

Universidade de Lisboa

Instituto de Geografia e Ordenamento do Território



**Avaliação da suscetibilidade à Erosão Hídrica e a Movimentos
de Vertentes no concelho de Ourém**

DAVID ANTÓNIO RODRIGUES PULQUÉRIO

Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Modelação Territorial
Aplicados ao Ordenamento

2015

Universidade de Lisboa

Instituto de Geografia e Ordenamento do Território



**Avaliação da suscetibilidade à Erosão Hídrica e a Movimentos
de Vertentes no concelho de Ourém**

DAVID ANTÓNIO RODRIGUES PULQUÉRIO

Relatório de Estágio orientado
pelo Prof. Doutor Eusébio Joaquim Marques dos Reis

Estágio realizado na C. M. de Ourém – Divisão de
Planeamento e Ordenamento do Território

Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Modelação Territorial
Aplicados ao Ordenamento

2015

RESUMO

A Resolução do Conselho de Ministros n.º 81/2012, de 3 de Outubro de 2012, corrigida pela Declaração de Retificação n.º 71/2012 aprovou as orientações estratégicas de delimitação das áreas a integrar na Reserva Ecológica Nacional quer a nível municipal quer regional.

Este relatório é referente a um estágio realizado na Divisão de Planeamento e Ordenamento do Território da Câmara Municipal de Ourém e descreve a aplicação das orientações estratégicas relativas à dinâmica de vertentes (áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo e áreas de instabilidade de vertentes) no âmbito da delimitação da Reserva Ecológica Nacional do concelho de Ourém.

A Declaração de Retificação n.º 71/2012 dita que a identificação das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo se obtém a partir do cálculo da Perda de Solo Específico (PSE). A delimitação das áreas de instabilidade de vertentes deve ser determinada através da aplicação do Método do Valor Informativo.

De modo a obter a PSE, foi necessário aplicar a Equação Universal de Perda do Solo (EUPS) e a Razão de Cedência dos Sedimentos (SDR). Apesar de a EUPS determinar a erosão específica do solo, optou-se por calcular apenas a erosão potencial do solo, ou seja, os fatores C e P (ocupação do solo e antrópico) mantiveram-se constantes (valor 1).

De modo a aplicar o método do Valor Informativo foi realizado um inventário de potenciais movimentos de massa (desabamentos, escoadas e desabamentos), recorrendo à interpretação de ortofotos, validados posteriormente no terreno. No caso concreto do concelho de Ourém, os movimentos existentes correspondem essencialmente a deslizamentos.

Denotou-se que as condicionantes associadas aos diferentes movimentos de vertente não eram sempre as mesmas, nomeadamente no que refere à distância dos movimentos às linhas de água. Optou-se por realizar duas cartas de susceptibilidade diferentes, validadas pela Taxa de sucesso.

As metodologias acima referidas foram posteriormente comparadas com as metodologias definidas no Quadro de Referência Regional da Reserva Ecológica Nacional do Oeste e Vale do Tejo: Monturiol (erosão hídrica do solo) e limites críticos (movimentos de vertente).

PALAVRAS-CHAVE: Reserva Ecológica Nacional; Erosão hídrica; EUPS; Deslizamentos; Valor Informativo; concelho de Ourém; Sistemas de Informação Geográfica.

ABSTRACT

The Council of Ministers' Resolution no. 81/2012 of October 3, corrected by the Rectification Statement no. 71/2012, approved the strategic orientations that define which areas integrate the National Ecological Reserve (REN) at municipal and regional level.

This master report was elaborated during a professional internship that took place at the Planning and Land Management Division of Ourém Municipality, and describes the strategic orientations applied to the slope dynamics (high erosion risk areas and landslide instability areas), in order to delimit the National Ecological Reserve of Ourém Municipality.

The Rectification Statement no. 71/2012 says that the high erosion risk areas are determined by calculating the Specific Soil Loss. For the landslide instability areas delimitation the Information Value Method should be used.

To calculate the Specific Soil Loss, it's necessary to use the Universal Soil Loss Equation (USLE) and determine the Sediment Delivery Ratio (SDR). USLE determines the specific soil erosion, but a constant value of 1 was assigned to the cropping management factors (C and P), so only the potential soil erosion was calculated.

A potential landslides (falls, slides and flows) inventory was made recurring to orthophoto interpretation and field work validation. The large majority of landslides occurring in Ourém municipally correspond to slides.

It was identified that the predisposing factors associated to the different landslides were not always the same, especially the distance of the landslides to the water lines factor. It was decided to elaborate two different susceptibility maps validated by the Success rate.

The methods referred before were after compared with methods present in the "National Ecological Reserve Regional Reference board for the Tagus Valley and West": Monturiol Method (high erosion risk areas) and Critical Thresholds (landslides).

KEYWORDS: Ecological National Reserve; Soil erosion; RUSLE; Landslides; Information Value; Ourém municipality; Geographic Information Systems.

Índice

RESUMO.....	i
ABSTRACT	ii
Índice	iii
Índice de Figuras	iv
Índice de Quadros	vi
Introdução	1
1 Reserva Ecológica Nacional.....	3
1.1 Reserva Ecológica Nacional publicada para o município de Ourém	5
2 Enquadramento e caracterização do concelho de Ourém	9
2.1 Geomorfologia.....	10
2.2 Geologia	17
2.3 Solos	23
2.4 Ocupação do solo	26
3 Conceitos associados à Dinâmica de Vertentes.....	31
3.1 Movimentos de massa em vertentes.....	31
3.1.1 Tipologia	31
3.1.2 Fatores de predisposição, condicionantes, preparatórios e desencadeantes	34
3.2 Erosão Hídrica do solo	37
3.3 Componentes do risco geomorfológico.....	39
4 Suscetibilidade a movimentos de massa em vertentes	41
4.1 Inventário dos movimentos de vertente	41
4.2 Condicionantes físicas.....	48
4.3 Método do Valor Informativo	52
4.3.1 Validação dos resultados da análise de suscetibilidade	58
4.4 Suscetibilidade aos movimentos de vertente CCDR – LVT	66
4.5 Comparação de Resultados.....	70
5 Suscetibilidade à Erosão Hídrica do Solo	73
5.1 Equação Universal de Perda de Solo (EUPS).....	73
5.1.1 Fator de Erosividade (R)	74
5.1.2 Fator Erodibilidade (K)	76
5.1.3 Fator Topográfico (LS)	79
5.1.4 Erosão específica do solo (A).....	85
5.2 Perda de Solo Específico (Pse) e Razão de Cedência dos Sedimentos (SDR).....	87
5.2.1 Razão de Cedência dos Sedimentos (SDR)	87
5.2.2 Perda de Solo Específico (Pse).....	88
5.3 Delimitação das classes de Erosão Hídrica (Monturiol)	91

5.4	Comparação de Resultados.....	96
6	Conclusão	99

Índice de Figuras

Figura 1:	REN aprovada pela Resolução de Conselho de Ministros: norte (A) e sul (B).	6
Figura 2:	REN publicada (abril de 2007) referente a áreas de com risco de erosão.	8
Figura 3:	Enquadramento do concelho de Ourém e respetivas freguesias.	9
Figura 4:	Altitude (m) no concelho de Ourém.....	12
Figura 5:	Declives (graus) no Concelho de Ourém.....	13
Figura 6:	Exposições (octantes) no concelho de Ourém.....	14
Figura 7:	Unidades geomorfológicas principais no concelho de Ourém.	15
Figura 8:	Bacias hidrográficas presentes no concelho de Ourém.	16
Figura 9:	Formações geológicas do concelho de Ourém (ver significado das siglas no Quadro 6).	20
Figura 10:	Litologia no concelho de Ourém.....	22
Figura 11:	Tipos de solo dominantes presentes no concelho de Ourém.	25
Figura 12:	Ocupação do solo no concelho de Ourém.	28
Figura 13:	Deslizamentos: rotacional (A) e translacional (B).	33
Figura 14:	Os factores dos movimentos de vertente.	35
Figura 15:	Componentes do modelo de risco.	40
Figura 16:	Exemplo de deslizamentos translacionais observados no ortofoto.	42
Figura 17:	Inventário de movimentos de vertente (pontos) no concelho de Ourém obtido através de ortofotointerpretação.	43
Figura 18:	Fracturação paralela à via (Espite).	44
Figura 19:	Inclinação de árvores (Espite).	44
Figura 20:	Deslizamentos rotacionais (Espite).	44
Figura 21:	Deslizamentos rotacionais (Matas).	44
Figura 22:	Sistema ravinar (Aldeia de Santa Teresa, Freixianda).	45
Figura 23:	Sistema ravinar (Brejoeira, Seiça).	45
Figura 24:	Deslizamentos translacionais (Óbidos, Olival).	45
Figura 25:	Deslizamentos associados à proximidade de linhas de água (as setas azuis indicam a localização do curso de água): (A) Laranjeiras, N.S. Misericórdias; (B) Junqueira, Freixianda; (C) Arneiro, Freixianda; (D) Cardal, Freixianda.....	46
Figura 26:	Distribuição espacial dos dois grupos de deslizamentos no concelho de Ourém, após validação através de trabalho de campo.	47
Figura 27:	Curvatura transversal das vertentes no concelho de Ourém.....	50
Figura 28:	Distância às linhas de água no concelho de Ourém.	51

Figura 29: Definição gráfica de uma curva de sucesso ou de predição.....	59
Figura 30: Curva de sucesso do modelo de suscetibilidade à ocorrência de movimentos de vertente (de acordo com o método do Valor Informativo) associados a linhas de água, no concelho de Ourém.	61
Figura 31: Curva de sucesso do modelo de susceptibilidade à ocorrência de movimentos de vertente (de acordo com o método do Valor Informativo) não associados a linhas de água, no concelho de Ourém.	61
Figura 32: Suscetibilidade a deslizamentos associados a linhas de água, no concelho de Ourém.....	63
Figura 33: Susceptibilidade a movimentos de vertente não associados a linhas de água no concelho de Ourém.	64
Figura 34: Áreas a integrar na REN do concelho de Ourém, correspondentes às classes de suscetibilidade elevada e muito elevada à ocorrência de deslizamentos.	66
Figura 35: Suscetibilidade a movimentos de vertente no concelho de Ourém, segundo a CCDR-LVT (em Ramos <i>et al.</i> , 2009).....	69
Figura 36: Comparação entre os resultados obtidos através do método do Valor Informativo (VI) e através do método definido em CCDR-LVT (2009), no concelho de Ourém.	71
Figura 37: Fator R no concelho de Ourém.	75
Figura 38: Áreas sociais no concelho de Ourém.	78
Figura 39: Parâmetro K no concelho de Ourém.....	79
Figura 40: Comprimento da vertente (em pés) no concelho de Ourém.	81
Figura 41: Expoente m , dependente do declive no concelho de Ourém.	83
Figura 42: Fator LS no concelho de Ourém.	85
Figura 43: Erosão específica do solo (A) no concelho de Ourém.	86
Figura 44: Razão de Cedência dos Sedimentos (SDR) no concelho de Ourém.....	88
Figura 45: Perda de solo efetiva (Pse) no concelho de Ourém.	89
Figura 46: Áreas com características de REN no concelho de Ourém.....	91
Figura 47: Declives, em percentagem, classificados segundo os limiares definidos em Ramos <i>et al.</i> (2009), no concelho de Ourém.....	93
Figura 48: Erodibilidade reclassificada segundo os limiares definidos pela “Ramos et al” (2009) no concelho de Ourém.	94
Figura 49: Suscetibilidade elevada e muito elevada à erosão hídrica, com base no método definido pela CCDR-LVT (Ramos <i>et al.</i> , 2009), no concelho de Ourém.....	95
Figura 50: Comparação entre as áreas a integrar em REN segundo a metodologias definidas pela CCDR (Ramos <i>et al.</i> , 2009) e pelo DR, 1. ^a série – N.º 232, de 30 de novembro de 2012 (EUPS).	98
Figura 51: Comparação entre tipologias das áreas a integrar em REN.....	100

Índice de Quadros

Quadro 1: Frequência das classes de altitude no concelho de Ourém.....	12
Quadro 2: Frequência classes de declives (graus) no concelho de Ourém.	13
Quadro 3: Frequência das classes de exposições no concelho de Ourém.	14
Quadro 4: Frequência das unidades geomorfológicas principais no concelho de Ourém.....	15
Quadro 5: Bacias hidrográficas presentes no Concelho de Ourém.	17
Quadro 6: Formações geológicas no concelho de Ourém.	21
Quadro 7: Litologia no concelho de Ourém.	23
Quadro 8: Frequência dos tipos de solo no concelho de Ourém.....	26
Quadro 9: Ocupação do solo no concelho de Ourém.	29
Quadro 10: Classificação dos deslizamentos (adaptado de Dikau <i>et al.</i> , 1996; Zêzere, 2005).	32
Quadro 11: Número de deslizamentos de vertente por grupo delimitado no concelho de Ourém.	48
Quadro 12: Classe dos fatores físicos.	52
Quadro 13: Valor informativo para cada classe, referente a deslizamentos associados à presença de linhas de água (N = 16718351 células e S=1370 células).	53
Quadro 14: Valor Informativo para cada classe, referente a deslizamentos não associados à presença de linhas de água (N = 16718351 células e S = 1370 células).	55
Quadro 15: Classes de susceptibilidade aos deslizamentos	62
Quadro 16: Limiares críticos de declive considerados na identificação das áreas de instabilidade de vertentes no concelho de Ourém, de acordo com CCDR-LVT (Ramos e tal.,2009).	67
Quadro 17: Reclassificação da geologia de acordo com os critérios da CCDR-LVT em Ramos e tal. (2009).	68
Quadro 18: Classificação da perda do solo associada a risco de erosão hídrica.	73
Quadro 19: Valor de m em função do declive.	82
Quadro 20: Frequência relativa das classes de A no concelho de Ourém.	86
Quadro 21: Classes de Pse.	89
Quadro 22: Classificação qualitativa da perda de solo associada a um risco de erosão hídrica (extraído de D.R. n.º 71/2012 de 3 de Outubro).	90
Quadro 23: Critérios de base da delimitação das classes de Erosão Hídrica (Ramos <i>et al.</i> , 2009).....	92
Quadro 24: Comparação entre as áreas a integrar em REN segundo a metodologias definidas pela CCDR (Ramos <i>et al.</i> , 2009) e pelo DR, 1.ª série - N.º 232, de 30 de novembro de 2012 (EUPS).	97
Quadro 25: Comparação entre tipologias de REN.....	99

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos que contribuíram para que este trabalho se realizasse e sem os quais não teria sido possível concluí-lo.

