profundos também ocorrem, desencadeados por chuvas abundantes e prolongadas no tempo (CCDR-LVT, 2008, Zêzere <i>et al.</i>, 2006).</p>

⁸⁸ CCDR-LVT, 2008. Plano Regional de Ordenamento do Território do Oeste e Vale do Tejo. Relatório Sectorial Riscos e Proteção Civil. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo. Lisboa.

⁸⁹ Zêzere, J.L., Pereira, A.R., Morgado, P., 2005. Perigos naturais e tecnológicos no território de Portugal continental. Atas do X Colóquio Ibérico de Geografia. Associação Portuguesa de Geógrafos. APG. Instituto de Ciências Sociais. ICS. Lisboa.

Quadro A. 12 - Correspondência entre as unidades geológicas da legenda da carta geológica de Portugal e as classes litológicas

Unidade Geológica		Classe litológica
a	Aluviões	Depósitos superficiais
C1A	Cretácico inferior orla ocidental: Grés de Torres Vedras; Grés de Almargem; Arenitos de Carrascal; Grés de Palhaça e de Requeixo	Rochas sedimentares detríticas (grés, conglomerados)
C2	Cretácico médio: Calcários de Barcarena; Calcários com Rudistas; Calcários de Costa d'Arnes; Grés de Furadouro; Calcários de Mamarrosa e Carrajão; Calcários Tentúgal	Rochas sedimentares detríticas (grés, conglomerados)
FA	Conglomerados, arenitos e pelitos de Alcanede e Runa	Rochas sedimentares detríticas (grés, conglomerados)
g	Granitos biotíticos porfiróides	Rochas graníticas e afins
Gz1m	Ortognaisses migmatíticos	Rochas graníticas e afins
J1	Jurássico inferior: Dolomitos de Coimbra; Margas e calcários de Quiaios e de S. Gião; Calcários e margas de Peniche; Calcários e margas de Tomar; Dolomitos, calcários dolomíticos e calcários de Achada	Rochas carbonatadas compactas do Jurássico inferior e médio
J2O	Calcários oolíticos, Calcários e dolomitos do Dogger: Calcários de Sicó (Ançã e Andorinha); Calcários oolíticos de Santo António e Candeeiros; Dolomitos de Cabo de Ares; Calcários com Nerinella e Gervilleia	Rochas carbonatadas compactas do Jurássico inferior e médio
J3	Jurássico superior: Camadas de Alcobaça; Camadas de Amaral; Margas de Abadia; Arcoses de Castanheira; Calcoxistos de Ramalhão; Calcários de S. Pedro; Calcários com A.jaccardi e intercalações de margas e conglomerados; Calcários de Montejunto; Calcário	Rochas carbonatadas compactas do jurássico superior
MP	Areias e argilas de Pombal e Redinha	Rochas sedimentares plásticas (margas, argilas)
MST	Calcários de Santarém e Almoester	Rochas carbonatadas compactas do miocénico superior
MT	Argilas de Tomar	Rochas sedimentares plásticas (margas, argilas)
OQa	Formação do Quartzito Armoricano(Bordo Sudoeste): Sequência ordovícica indiferenciada	Rochas quartzíticas e afins
PAL	Conglomerados de Almeirim	Rochas sedimentares detríticas (grés, conglomerados)
PeA	Xistos cloríticos e moscovíticos (Formação de Arada)	Rochas xistentas
Pem	Micaxistos, gnaisses e migmatitos	Rochas graníticas e afins
Pem*	Gnaisses tonalíticos	Rochas graníticas e afins
PeS	Xistos, grauvaques, chertes negros e vulcanitos ácidos	Rochas xistentas
PU	Arenitos de Ulme	Depósitos superficiais
Q	Terraços, Areias e Cascalheiras	Depósitos superficiais
TJ	Formações de Dagorda, Pereiros e Grés de Silves	Rochas sedimentares detríticas (grés, conglomerados)