Gostaria de agradecer ao Professor Doutor Eusébio Joaquim Marques dos Reis pelo acompanhamento e orientação do trabalho.

À Doutora Luísa Marques da Câmara Municipal de Ourém pela disponibilidade demonstrada, pelo seu conhecimento e pelas horas passadas à “caça” de deslizamentos.

À Câmara Municipal de Ourém pela oportunidade de realização deste trabalho e aos colegas da DPOT que me apoiaram.

Aos Presidentes de Junta de Freguesia do concelho de Ourém e toda a sua população que me auxiliou em campo e na indicação de potenciais movimentos de vertente.

À minha família que sempre me apoiou e me motivou nos momentos de maior desmotivação.

Aos meus amigos que me acompanharam nesta etapa.

E um agradecimento muito especial à minha namorada, pelas horas, dias e meses em que esteve sempre do meu lado.

Introdução

Este trabalho surge na sequência de um estágio realizado no município de Ourém, de janeiro a julho de 2015, na Divisão de Planeamento Ordenamento do Território, integrado no âmbito do processo de revisão do Plano Diretor Municipal do Concelho de Ourém, no procedimento de redelimitação de algumas condicionantes, tais como a Reserva Ecológica Nacional (REN) e Reserva Agrícola Nacional Bruta (RAN) concelhias.

A REN referente ao município de Ourém foi aprovada a 30 de setembro de 2004, contudo com a abertura do processo de revisão do Plano Diretor Municipal iniciou-se o seu processo de redelimitação. Este processo deverá obedecer às tipologias existentes no regime jurídico estabelecido pelo Decreto-lei nº 239/2012 de 2 de novembro que alterou e republicou o Decreto-Lei n.º 166/2008, assim como obedecer às orientações estratégicas (OE) de âmbito nacional para a delimitação da REN a nível municipal, publicadas na Resolução do Conselho de Ministros nº 81/2012 de 3 outubro, e corrigidas pela Declaração de Retificação nº 71/2012 de 30 novembro.

Este trabalho incide na proposta de delimitação das duas tipologias da REN no município de Ourém, associadas à dinâmica de vertentes: “Áreas de instabilidade de vertentes” e “Áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo”.

De modo a determinar as áreas de maior instabilidade de vertente e as áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo, que deverão constar da proposta de REN Bruta do município, foram aplicadas as metodologias propostas nas orientações estratégicas: Valor Informativo para a Instabilidade de vertentes; e Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), Perda de Solo Específica (PSE) e Razão de Cedência de Sedimentos (SDR) para a erosão hídrica do solo. Posteriormente, os resultados obtidos foram comparados com as metodologias presentes no Quadro de Referência Regional da REN (Ramos *et al.*, 2009): Limiares Críticos e a metodologia de Monturiol.

O relatório encontra-se dividido em 6 capítulos. O 1.º Capítulo faz o enquadramento da legislação da REN referente às tipologias trabalhadas, com destaque para a informação relativa ao concelho estudado. No 2.º Capítulo faz-se o enquadramento e caracterização do concelho de Ourém, discriminando diferentes fatores essenciais na aplicação das diferentes metodologias aplicadas à avaliação dos dois fenómenos estudados. O 3.º Capítulo inclui um breve enquadramento teórico descrevendo alguns conceitos associados à dinâmica de vertentes, na qual se enquadra a erosão hídrica do solo e os movimentos de massa em vertentes. No 4.º Capítulo são aplicadas duas

metodologias referentes à delimitação das áreas de instabilidade de vertentes, enquanto o 5.º Capítulo incide sobre duas metodologias referentes à erosão hídrica. No 6.º Capítulo são retiradas algumas ilações dos resultados obtidos.

1 Reserva Ecológica Nacional

A Reserva Ecológica Nacional (REN) é criada em 1983, pelo Decreto – Lei n.º 321/83, de 5 de julho, na sequência da instituição da Reserva Agrícola Nacional, em 1982. No referido diploma, a REN é concebida como *estrutura de enquadramento e proteção dos espaços produtivos, agrícolas e urbanos, destinada a garantir a permanência de determinadas ocorrências físicas e um mínimo de atividade biológica*.

A REN é então constituída por dois grandes grupos de ecossistemas: Costeiros e Interiores. No que se refere à dinâmica de vertentes presente nos ecossistemas interiores, devem integrar a REN, as encostas com declive superior a 25% e as escarpas, abrangendo neste caso, a faixa envolvente de 3 vezes a sua altura para além da base e do seu rebordo.

Com vista a clarificar e corrigir alguns fatores presentes no Decreto-Lei anterior, em 1990 é publicado o Decreto-Lei n.º 93/90, de 19 de Março, no qual se encontram discriminados 3 grandes grupos: 1- Zonas costeiras; 2- Zonas ribeirinhas, águas interiores e áreas de infiltração máxima ou de apanhamento; 3- Zonas declivosas.

As zonas declivosas são diferenciadas em dois grupos:

- Áreas com risco de erosão (áreas que se encontram sujeitas a perda de solo, deslizamentos ou queda de blocos, devido a diferentes fatores, tais como declive, dimensão da vertente, uso do solo, pedologia, subsolo, entre outros).
- Escarpas (vertentes rochosas com declive superior a 45º) e respectiva faixa de proteção da base e do topo.

O mesmo Decreto-Lei define que só escarpas com alguma dimensão devem ser integradas em REN e que a largura das faixas de proteção é determinada em função da sua dimensão e do seu interesse cénico e geológico.

A 22 de Agosto de 2008 é publicado o Decreto-Lei n.º 166/2008, segundo o qual a delimitação da REN deverá ocorrer em dois níveis:

- Nível estratégico, concretizado através das orientações estratégicas de âmbito nacional e regional;
- Nível operativo, traduzido na elaboração a nível municipal de propostas de cartas de delimitação das áreas de REN com a indicação dos valores e riscos que justificam a sua integração.

Com a entrada em vigor deste Decreto-Lei passam a integrar a REN: 1- Áreas de protecção do litoral; 2- Áreas relevantes para a sustentabilidade do ciclo hidrológico terrestre; 3- Áreas de prevenção de riscos naturais.

Inseridas no conjunto de áreas de prevenção de riscos naturais, encontram-se as áreas de erosão hídrica do solo e as áreas de instabilidade de vertentes.

São definidas como áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo, as áreas que devido ao seu declive e pedologia, se encontram sujeitas a perda excessiva de solo por acção do escoamento superficial. Na sua delimitação deverá ser considerada a erodibilidade média do solo referente à sua textura, estrutura e composição, assim como ao declive.

Por outro lado, devem ser consideradas como áreas de instabilidade de vertentes, todas as áreas que de acordo com as características de solo, subsolo, declive, dimensão e forma de vertente ou escarpa e hidrogeologia, se encontrem sujeitas à ocorrência de movimentos de massas em vertentes, nomeadamente, deslizamentos, desabamentos e queda de blocos. A sua delimitação deve ter em consideração fatores geológicos, geomorfológicos e climáticos.

A Resolução do Conselho de Ministros nº 81/2012 de 3 outubro procede à *“aprovação das orientações estratégicas de âmbito nacional e regional, para a delimitação da REN a nível municipal, sem prejuízo da futura aprovação do plano setorial de prevenção e redução de riscos, constituindo uma mais-valia para os processos de delimitação em curso e permitindo ainda a aplicação do regime mais simplificado de elaboração e aprovação da referida delimitação a nível municipal, que se encontra previsto no Decreto-Lei nº 166/2008, de 22 de agosto”*.

Segundo esta resolução, a identificação das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo deverá resultar da aplicação da Equação Universal de Perda do Solo (EUPS).

No que concerne a áreas de instabilidade de vertentes, a sua determinação deve obedecer ao seguinte conjunto de procedimentos:

- Inventariação, determinação de tipologia (desabamentos, deslizamentos e escoadas) e análise dos movimentos de vertentes ocorridos no território;
- Identificação e cartografia das condicionantes;
- Interpretação dos fatores com recurso a um modelo estatístico espacial.

As escarpas naturais (vertentes com declive superior a 100%) e a sua respectiva faixa de proteção deverão ser consideradas como áreas de instabilidade vertentes.

O Decreto-lei nº 239/2012 de 2 de novembro altera e republica o Decreto-Lei n.º166/2008. Este decreto altera o Artigo 4.º, Secção III, alínea d) referente a áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo no ponto 2:

- 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.

Posteriormente, é publicada a Declaração de Retificação nº71/2012 de 30 novembro, que procura corrigir alguns erros detetados na Resolução do Conselho de Ministros nº 81/2012 de 3 outubro.

1.1 *Reserva Ecológica Nacional publicada para o município de Ourém*

A delimitação da REN em vigor no município de Ourém é aprovada a 30 de setembro de 2004, pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 136/2004, sendo corrigida a 26 de abril de 2007 pela Resolução do Conselho de Ministros nº 61/2007 (Figura 1).

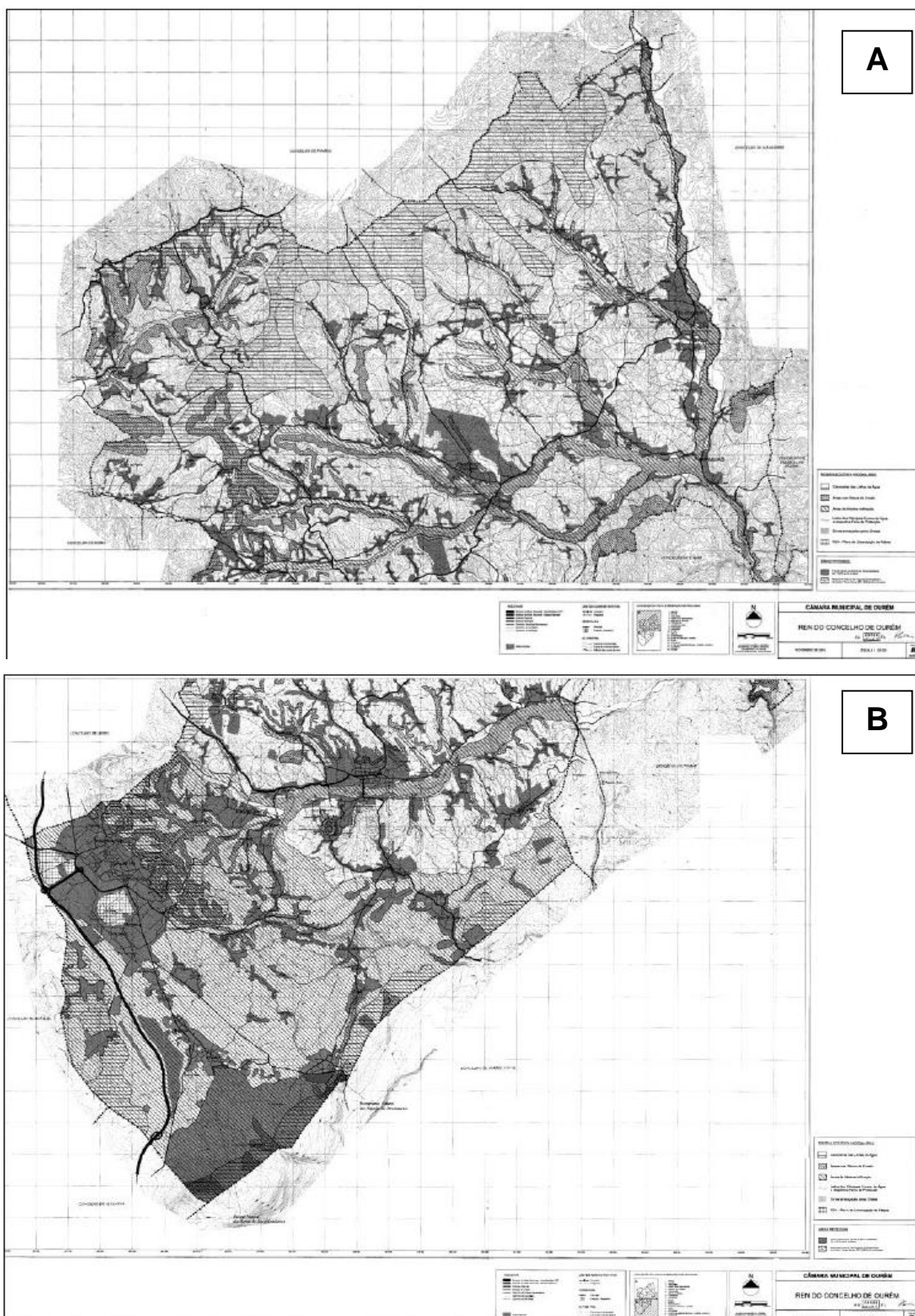


Figura 1: REN aprovada pela Resolução de Conselho de Ministros: norte (A) e sul (B).
 Fonte: DIÁRIO DA REPÚBLICA— I SÉRIE-B / n.º 81 — 26-04-2007.

A 9 de abril de 2013, é publicado em Diário da República, 2ª Série, n.º 69, o Aviso n.º 4735/2013, relativo à aprovação da alteração da delimitação da REN no âmbito da

alteração do PDM para o sítio de Pias Longas. A 5 de dezembro de 2013, é publicado o Aviso n.º 14918/2013 referente à aprovação da alteração da delimitação da REN no âmbito do procedimento de elaboração do Plano de Pormenor da Tapada.

Integram a carta de Reserva Ecológica Nacional do município de Ourém as seguintes tipologias: áreas de máxima infiltração; áreas com risco de erosão; cabeceiras de linhas de água; zonas ameaçadas pelas cheias.

A REN abrange uma área total de 17503,5 ha, referente a 42,0 % do concelho de Ourém, sendo que apenas 2887,3 ha (6,9%) são classificados como áreas com risco de erosão (Figura 2).

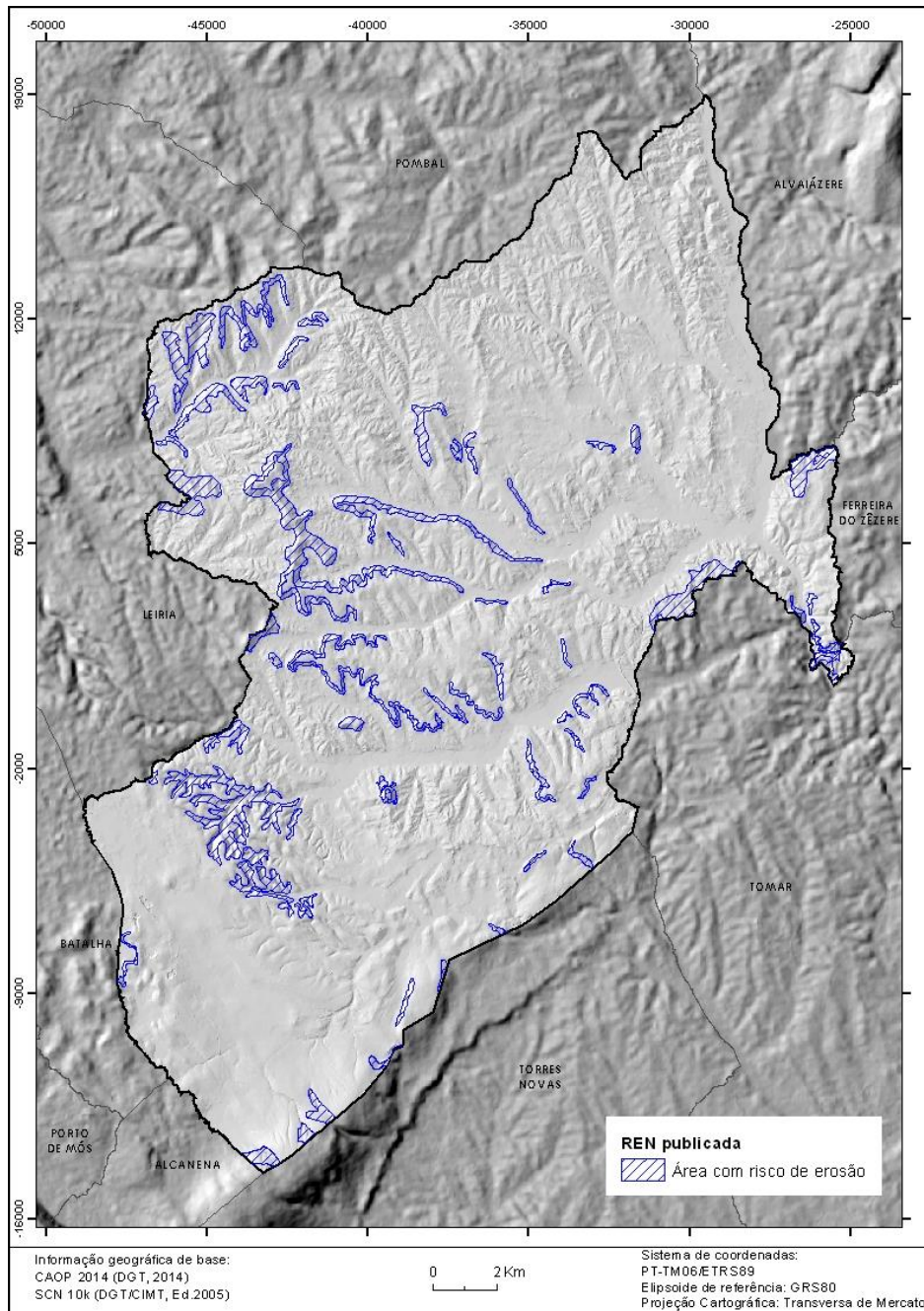


Figura 2: REN publicada (abril de 2007) referente a áreas de com risco de erosão.
 Fonte: CMO.

2 Enquadramento e caracterização do concelho de Ourém

O concelho de Ourém possui uma área de 416 km² e pertence ao distrito de Santarém, Sub-região do Médio Tejo (NUTS III).

A sede concelhia dista cerca de 140 km da cidade de Lisboa e 200 km da cidade do Porto. Encontra-se a uma menor distância da cidade de Leiria (26 km) do que da sua capital de distrito, Santarém (70 km).

O município de Ourém faz fronteira com 8 municípios: Alcanena e Torres Novas (sul); Alvaiázere (nordeste); Batalha (sudoeste); Ferreira do Zêzere e Tomar (este); Leiria (oeste e noroeste); Pombal (norte).

O concelho possui 13 freguesias, de sul para norte: Fátima; Nossa Senhora das Misericórdias; Atouguia; Alburitel; Seija; Nossa Senhora da Piedade; Gondemaria e Olival; Caxarias; Rio de Couros e Casal dos Bernardos; Urqueira; Matas e Cercal; Espite; Freixianda, Ribeira do Fátio e Formigais (Figura 3).

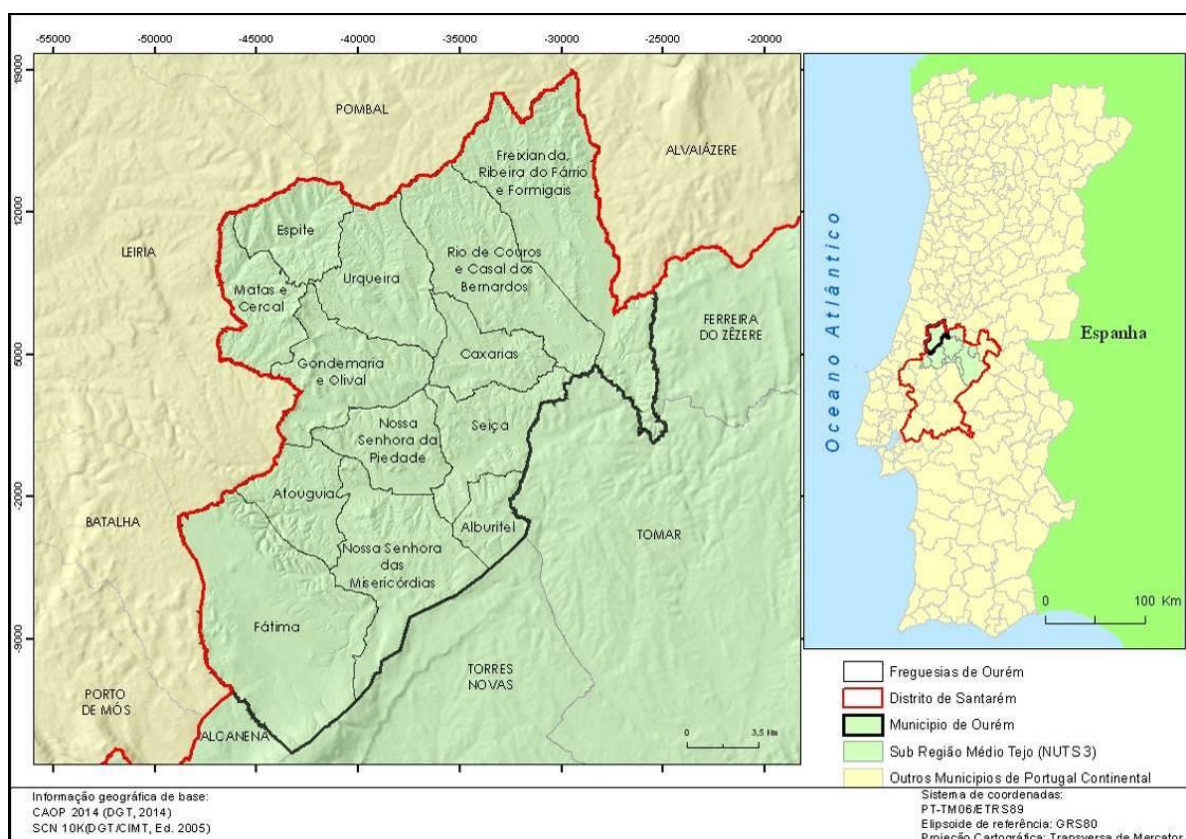


Figura 3: Enquadramento do concelho de Ourém e respetivas freguesias.
Fonte: CAOP (DGT,2014).

2.1 **Geomorfologia**

O Modelo Digital do Terreno (MDT), que serve de base à análise morfológica do concelho de Ourém, foi obtido através da extensão 3D *Analyst* do *software ArcGIS* 10.2. A informação altimétrica, pertence à Série Cartográfica Nacional 1:10 000 (SCN 10k), referente a cobertura aérea do ano 1999 e com trabalhos de campo no ano 2000, publicada em Diário da Republica no ano 2005 – curvas de nível com equidistância de 5 m, pontos cotados com precisão de 2 casas decimais, talwegues com precisão de 2 casas decimais, *breaklines* com precisão de 2 casas decimais – é propriedade da Comunidade Intermunicipal do Médio Tejo (CIMT) e da Direção Geral do Território (DGT).

O MDT foi convertido para a estrutura matricial (matriz de 10x10 metros), a partir do qual foi obtida a altitude (Figura 4; Quadro 1), declives (Figura 5; Quadro 2) e exposições (Figura 6; Quadro 3).

No concelho de Ourém encontram-se identificadas três grandes unidades geomorfológicas, demonstrando a diversidade do território em análise: Maciço Calcário Estremenho (MCE), Bacia Sedimentar de Ourém (BSO) e o Maciço Calcário de Condeixa Sicó Alvaiázere (MCCSA) (Figura 7). A unidade geomorfológica com maior expressão no concelho é a BSO, integrando mais de 60% do território (Quadro 4).

A BSO, depressão em sinclinal composta por materiais do Cretácico e Cenozóico, apresenta uma orografia fortemente modelada pela hidrografia (Teixeira et al., 1968). A rede hidrográfica é muito ramificada, distribuindo-se por duas bacias hidrográficas (Figura 8): rio Lis (ribeira de Espite no concelho de Ourém) e rio Tejo.

As linhas de fecho que delimitam estas bacias têm, em regra, altitudes superiores a 250 m, atingindo 350 m em Óbidos. No interior da bacia hidrográfica do Tejo é possível identificar linhas de fecho de menor ordem, com altitudes superiores a 200 m, definindo as bacias das principais ribeiras do concelho, na sua maioria afluentes do rio Nabão (ribeira do Olival, ribeira de Seiça e ribeira do Fárrio). As cotas mais elevadas no interior da BSO encontram-se quase sempre associadas aos Calcários Margosos de Ourém e Batalha, circunscrevendo pequenas áreas aplanadas isoladas, algumas delas com altitudes superiores a 300 m, onde se localiza, por exemplo, o castelo de Ourém (Manupella et al., 2000).

Em contraste, os talwegues associados ao rio Nabão, no leste do concelho, possuem cotas inferiores a 100 m. As ribeiras, em regra, acompanham o rebaixamento da superfície, atingindo um desnível aproximado de 100 m. No norte da bacia o seu desenvolvimento é NW-SE, enquanto no centro é de W-E.

Os declives são geralmente superiores a 5° e inferiores a 25° (Figura 6). As baixas aluvionares são as principais áreas de menor declive, por oposição às cornijas que possuem os declives mais acentuados.

A sul, a transição para o Maciço Calcário Estremenho (MCE) faz-se através de interflúvios em lomba, usualmente denominados de lombas de Fátima. Estes vales presentes no rebordo da plataforma de Fátima são secos, fortemente entalhados e com declives elevados (Martins, 1949).

O MCE no concelho de Ourém pode ser dividido em duas unidades morfoestruturais: planalto de São Mamede e serra de Aire (Martins, 1949).

A plataforma de Fátima estabelece o nível inferior do planalto de São Mamede (Martins, 1949), constituindo uma extensa superfície de aplanação. A altitude varia entre 300 e 350 m, sendo pontuada por pequenas depressões cársicas, dolinas ou vales secos de fundo plano.