Figura A. 40 - Movimentos de vertente no concelho de Tomar

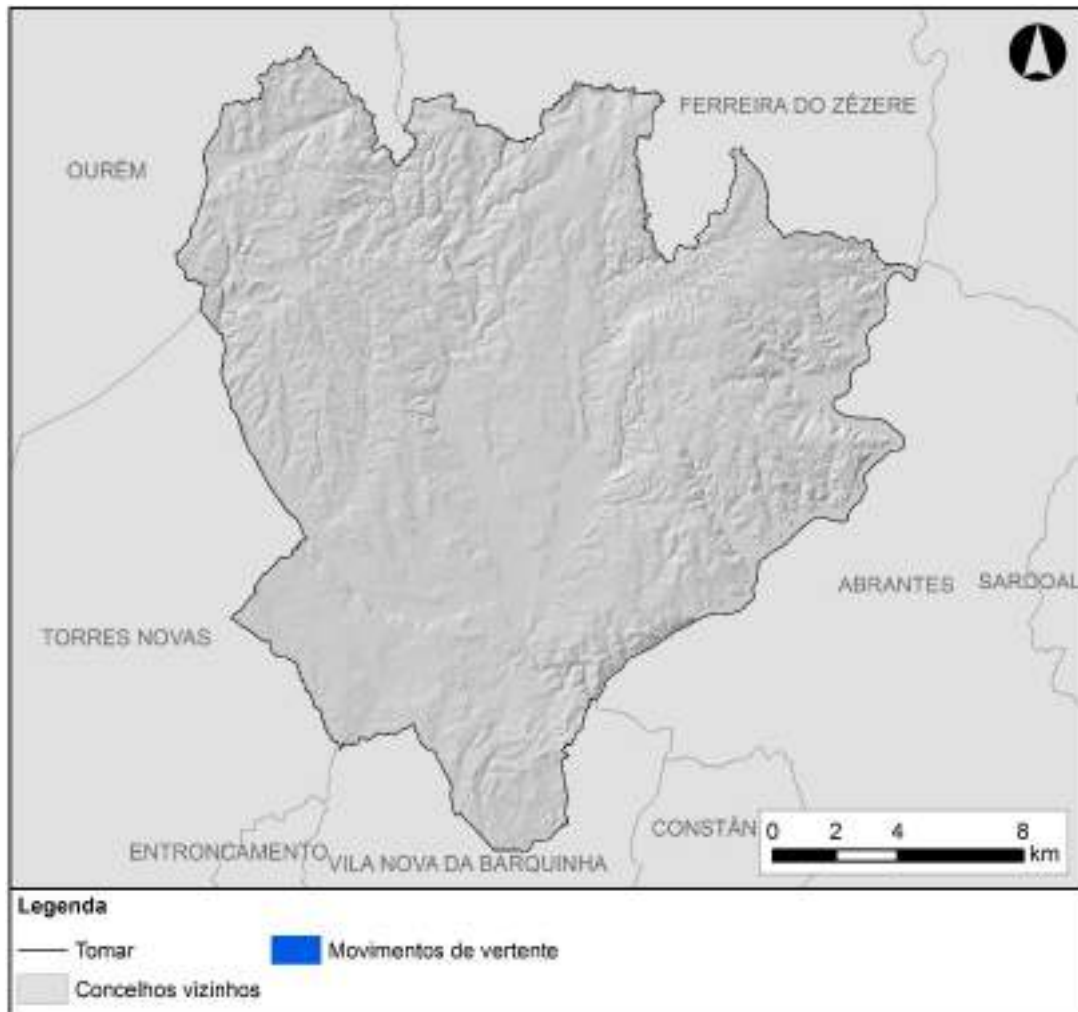


Figura A. 41 - Mapa de suscetibilidade a movimentos de vertente não-classificado