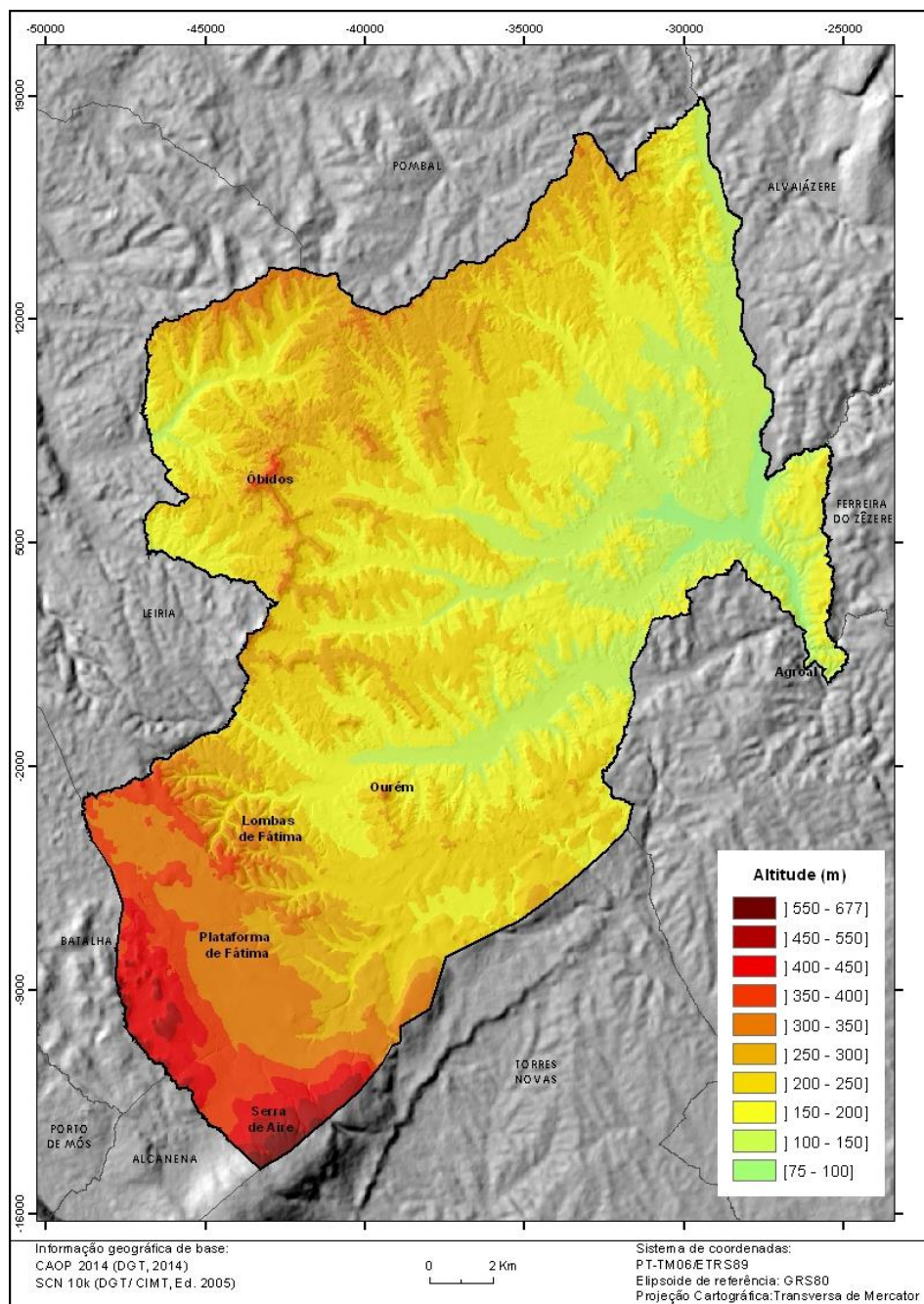
Segundo Martins (1949), “nenhum curso de água superficial, indígena ou exótico, atravessa a área do Maciço”, devido à elevada permeabilidade dos calcários. A rede hidrográfica existente na plataforma é fragmentada e desorganizada. A Agência Portuguesa do Ambiente delimita algumas pequenas bacias hidrográficas endorreicas, em que Cova da Areia é a de maior dimensão. Os cursos de água e as exurgências são relegados para a periferia, designadamente para as lombas de Fátima, como a ribeira do Caneiro, por exemplo (Martins, 1949).

No limite do concelho, junto ao município da Batalha, inicia-se o nível das Pias, o nível superior do planalto de São Mamede com cotas superiores a 400 m, apresentando altitudes mais elevadas do que as existentes na plataforma de Fátima, sendo fortemente carsificado, existindo numerosos algares, campos de lapiás (alguns dos quais mega lapiás) e depressões cársicas de grandes dimensões, entre as quais, a maior do concelho, a uvala da Giesteira, (Martins, 1949).

No extremo sudeste do concelho localiza-se o anticlinal da serra de Aire (Martins, 1949), onde se verifica o ponto mais alto do concelho, Aire (677m). A serra possui uma variação altitudinal, desde a base ao topo, superior a 250 m. Nos valeiros secos encontram-se alguns dos declives mais acentuados.

No leste do concelho encontra-se o Maciço Calcário de Condeixa-Sicó-Alvaiázere (MCCSA), mais concretamente a serra de Alvaiázere. Este maciço possui formas cársicas superficiais menos desenvolvidas. Existe uma ausência total de depressões cársicas e apesar de se identificar a presença de campos de lapiás, não constituem uma paisagem típica destas formas de relevo. Por outro lado, há uma grande quantidade de grutas, buracas e algares (Santos, 2002).

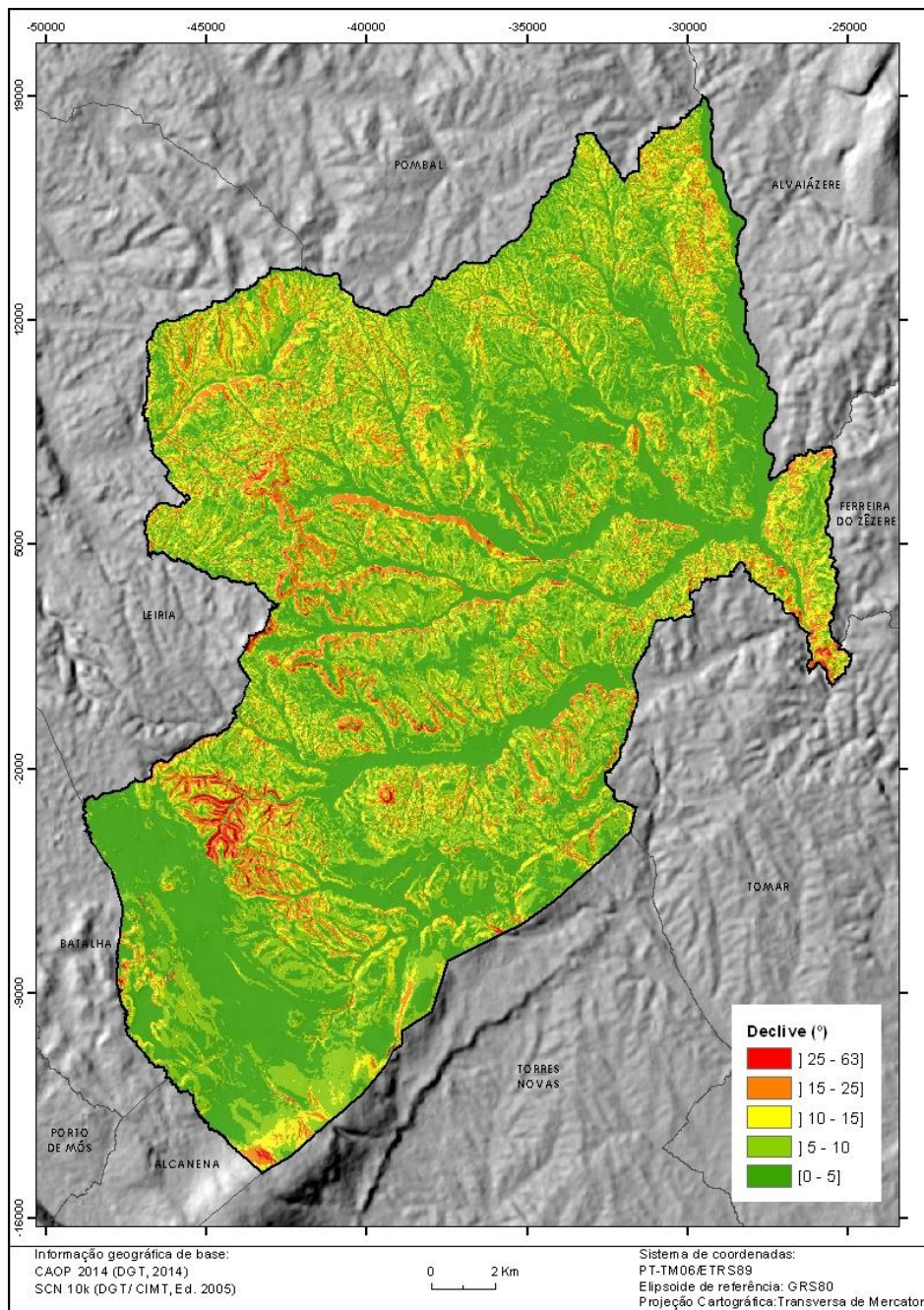
O rio Nabão aproveitou as linhas de fragilidade tectónica existentes neste maciço, de modo a se encaixar e formar o Canhão Fluvicársico do Agroal. Este, assim denominado devido à nascente cársica do Agroal, possui em certos locais, um fundo de vale de largura ligeiramente superior a 30 m e vertentes com mais de 60 m de altura, com declives bastante acentuados (Santos, 2002). A cota mais baixa do concelho, 75 m, encontra-se no troço mais jusante do rio Nabão, que contrasta com as cotas superiores a 200 m, na envolvente.



Quadro 1: Frequência das classes de altitude no concelho de Ourém

Classes de altitude (m)	Área	
	(ha)	%
[75-100]	605,5	1,5
] 100-150]	6062,4	14,6
] 150-200]	10290,5	24,7
] 200-250]	12324,1	29,6
] 250-300]	5783,6	13,9
] 300-350]	3439,2	8,25
] 350-400]	1509,5	3,62
] 400-450]	1098,9	2,64
] 450-550]	433,6	1,04
] 550-677]	121,5	0,29
Total	41668	100

Figura 4: Altitude (m) no concelho de Ourém.
Fonte: SCN 10k (DGT/CIMT, Ed.2005).



Quadro 2: Frequência classes de declives (graus) no concelho de Ourém.

Classes (°)	Área	
	(ha)	%
[0-5]	16693,4	40,1
]5-10]	13834,7	33,2
]10-15]	7084,9	17
]15-25]	3704,9	8,9
]25-63]	351	0,84
Total	41668	100

Figura 5: Declives (graus) no Concelho de Ourém.
Fonte: SCN 10k (DGT/CIMT, Ed.2005).

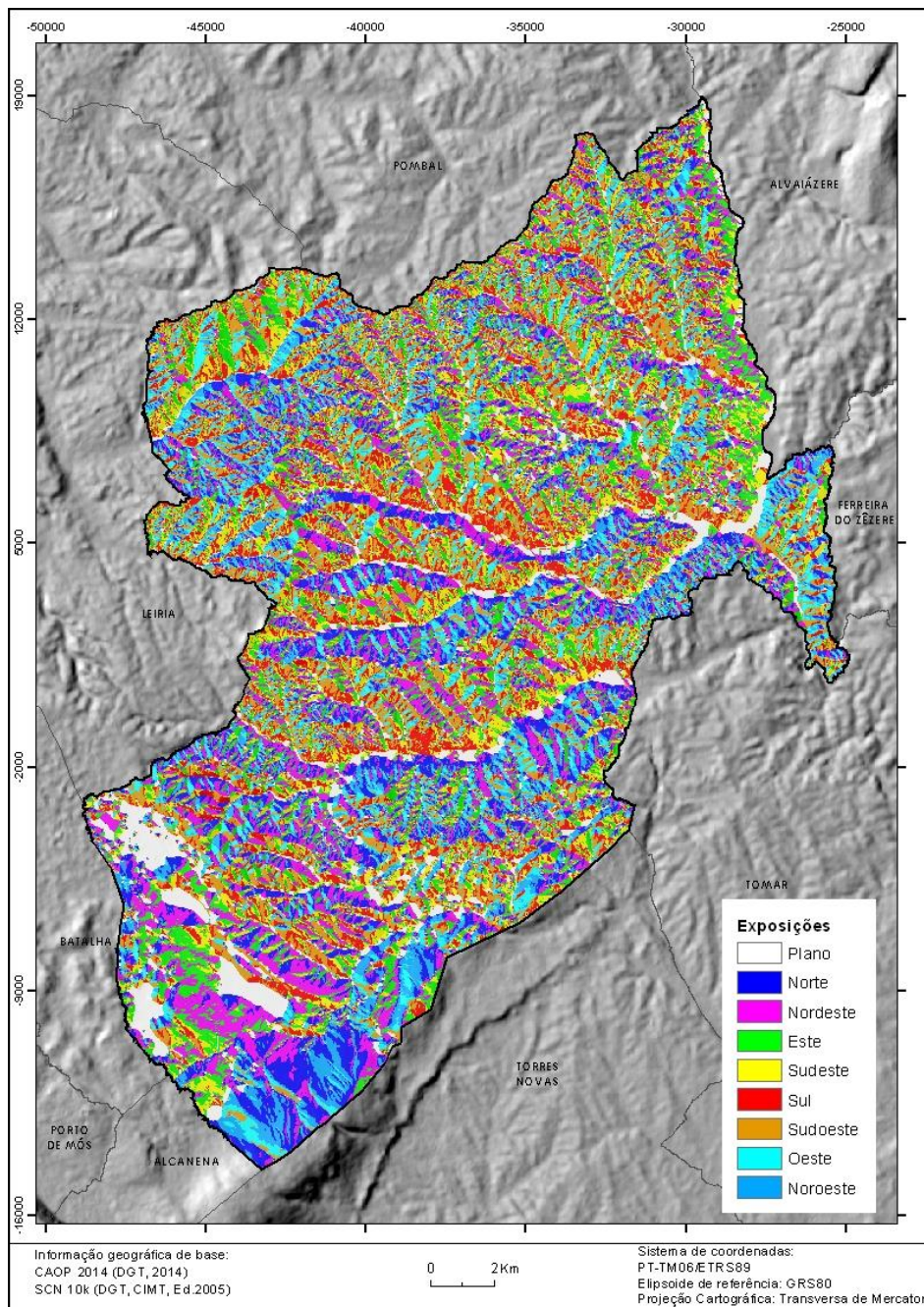
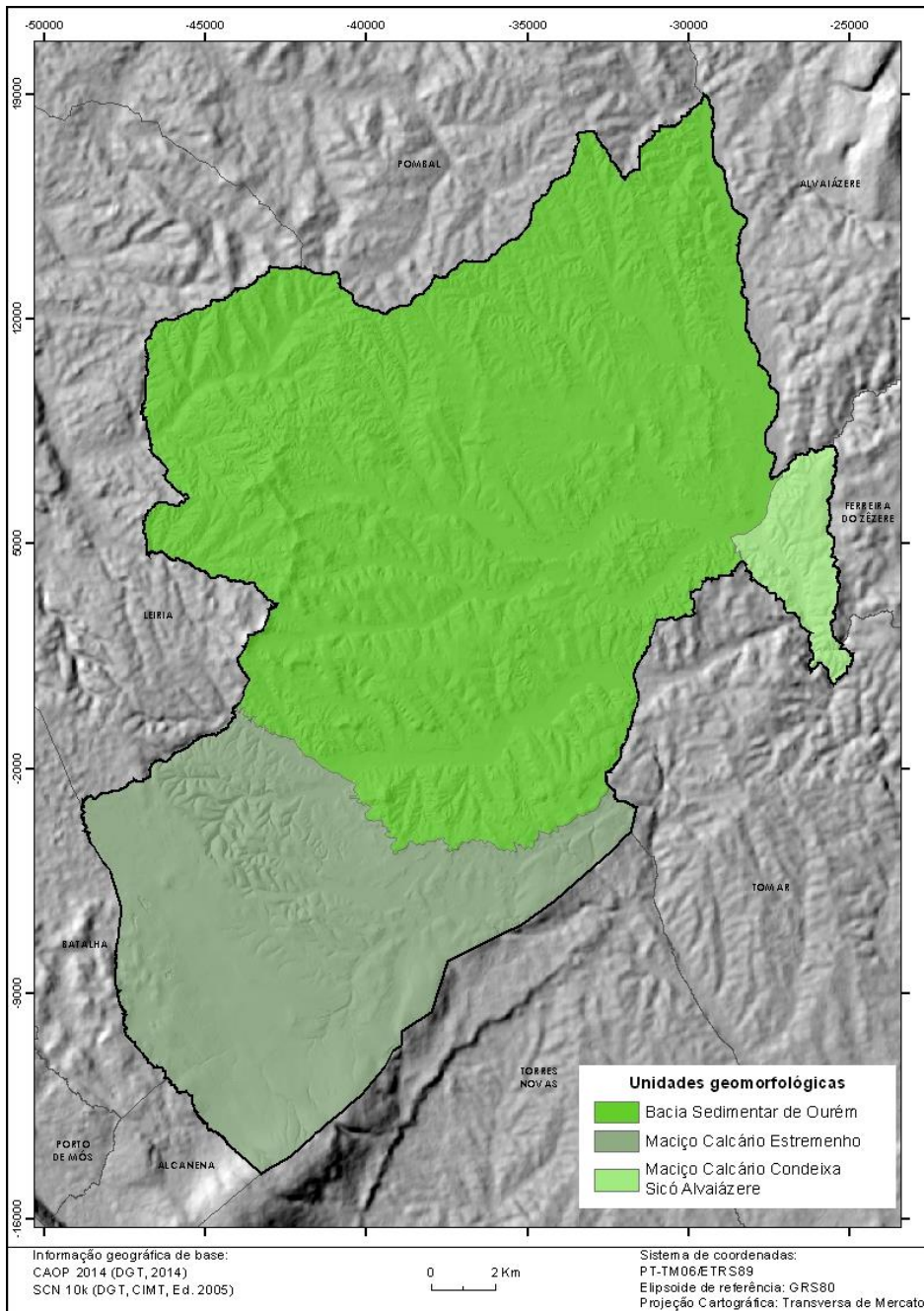