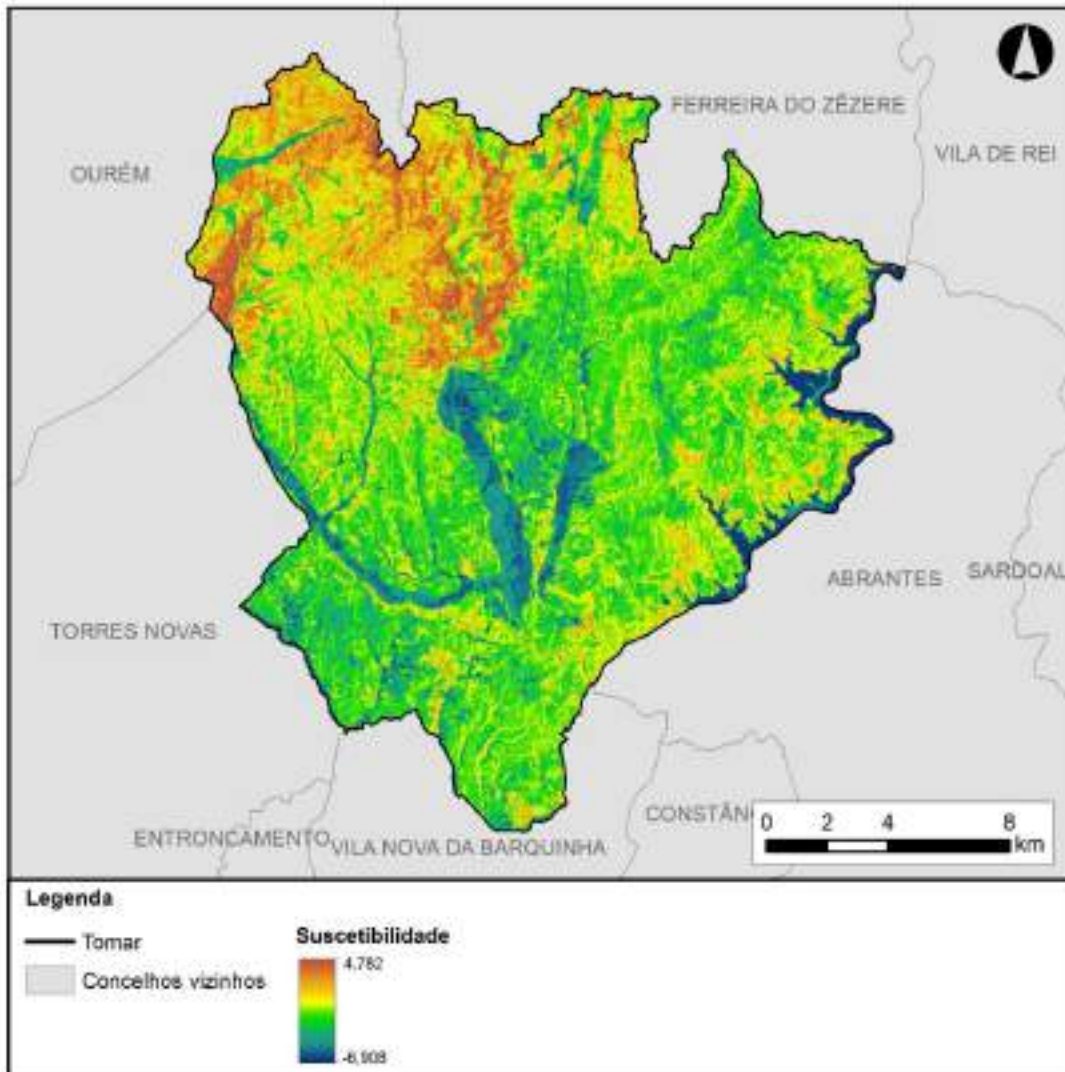


Figura A. 42 - Fluxograma metodológico para a determinação das “áreas de instabilidade de vertentes” associado aos movimentos de vertente