Figura 6: Exposições (octantes) no concelho de Ourém.
 Fonte: SCN 10k (DGT/CIMT, Ed.2005).

Quadro 3: Frequência das classes de exposições no concelho de Ourém.

Classes	Área	
	(ha)	%
Plano	2935,9	7,1
Norte	4406,3	10,6
Nordeste	6068,7	14,6
Este	5775,8	13,9
Sudeste	5117	12,3
Sul	4811,7	11,6
Sudoeste	5082,2	12,2
Oeste	3867,6	9,3
Noroeste	3603,8	8,7
Total	41668	100



Quadro 4: Frequência das unidades geomorfológicas principais no concelho de Ourém.

Classes	Área	
	ha	%
Bacia Cretácica de Ourém	28569,6	68,6
Maciço Calcário Estremenho	1283,6	3,1
Maciço Calcário Sicó-Alvaiázere	11814,7	28,4
Total	41668	100

Figura 7: Unidades geomorfológicas principais no concelho de Ourém.
Fonte: CMO.

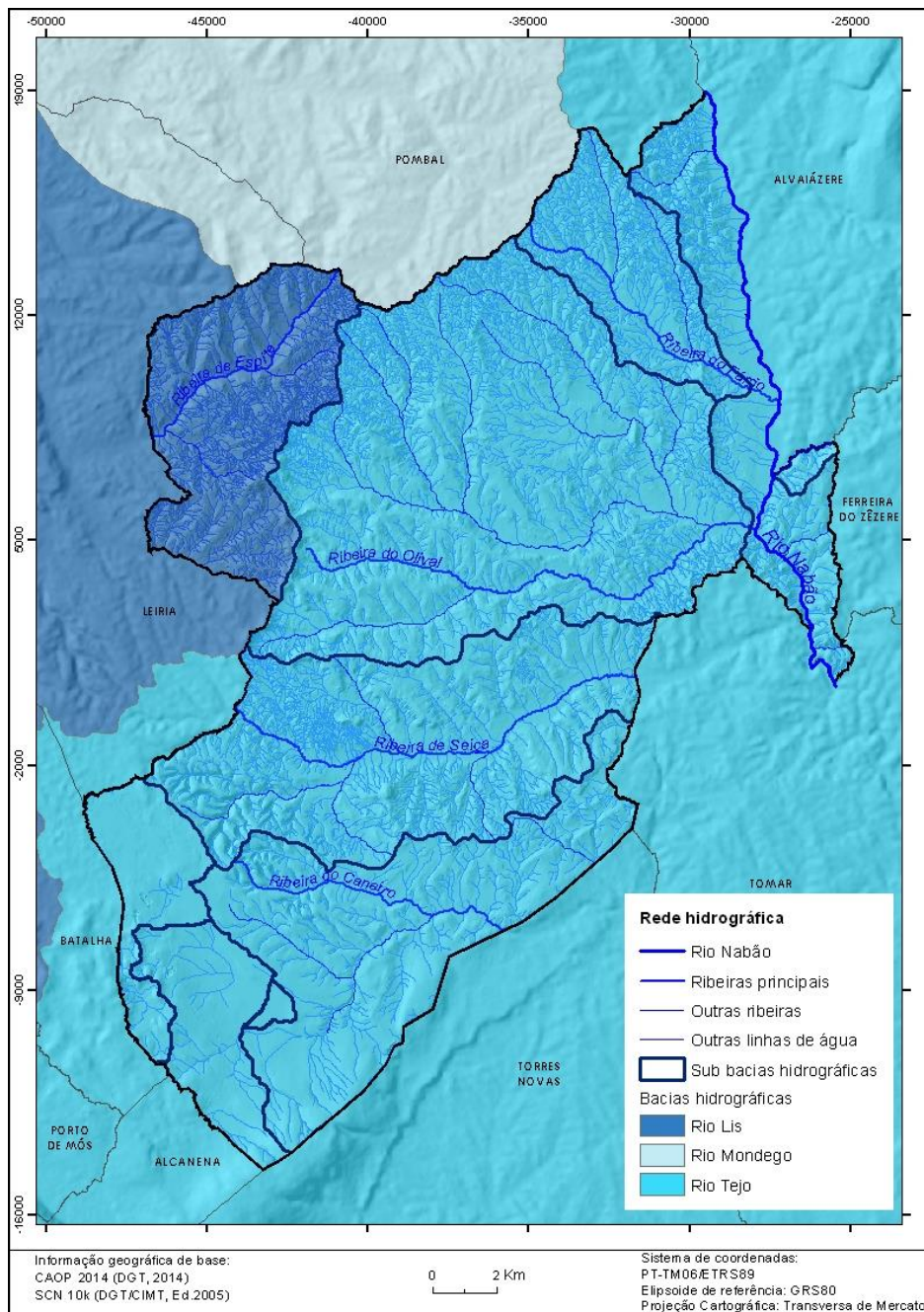


Figura 8: Bacias hidrográficas presentes no concelho de Ourém.
Fonte: SCN 10k (DGT/CIMT, Ed.2005).

Quadro 5: Bacias hidrográficas presentes no Concelho de Ourém.

Bacias hidrográficas		Área (ha)	%
Rio Lis (ribeira de Espite)		4343,3	10,4
Sub-bacias do rio Tejo	Rio Nabão	3302,9	7,9
	Ribeiro do Caneiro	6512,1	15,6
	Ribeira do Fárrio	2606,2	6,3
	Ribeira do Olival	13417,2	32,2
	Ribeira de Seiça	7675,9	18,4
	Ribeira das Quebradas	150	0,36
	Maciço Calcário Estremenho	1756,4	4,2
	Cova da Areia	1903,1	4,6
	Total das sub bacias do rio Tejo	37323,9	89,6
Total		41668	100

2.2 Geologia

O concelho de Ourém insere-se na Orla Mesocenozóica Ocidental, compreendendo essencialmente materiais sedimentares, os mais antigos, pertencentes ao Jurássico médio (Mesozóico) e os mais recentes ao Quaternário (Cenozóico).

Os materiais mais antigos aflorantes no concelho encontram-se nos maciços calcários, possuindo carácter carbonatado. No MCE estão associados aos “Calcários de Moleanos”, aos “Calcários oolíticos de Fátima”, à “Formação de Serra de Aire”, aos “Dolomitos de Furadouro”, aos “Calcários de Vale da Serra” e aos “Calcários e dolomitos de Montinhoso” enquanto no MCCSA, estão associados à “Formação de Degracias” e à “Formação de Senhora da Estrela” (Figura 9).

As formações do Jurássico médio abrangem 15% (Quadro 6) do concelho sendo constituídas fundamentalmente por calcários e em menor percentagem, por dolomitos. Os materiais são duros e compactos, mas muito fraturados, logo, o escoamento hídrico existente é principalmente subterrâneo (Manupella *et al.*, 2000).

No que concerne ao Jurássico superior, identificam-se duas formações: “Camadas de Alcobaça” e “Camadas de Cabaços e de Montejunto”.

As “Camadas de Cabaços e de Montejunto” estão presentes no sul e são o maior afloramento no concelho, delimitam o norte do MCE e tornam a aflorar na bacia hidrográfica do Lis. A leste, são estreitas junto ao cavalgamento do Arrife, contornando em retalhos a bacia de Ourém até delimitarem o norte do MCCSA. As “Camadas de Cabaços” diferenciam-se das “Camadas de Montejunto” por possuírem um carácter marinho mais ligeiro, constituídas por calcários margosos e margas de água doce e salobra, enquanto nas “Camadas de Montejunto” existe uma maior influência marinha,

constituídas por uma série de calcários micríticos com intercalações de calcários argilosos e de calcários micríticos intraclásticos (Manupella *et al.*, 2000).

Das formações do Jurássico superior, as “Camadas de Alcobaça” são as que possuem maior influência marinha, ao se formarem durante uma regressão marinha, são constituídas por alternâncias de margas mais ou menos arenosas, calcários detríticos, arenitos e argilitos. Esta formação aflora na bacia hidrográfica do Lis, associada à ação erosiva da rede hidrográfica da ribeira de Espite. As “Camadas de Alcobaça” voltam a aflorar no leste do concelho, desta vez em retalhos, alinhados com o vale do rio Nabão recobertos por depósitos aluvionares denunciando o bordo do sinclinal da bacia sedimentar de Ourém (Manupella *et al.*, 2000).

No que concerne ao Cretácico, importa referir a “Formação de Figueira da Foz” (Cretácico inferior ao superior) e “Calcários Margosos de Ourém e Batalha” (Cretácico superior), que juntas abrangem mais de 50% do concelho, constituindo quase todo o território da bacia sedimentar de Ourém.

A “Formação de Figueira da Foz” é a formação geológica com maior representação no concelho, estando presente quer na BSO, quer em pleno MCE aprisionada em armadilhas tectónicas. Esta formação é constituída por depósitos terrígenos, provenientes do desmantelamento das zonas emersas, nomeadamente conglomerados e arenitos, com a presença de argilas ou de argilitos. Assenta sobre unidades do Jurássico superior, enquanto no topo se encontra em conformidade aparente com os “Calcários Margosos de Ourém e Batalha” sendo a separação ou limite entre ambas considerado sempre que ocorre a passagem do domínio silicioso para o carbonatado (Manupella *et al.*, 2000).

Os “Calcários Margosos de Ourém e Batalha” definem na BSO, planaltos de dimensão reduzida, constituídos por calcários margosos alternados com arenitos finos, em que o domínio das formações carbonatadas vai aumentando desde a base para o topo. São então, cada vez mais frequentes, as camadas de calcários compactos e apinhoados e margas, onde se intercalam às vezes, arenitos (Manupella *et al.*, 2000). Estas camadas encontram-se usualmente revestidas por outras do Terciário.

Os “Arenitos de Ourém” (Miocénico superior) e o “Grupo do Barracão” (Pliocénico) representam o Terciário no concelho. O “Grupo do Barracão” apresenta uma distribuição residual, sendo constituído por conglomerados, areias e argilas, recobrendo em alguns locais os “Arenitos de Ourém”. Por sua vez, os “Arenitos de Ourém” recobrem os “Calcários Margosos de Ourém e Batalha”, podendo contactar diretamente com a “Formação da Figueira da Foz”.

No que se refere ao Quaternário, encontramos três formações: os “Depósitos Areníticos e Terra Rossa do Maciço Calcário Estremenho”, os “Depósitos de Terraços Fluviais” e os “Aluviões”. Os “Aluviões” abrangem 7% do concelho enquanto as restantes formações, no seu conjunto, não chegam a atingir 1% do território concelhio (Quadro 6).

Os “Aluviões” de maior dimensão estão associados quer ao rio Nabão, quer às principais ribeiras do concelho. Nos cursos de água que se formam nas lombas de Fátima, e que se estendem para a BSO, os sedimentos são primeiramente carbonatados e posteriormente siliciclásticos, podendo-se tomar como por exemplo a ribeira de Seiça (Manupella *et al.*, 2000).

Os “Depósitos Areníticos e Terra Rossa do Maciço Calcário Estremenho” possuem uma composição arenomargosa, usualmente denominada de terra rossa, que resulta da dissolução dos carbonatos estando localizados em depressões no MCE (Manupella *et al.*, 2000).

Os “Depósitos de Terraços Fluviais” tiveram a sua formação durante a regressão marinha e estão associados a linhas de água de ordem superior, como por exemplo, o rio Nabão (Manupella *et al.*, 2000).

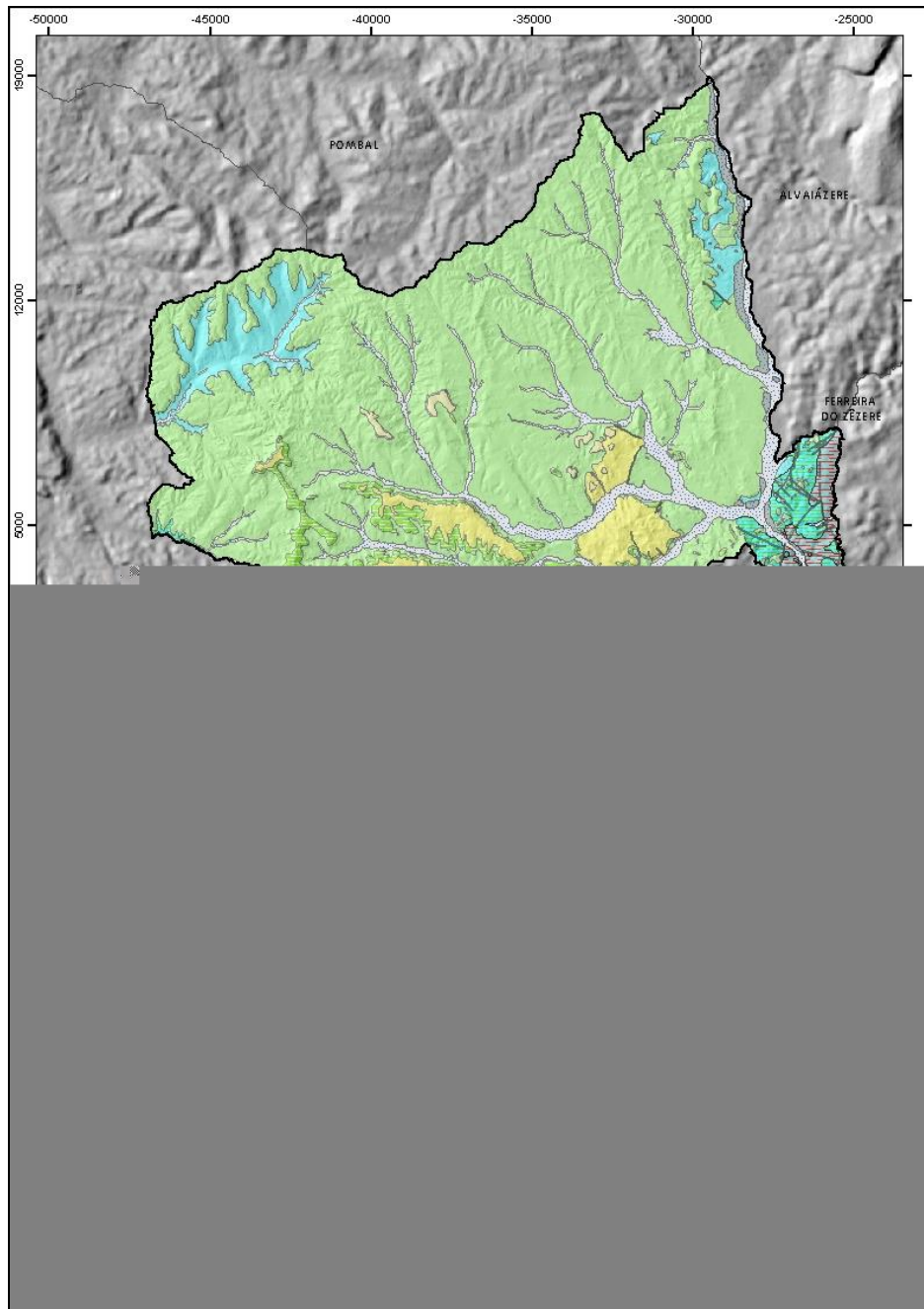


Figura 9: Formações geológicas do concelho de Ourém (ver significado das siglas no Quadro 6).

Fonte: Carta Geológica 1/50000 (LNEG, 1955, 1994,1998)

Quadro 6: Formações geológicas no concelho de Ourém.

Código	Designação	Área	
		(ha)	(%)
aluv	Aluviões	3111,75	7,47
dr	Depósitos areníticos e terra rossa do Maciço Calcário Estremenho	10,06	0,02
Qf	Depósitos de terraços fluviais	231,37	0,56
PBa	Grupo de Barracão: argilas, areias e cascalheiras	109,16	0,26
MOu	Arenitos de Ourém	2295,94	5,51
C2OB	Calcários margosos de Ourém e Batalha	2456,03	5,89
C1-2FF	Formação de Figueira da Foz: arenitos, conglomerados e argilas	19835,97	47,6
	Formação de Figueira da Foz: arenitos, conglomerados e argilitos	73,43	0,18
J3AI	Camadas de Alcobaça: arenitos, e calcários margosos	333,74	0,8
J3AI_b	Camadas de Alcobaça: arenitos, argilitos, calcários margosos e lenhites	913,64	2,19
J3CM	Camadas de Cabaços e de Montejunto indiferenciadas: calcários e margas	550,28	1,32
J3CM_a	Camadas de Cabaços e de Montejunto indiferenciadas: calcários, margas e conglomerados	5545,74	13,31
J2MI	Calcários de Moleanos	619,32	1,49
J2Fa	Calcários oolíticos de Fátima	411,90	0,99
J2SA	Formação de Serra de Aire: calcários	4253,63	10,21
J2SE	Formação de Senhora da Estrela: calcários bioclásticos e oolíticos	568,79	1,37
J2Fu	Dolomitos de Furadouro	267,59	0,64
J2Mt	Calcários e dolomitos de Montinhoso	66,98	0,16
J2VS	Calcários de Vale da Serra	0,50	0
J2De	Formação de Degracias: calcários com nódulos de sílex	12,15	0,03
Total		41668	100

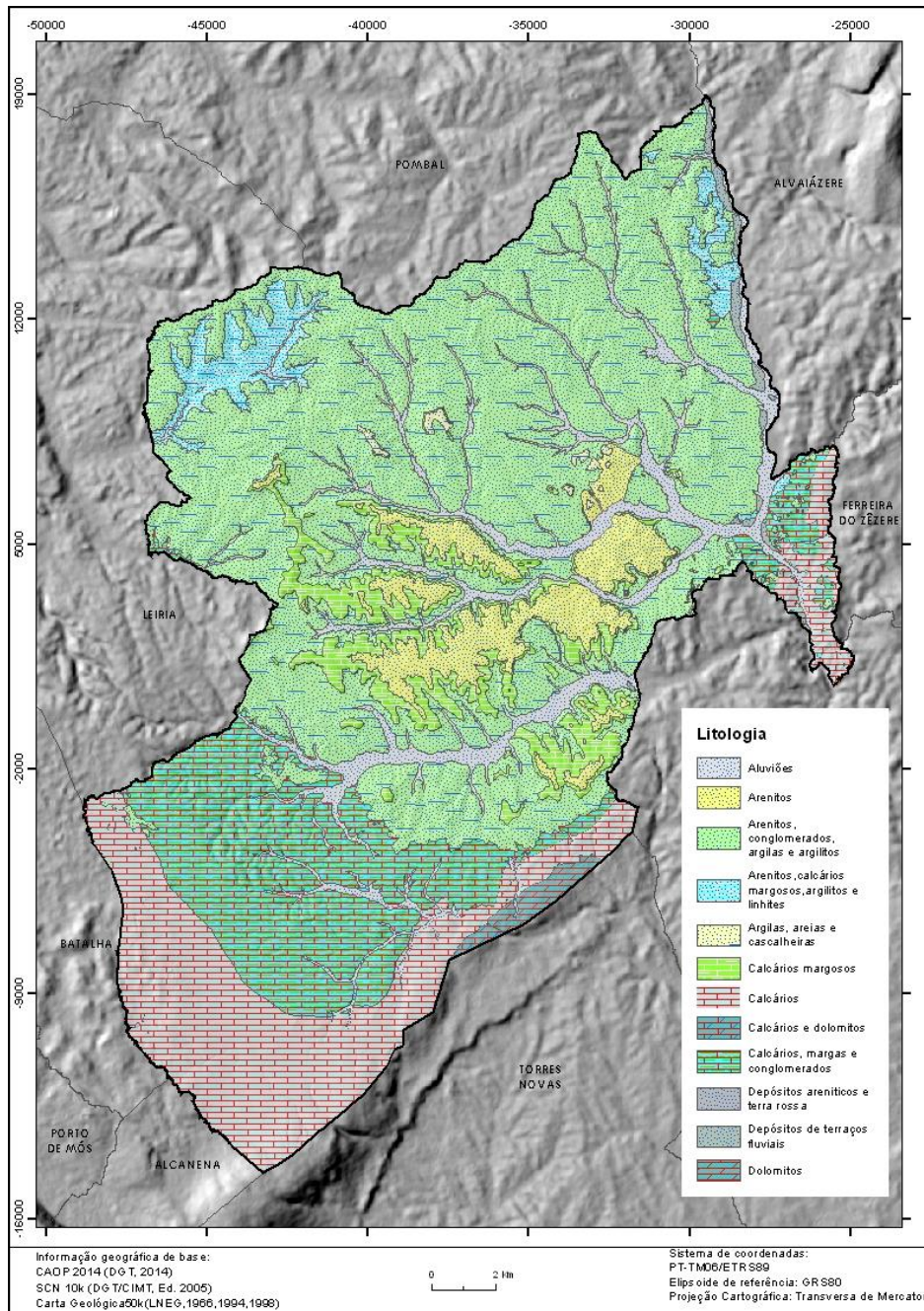


Figura 10: Litologia no concelho de Ourém.
 Fonte: Carta Geológica 1/50000 (LNEG, 1955, 1994, 1998).

Quadro 7: Litologia no concelho de Ourém.

Litologia	Área	
	(ha)	(%)
Aluviões	3111,8	7,5
Arenitos	2296	5,5
Arenitos, argilitos, calcários margosos e linhites	913,7	2,2
Arenitos, conglomerados e argilas	19836	47,6
Arenitos, conglomerados e argilitos	73,4	0,18
Arenitos, e calcários margosos	333,7	0,8
Argilas, areias e cascalheiras	109,2	0,26
Calcários	5866,3	14,1
Calcários e dolomitos	67	0,16
Calcários e margas	550,3	1,3
Calcários margosos	2456	5,9
Calcários, margas e conglomerados	5545,7	13,3
Depósitos areníticos e terra rossa	10,1	0,02
Depósitos de terraços fluviais	231,4	0,56
Dolomitos	267,6	0,6
Total	41668	100

2.3 Solos

A análise dos solos existentes no concelho de Ourém tem por base as “Carta de solos – Cartas Complementares” e respetiva nota explicativa, elaboradas pelo SROA / CNROA/ IEADR/ IHERA/IDRHa/ DGADR à escala 1:25000, segundo trabalhos realizados por (Cardoso, 1965, 1973) e disponibilizadas pela Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento (DGADAR).

Os solos diferenciam-se, de acordo com a sua estrutura: solos evoluídos (horizontes A, B e C), pouco evoluídos (horizontes A e C) e incipientes (sem horizontes bem definidos).

No concelho de Ourém identificam-se os seguintes solos incipientes: aluviossolos (modernos e antigos) e coluviossolos. Os aluviossolos formam-se a partir da acumulação de sedimentos transportados pelos cursos de água num tempo mais ou menos recente e estão presentes nos fundos de vale. As manchas de maior dimensão localizam-se no vale do rio Nabão e nos seus principais afluentes, Caneiro, Olival e Seiça (Figura 11). Na plataforma de Fátima não existem aluviossolos devido às especificidades da rede hidrográfica.

Os coluviossolos formam-se em depressões, a partir da acumulação de sedimentos provenientes das vertentes, podendo as manchas maiores ser encontradas no planalto de São Mamede, associadas a depressões cársticas de grande dimensão, como por

exemplo, a uvala da Giesteira (Figura 11). Podem ainda ser encontrados no setor montante de alguns vales.

No que se refere a solos pouco evoluídos, existem solos litólicos (não húmicos e húmicos) e solos calcários (pardos e vermelhos).

Os solos litólicos, na sua maioria não húmicos, são solos de natureza não calcária, de materiais arenáceos pouco consolidados ou de arenitos grosseiros. A maioria está associada aos Arenitos de Ourém e à Formação da Figueira da Foz em declives moderados.

Os solos calcários, maioritariamente pardos, são solos de natureza calcária, de calcários pouco compactos, margas e de arenitos calcários finos, com percentagem variável de carbonatados ao longo do seu perfil, sem possuir características próprias dos barros. Estes solos ocupam grande parte do vale da ribeira de Espite, na bacia hidrográfica do Lis, associados às Camadas de Alcobaça e a declives moderados. Quando associados aos Calcários Margosos de Ourém e Batalha o declive é geralmente mais acentuado.

Entre os solos evoluídos, distinguem-se barros pretos, mediterrâneos (pardos e vermelhos ou amarelos), podzolizados, hidromórficos e mólicos.

Os barros pretos e os solos hidromórficos têm pouca expressão no concelho. Os barros pretos (solos argilosos, com levada percentagem de colóides minerais) estão confinados a uma única mancha, com declive pouco acentuado, na transição do Maciço Calcário Estremenho para a Bacia Cretácica de Ourém, sudoeste do Castelo de Ourém, associada às Camadas de Cabaços e Montejunto (Figura 11). Os solos hidromórficos (sujeitos em regra ao encharcamento temporário ou permanente, conforme variações da toalha freática) dispersam-se pelo território em manchas de dimensão reduzida, a norte da ribeira de Seiça.