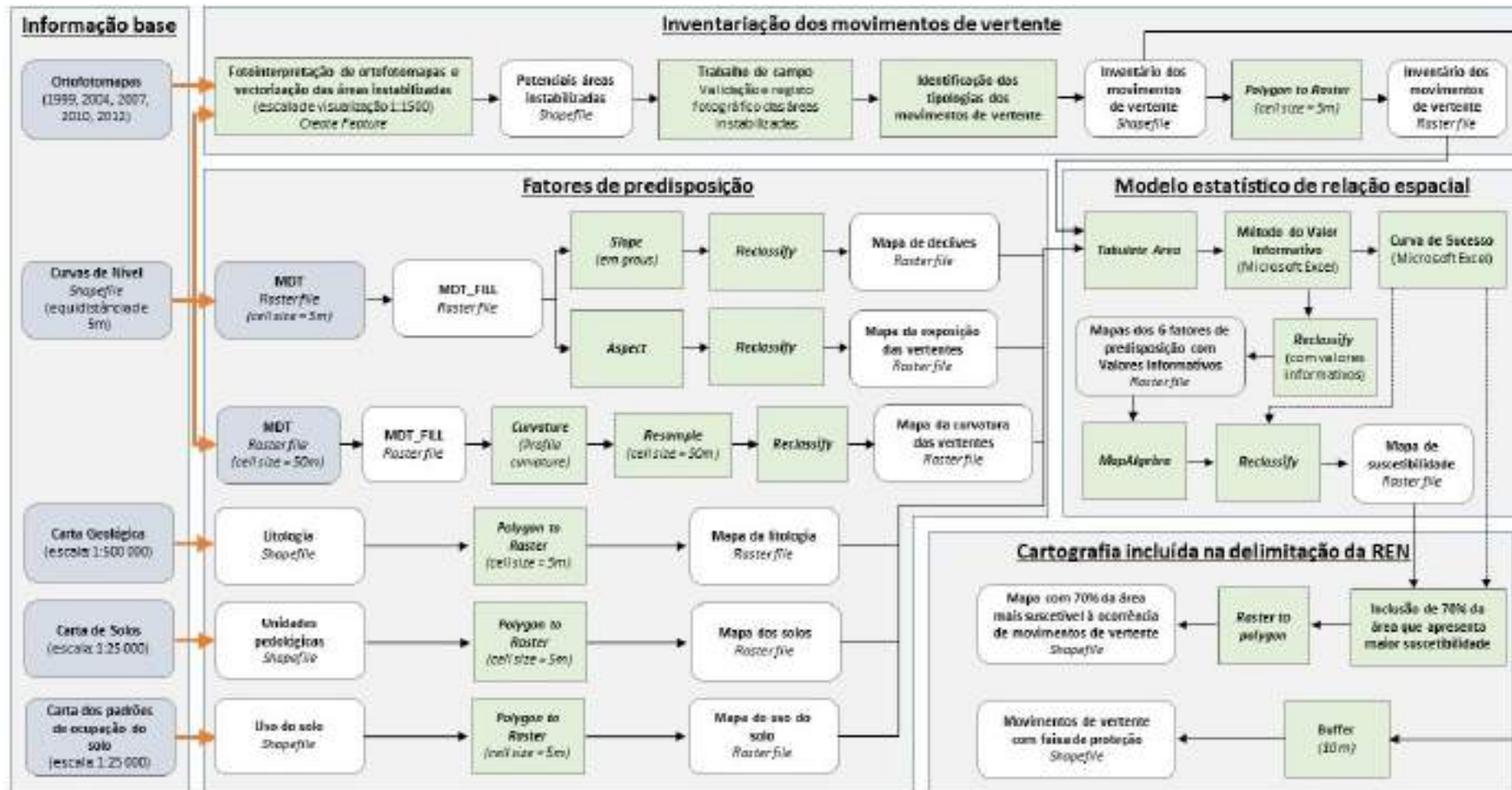


Figura A. 43 - Escarpas naturais – Área em pormenor

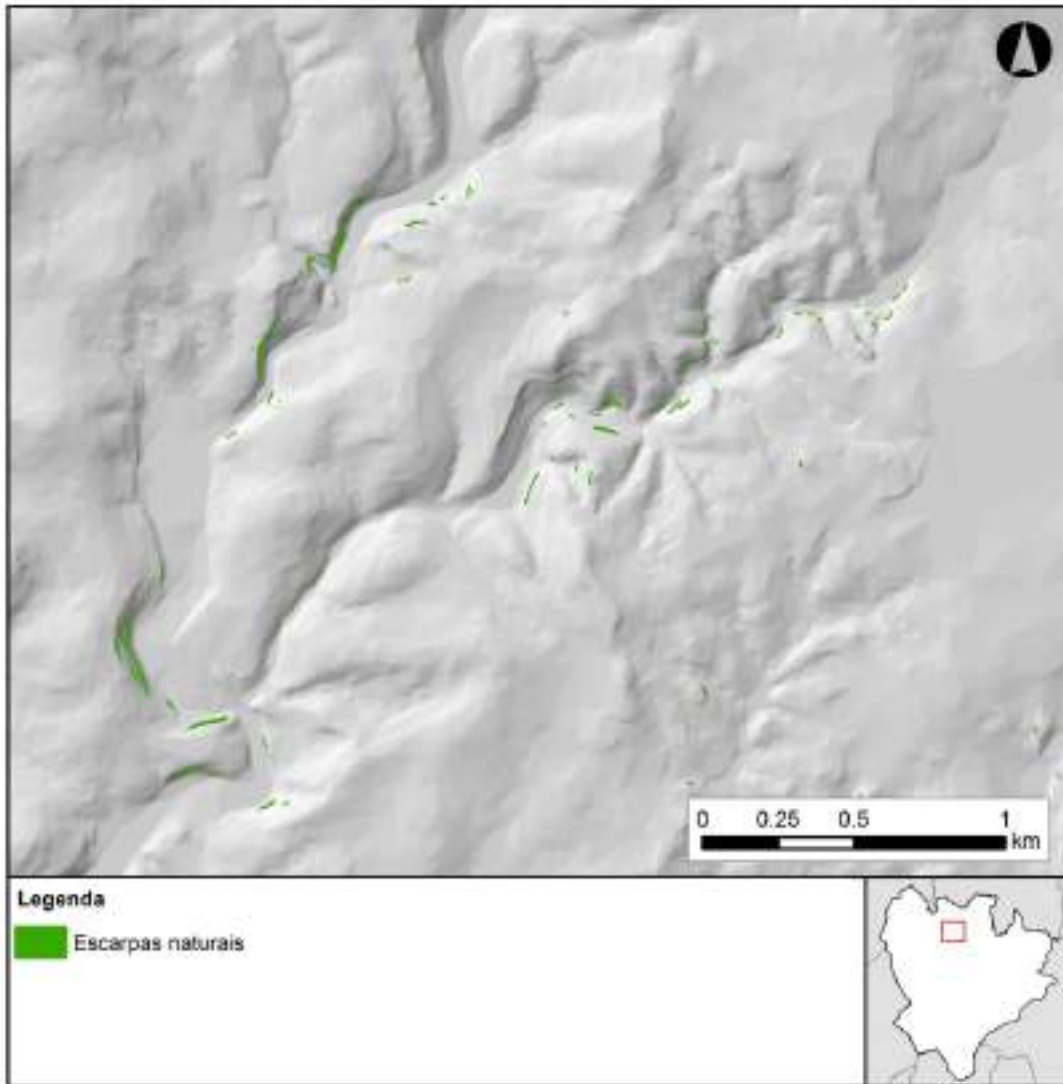