Os solos podzolizados, ácidos, de textura muito ligeira, com predominância de areia grossa e fina, são de longe os solos com maior expressão no concelho, 34,7% (Quadro 8). Estes solos evoluídos associam-se às mesmas formações geológicas que os solos litólicos, “Formação da Figueira da Foz” e “Arenitos de Ourém”.

Os solos mediterrâneos, na sua maioria vermelhos ou amarelos, localizam-se preferencialmente nos maciços calcários, no entanto existem algumas manchas na Bacia Cretácica de Ourém associadas aos “Calcários Margosos de Ourém Batalha”. Estão ainda presentes noutras formações, como por exemplo, os mediterrâneos pardos na Formação da Figueira da Foz.

Os solos mólicos, castanozemes circunscrevem-se ao Maciço Calcário Estremenho, mais precisamente às lombas de Fátima e à serra de Aire estando associados às

seguintes formações: “Camadas de Cabaços e de Montejunto”, “Formação de Serra de Aire”, “Dolomitos do Furadouro” e “Calcários e dolomitos de Montinhoso”.

Para além dos solos referidos anteriormente, existem duas classes onde não existe solo: áreas sociais e afloramentos rochosos. Os afloramentos rochosos perfazem cerca de 2,5% do concelho (Quadro 8), correspondendo a um afloramento rochoso de calcários e dolomias, cartografado na localidade da Giesteira na proximidade dos concelhos da Batalha e Alcanena (Figura 11).

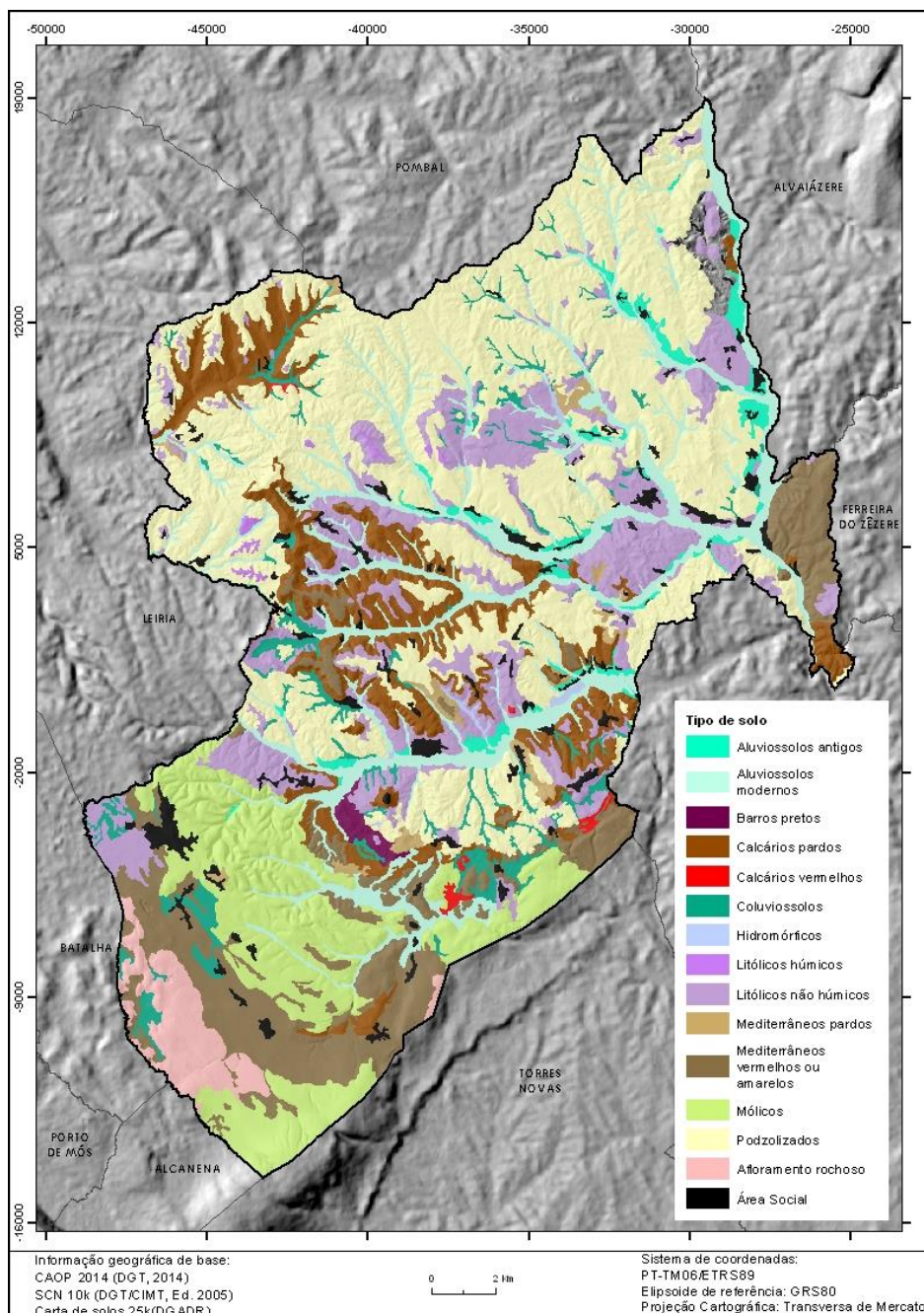


Figura 11:Tipos de solo dominantes presentes no concelho de Ourém.

Fonte: Carta de solos (DGADR).

Quadro 8: Frequência dos tipos de solo no concelho de Ourém.

Tipo de solo dominante	Área		
	ha	%	
Aluviossolos antigos	700	1,7	
Aluviossolos modernos	4090,1	9,8	
Barros pretos	159,1	0,38	
Calcários pardos	4121,3	9,9	
Calcários vermelhos	98,3	0,24	
Coluviossolos	1428,3	3,4	
Hidromórficos	95,2	0,23	
Litólicos húmicos	107,1	0,26	
Litólicos não húmicos	5135,1	12,3	
Mediterrâneos pardos	410	0,98	
Mediterrâneos vermelhos ou amarelos	4225,1	10,1	
Mólicos	4468,5	10,7	
Podzolizados	14450,2	34,7	
Áreas sem solo	Afloramento rochoso	1057,9	2,5
	Área social	1121,7	2,7
Total		41668	100

2.4 Ocupação do solo

A análise da ocupação do solo tem por base a Carta de Ocupação do Solo (COS) nível 5, elaborada pelo então Instituto Geográfico Português (IGP), atual Direção Geral do Território (DGT), datada de 2007, à escala 1:25 000. Esta informação foi reclassificada tendo em conta as classes de solo utilizadas por Oliveira, (2012).

O concelho de Ourém é um concelho essencialmente florestal (cerca de 47%). As áreas urbanas perfazem 10% do território (Quadro 9 e Figura 12).

Na Bacia Sedimentar de Ourém os espaços florestais ocupam terrenos pobres, dos quais são exemplo as vertentes de maior declive. Os espaços florestais eram constituídos maioritariamente por pinheiro-bravo; no entanto, esta espécie têm vindo a ser substituída por extensas monoculturas de eucalipto, cuja plantação nem sempre respeita as curvas de nível. Os incêndios constantes e as diferentes pragas associadas ao pinheiro têm contribuído para a modificação da paisagem. Com o desaparecimento, quase por completo, do sobreiro e do carvalho português, reduzidos a pequenos núcleos, pouco resta da floresta primitiva.

Nas baixas aluvionares ainda é possível encontrar algumas galerias ripícolas em bom estado de conservação, constituindo autênticos bosques em alguns locais, beneficiando do abandono dos terrenos agrícolas.

No cársico, os solos não são propícios ao pinheiro-bravo, contudo, encontram-se algumas plantações, sobretudo na periferia da plataforma de Fátima, na transição para o nível de Pias. Tal como na bacia cretácica, o pinheiro-bravo tem vindo a ser substituído por eucalipto. A azinheira encontra-se espalhada pelo cársico, indiferente ao declive, em pequenos povoaamentos, ou, dispersa por áreas de mato, olival abandonado e em alguns pinhais e eucaliptais.

O uso agrícola perfaz 25% do território concelhio sendo distribuído por quatro classes: pomares (culturas de porte arbóreo); agrícolas (culturas de sequeiro e de regadio); agrícolas heterogéneas (sistemas agro florestais e culturais complexos) e vinhas.

As culturas agrícolas de sequeiro e regadio estão presentes em solos ricos de declive pouco acentuado, como, por exemplo, baixas aluvionares e depressões cársicas.

O olival é a principal cultura agrícola. Esta cultura de porte arbóreo (pomar) está presente um pouco por todo o concelho, quer em áreas adjacentes às baixas aluvionares, quer na serra de Alvaiázere e na serra de Aire ou na plataforma e lombas de Fátima, ou seja, locais com solos pobres. Nas lombas de Fátima, o olival ocupa pequenos socalcos e patamares, na maioria abandonados e degradados.

A vinha apresenta uma distribuição semelhante à do olival, embora com extensão mais reduzida. Apesar de existirem vinhas em baixas aluvionares, estas localizam-se preferencialmente em solos pobres e com algum declive. De realçar as vinhas presentes em solos calcários e em barros pretos, bacia hidrográfica do Rio Lis e na transição do cársico para a Bacia Sedimentar de Ourém. Muitas destas vinhas estão muito degradadas.

A classe das áreas agrícolas heterogéneas está associada ao minifúndio, onde numa pequena parcela coexistem diferentes tipos de culturas.

A classe dos matos e vegetação herbácea, ocupa solos pobres, onde existia olival e vinha ou terrenos afetados por incêndios florestais que não foram sujeitos a ações de reflorestação.

No que respeita a áreas urbanas e equipamentos, existem dois aglomerados com população superior a 5000 habitantes: Ourém e Fátima. Nos restantes aglomerados populacionais, o tecido urbano é muitas vezes descontínuo ocupando preferencialmente áreas adjacentes a fundos de vale, interflúvios e áreas de menor declive na plataforma de Fátima.

O burgo de Ourém localiza-se num ponto geoestratégico, a uma cota muito superior à envolvente.

As pedreiras presentes no concelho, encontram-se essencialmente no Maciço Calcário Estremenho. Na bacia sedimentar é possível encontrar alguns areeiros, muitos deles abandonados.

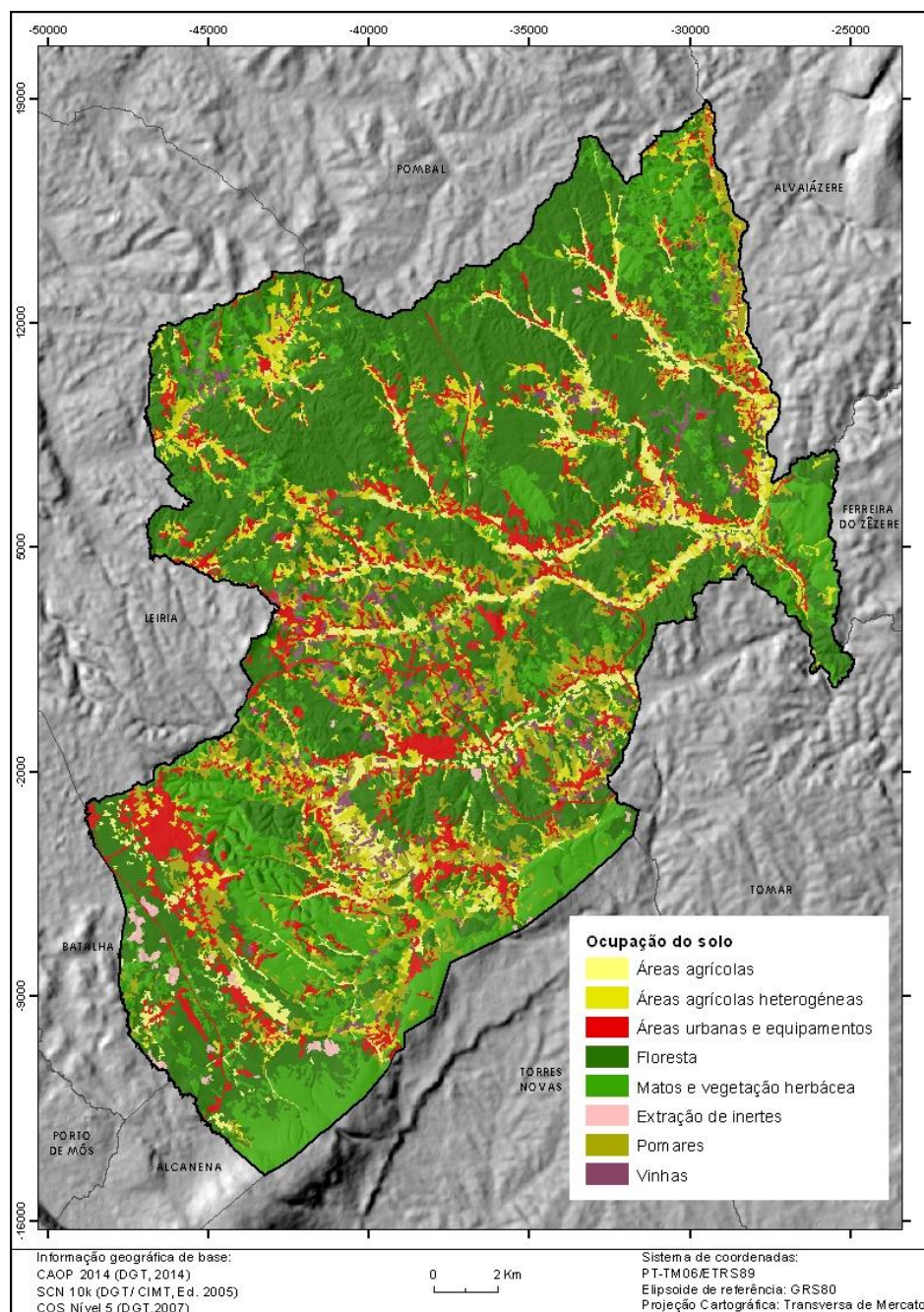


Figura 12: Ocupação do solo no concelho de Ourém.
Fonte: Carta de ocupação do solo, nível 5 (DGT, 2007).