Figura A. 44 - Escarpas naturais com área superior a 100m² – Área em pormenor

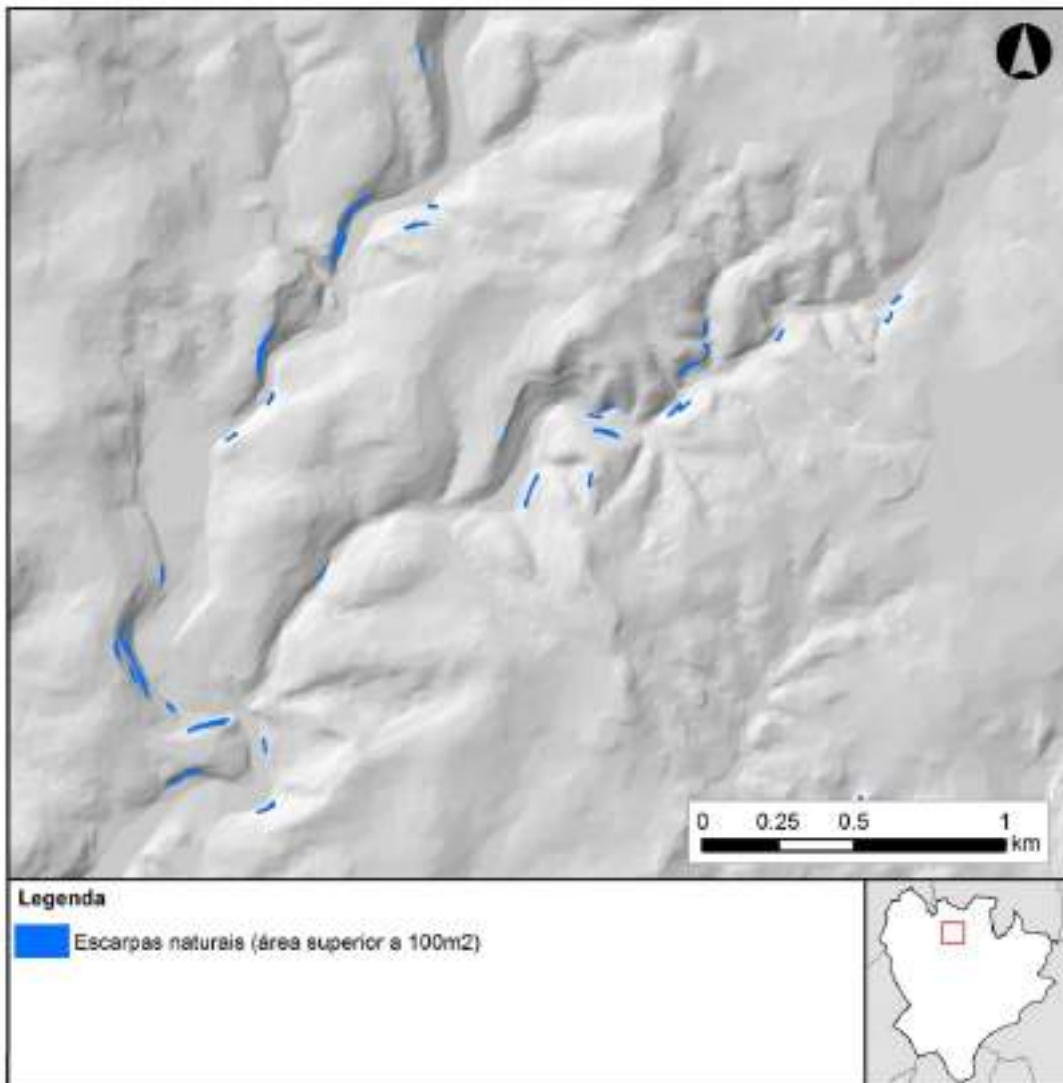


Figura A. 45 - Escarpas naturais com área superior a 200m²– Área em pormenor

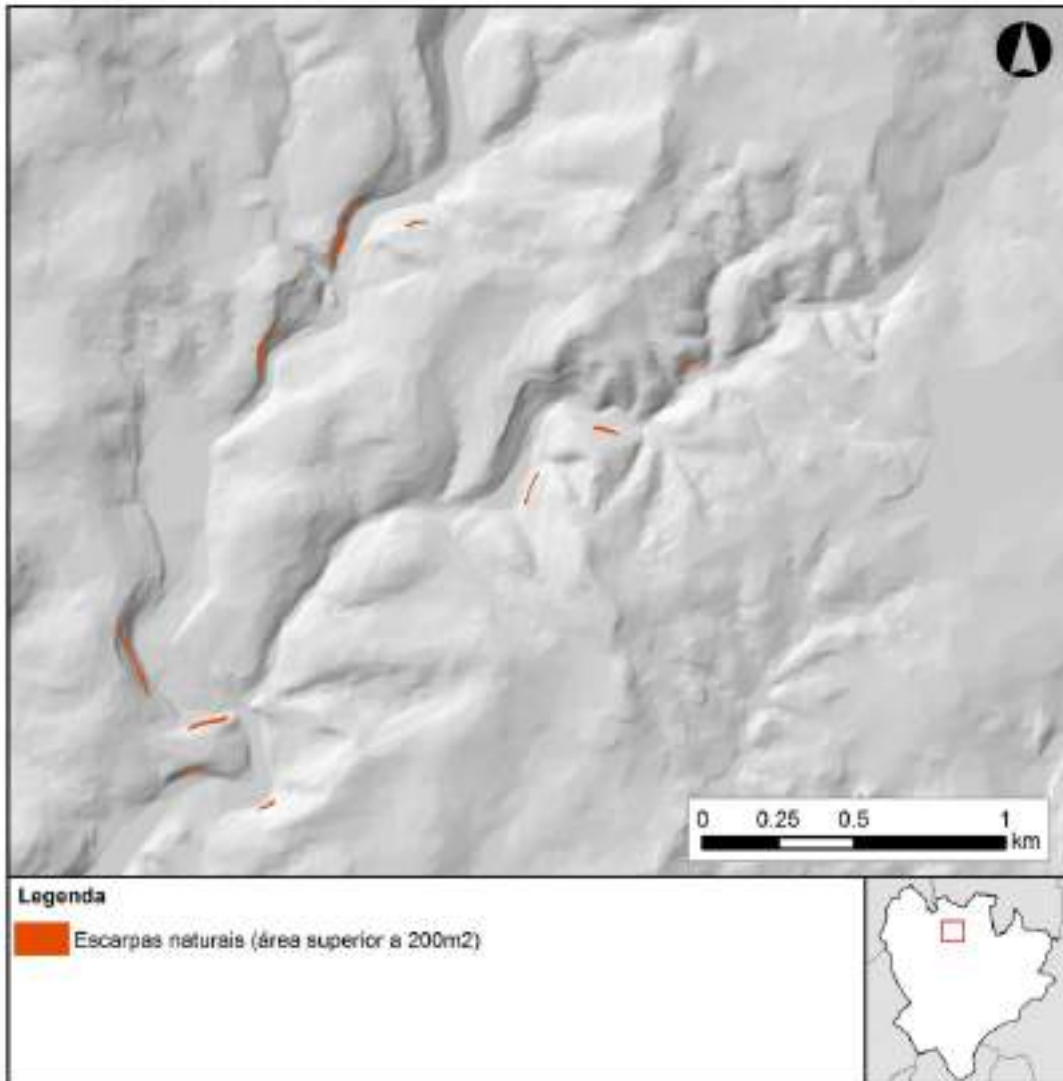


Figura A. 46 - Escarpas naturais e respetivas faixas de proteção – Área em pormenor

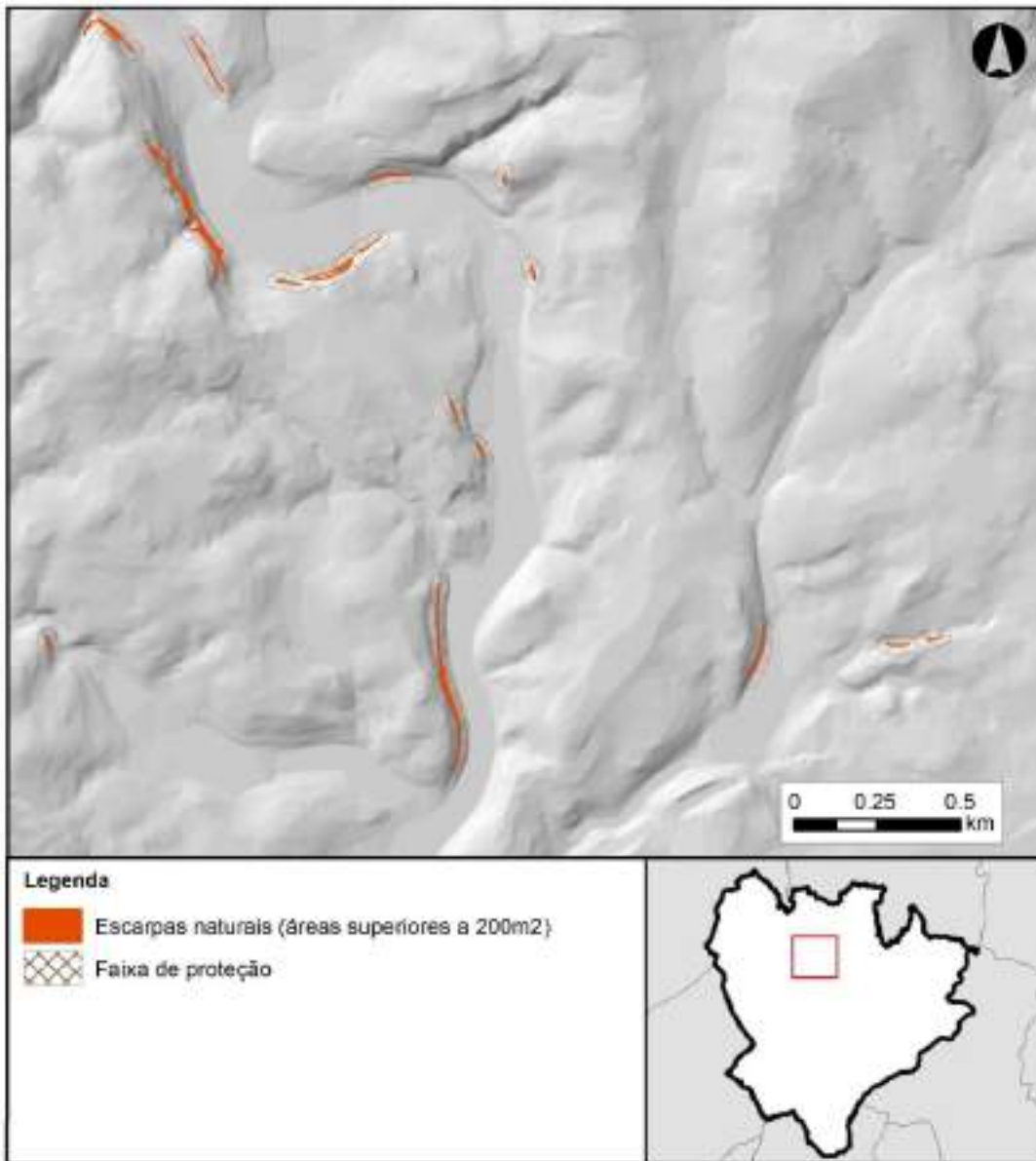


Figura A. 47 - Território abrangido por 70% das áreas mais suscetíveis à ocorrência de movimentos de vertente