Quadro 9: Ocupação do solo no concelho de Ourém.

Classe de solo	Descrição	Área	
		ha	%
Áreas agrícolas	Culturas de sequeiro e de regadio	2310,9	5,6
Áreas agrícolas heterogéneas	Sistemas agro-florestais e sistemas culturais complexos	3299,6	7,9
Áreas urbanas e equipamentos	Tecidos urbanos, comércio, indústria, vias de comunicação e equipamentos	4087,8	9,8
Extracção de inertes	Pedreiras e areeiros	201,5	0,48
Floresta	Florestas	19453,3	46,7
Matos e vegetação herbácea	Matos e vegetação herbácea natural	7513,5	18
Pomares	Culturas agrícolas de porte arbóreo	3856,8	9,3
Vinhas	A vinha é a cultura dominante	944,7	2,1
Total		41668	100

3 Conceitos associados à Dinâmica de Vertentes

3.1 *Movimentos de massa em vertentes*

O conceito de movimento de vertente (landslide) mais aceite é o adoptado pelo Working Party on World Landslide Inventory (WP/WLI, 1993), proposto por Cruden (1991), em que é definido como “movimento de descida numa vertente de uma massa de rocha, terra ou detritos”.

De acordo com Zêzere (1997), os movimentos de vertente constituem um grupo muito restrito de movimentos de massa. Segundo este autor, os movimentos de massa abrangem todos os movimentos de terreno, gelo e neve. Considera-se como movimentos de terreno, o conjunto dos movimentos de vertente, expansão-retração em solos argilosos e os fenómenos de subsidência (abatimentos e assentamentos).

A classificação de movimentos de vertente mais utilizada é a adoptada pelo WP/WLI (1993), desenvolvida por Varnes (1978), em que os agrupa em 5 classes: desabamentos (*fall*); deslizamentos (*slide*); escoadas (*flow*) balançamentos (*topple*); expansões laterais (*lateral spread*) e movimentos complexos (composto por mais de um tipo de movimentos).

3.1.1 Tipologia

De acordo com a Resolução do Conselho de Ministros nº 81/2012, de 3 outubro, a delimitação das áreas de instabilidade de vertentes deverá incidir essencialmente sobre os movimentos mais comuns em território nacional: desabamentos, deslizamentos e escoadas.

Seguidamente é elaborada a caracterização destes tipos de movimentos de acordo com a WP/WLI, 1993, destacando-se os que são mais importantes no contexto do concelho de Ourém.

- a) Desabamento (*fall*) é a “deslocação solo ou rocha a partir de um abrupto, ao longo de uma superfície onde os movimentos tangenciais são nulos ou reduzidos. O material desloca-se predominantemente pelo ar por queda, saltação ou rolamento” (WP/WLI, 1993). Os desabamentos são movimentos muito rápidos desde a

ruptura inicial até ao momento de imobilização da massa deslocada (Flageollet e Weber, 1996).

- b) Deslizamento (*slide*) é o “movimento de solo ou rocha que ocorre predominantemente ao longo de planos de ruptura ou de zonas relativamente estreitas, alvo de intensa deformação tangencial” (WP/WLI, 1993).

A massa deslocada durante o movimento apresenta deformação variável, de acordo com o tipo de deslizamento. Os deslizamentos podem ser caracterizados de acordo com o tipo de ruptura tangencial e o tipo de material afetado (Quadro 10).

Quadro 10: Classificação dos deslizamentos (adaptado de Dikau *et al.*, 1996; Zêzere, 2005).

Tipo de deslizamentos		Tipo de material		
		Rocha	Detritos	Solo
Rotacionais		Simples		
		Múltiplo		
		sucessivo		
Translacionais	com ruptura compósita	deslizamento de rocha em bloco (<i>block slide</i>)	deslizamento de detrito em bloco (<i>block slide</i>)	deslizamento de solo em bloco (<i>slab slide</i>)
	com ruptura planar	deslizamento de rocha (<i>rock slide</i>)	deslizamento de detritos (<i>debris slide</i>)	deslizamento lamacento (<i>mudslide</i>)

Tal como se pode verificar no Quadro 10, os deslizamentos podem ser diferenciados de acordo com a ruptura tangencial como: rotacional ou translacional.

- Rotacional (*slumps*) – deslizamento em que a superfície de ruptura é curva (em forma de colher), onde existe um deslocamento mais ou menos rotacional sobre um eixo paralelo ao contorno da vertente. Pode resultar no abatimento do setor montante do deslizamento e levantamento do setor frontal (Figura 21) (Cruden e Varnes, 1996).

Segundo Van Asch (1980) e Hutchinson (1988), pode ser feita a diferenciação de acordo com a posição relativa do plano de ruptura: vertente (*slope failure*), sopé (*toe failure*), base (*base failure*).

- Translacional – a massa desloca-se sobre uma superfície relativamente plana existindo um movimento rotacional reduzido.

Este tipo de movimento pode ser diferenciado de acordo com o seu tipo de ruptura: compósito ou planar.

Nos deslizamentos translacionais com plano de ruptura compósito, o plano de ruptura possui duas secções:

- Montante – forma circular ou planar com inclinação acentuada
- Jusante – forma planar com inclinação reduzida

A massa ao se deslocar desenvolve tensões internas que são acompanhadas por deslocamentos diferenciais, provocando uma distorção interna forte dos materiais instabilizados e formando fossos e contraescarpados (Ibsen *et al.*, 1996).

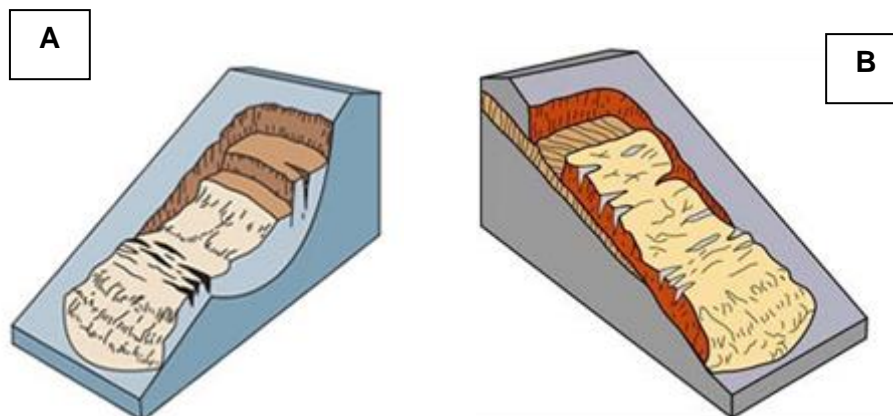


Figura 13: Deslizamentos: rotacional (A) e translacional (B).

Fonte: Highland (2008)

Os deslizamentos translacionais com plano de ruptura planar são estruturalmente controlados. O plano de ruptura desenvolve-se ao longo de superfícies de fraqueza marcadas por uma resistência ao corte reduzida, como falhas, planos de estratificação, diaclases, ou o contacto entre uma cobertura detrítica e o substrato rochoso. Frequentemente o material instabilizado desloca-se para jusante do plano de ruptura (Varnes, 1978; Zêzere, 2000).

Os deslizamentos translacionais podem ser diferenciados de acordo com o tipo de material afetado: deslizamentos em rocha (*rockslides*), deslizamentos em detritos (*debris slides*), e deslizamentos lamacentos (*mudslides*).

Os deslizamentos em rocha ocorrem em contexto montanhoso, onde as discontinuidades estruturais são concordantes com o declive e a inclinação dos planos de estratificação é inferior ao declive. Encontram-se subdivididos de acordo com o tipo de ruptura: planar (*planar slides*), cunha (*wedge slides*) e em escadaria (*stepped slides*) (Zêzere, 2000).

Os deslizamentos de detritos são deslizamentos pouco profundos, em que o plano de ruptura ocorre quase paralelamente com a superfície topográfica, sendo com

frequência coincidentes com o contacto entre o depósito de vertente e o substrato rochoso. As áreas de instabilidade mais comuns são referentes a vertentes naturais (Corominas, 1996 “em” Zêzere, 2000).

Os deslizamentos lamacentos são movimentos lentos que ocorrem ao longo de planos de ruptura descontínuos, associados a terrenos argilosos, siltosos e com areias finas. Possuem alguns aspetos morfológicos característicos: existência de três sectores distintos (área de ruptura, sector de transporte em forma de canal, área de acumulação); forma em língua com frente arredondada; perfil longitudinal sinusoidal (côncavo a montante, convexo a jusante); orlas laterais a flanquear a área afectada (Zêzere, 2005).

- c) Escoada é um “movimento espacialmente contínuo onde as superfícies de tensão tangencial são efémeras e frequentemente não preservadas. A distribuição das velocidades na massa deslocada assemelha-se à de um fluido viscoso” (WP/WLI, 1993).

A transição de um deslizamento para escoada depende do teor de água do solo, da mobilidade e da evolução do movimento (Cruden e Varnes, 1996 in Zêzere, 2000).

A sua ocorrência está associada a vertentes cobertas por rocha não consolidada e detritos, em áreas que se encontram desprovidas de vegetação, com uma inclinação muito elevada (Corominas *et al.*, 1996 in Zêzere, 2000).

3.1.2 Fatores de predisposição, condicionantes, preparatórios e desencadeantes

Tal como refere Zêzere (2005), as causas dos movimentos de vertente são múltiplas e ocorrem em simultâneo. A determinação da causa responsável pela ruptura pode ser difícil e incorreta. Em muitas ocorrências, o fator final é apenas o mecanismo desencadeante (*triggering factor*) que provoca o movimento de uma massa no limiar da ruptura.

Deste modo, no âmbito da WP/WLI, Popescu (1994) recupera Crozier (1986) e propõe a distinção entre fatores condicionantes e fatores desencadeantes. Os fatores condicionantes estabelecem as condições responsáveis pela instabilidade com base na relação entre as condições do terreno e os processos que atuam na destabilização das vertentes (geomorfológicos, físicos e antrópicos) (Oliveira, 2012).

Posteriormente, Glade e Crozier (2005) referem que os fatores estáticos ou dinâmicos, podem ser classificados de acordo com o papel que exercem na destabilização das vertentes (predisposição, preparatórios, desencadeantes). Esta proposta é baseada em Crozier (1986), o qual classificava as vertentes de acordo com a redução progressiva da margem da estabilidade, ou seja, estáveis, potencialmente instáveis (estabilidade marginal) e ativamente instáveis.

Glade e Crozier (2005) referem que os fatores de predisposição são estáticos e inerentes ao terreno, influenciando a margem da estabilidade de uma vertente atuando inclusivamente como catalisadores de outros fatores de instabilidade. Estes fatores condicionam o grau de instabilidade potencial da vertente e determinam a variação espacial do grau de susceptibilidade do território à instabilidade. Os fatores preparatórios são dinâmicos e promovem o decréscimo da margem de estabilidade sem iniciar o movimento. Os fatores desencadeantes representam a causa imediata da instabilidade e determinam o ritmo temporal dos movimentos de vertente (Zêzere, 2005).

Sistematizando as causas dos movimentos de vertente sugeridos por Popescu (1994) e Glade e Crozier (2005), obtém-se a Figura 24: características do terreno; processos geomorfológicos, físicos e antrópicos.

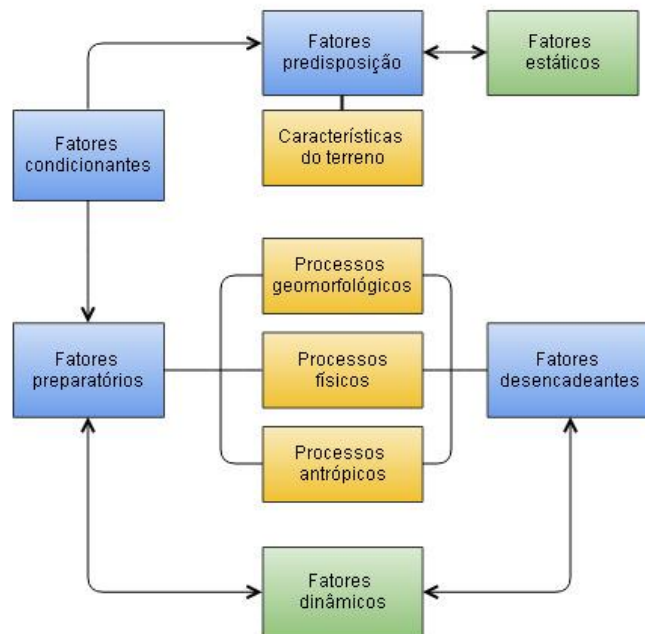


Figura 14: Os factores dos movimentos de vertente.

Fonte: extraído de Zêzere, 2010, segundo Popescu, 1994 e Glade e Crozier, 2005.

As características do terreno (geologia, morfologia, morfometria) funcionam sempre como fatores de predisposição da instabilidade. Os restantes fatores podem funcionar

como mecanismo preparatório ou desencadeante da instabilidade em função da sua intensidade e duração, bem como do estágio de estabilidade prévia da vertente (Zêzere, 2005).

Este trabalho incide essencialmente sobre os fatores que caracterizam o terreno (geologia, morfologia e morfometria) e que favorecem a ocorrência de movimentos de vertente.

Argilas, arenitos argilosos e margas são consideradas as rochas que potenciam maiores condições para o desenvolvimento de vertente, sendo que o maior número de movimentos ocorre em regiões sedimentares (Bateira, 2001). Assim como a presença de depósitos sedimentares não consolidados, ou fracamente consolidados; presença de solos pouco espessos assentes sobre rochas maciças, impermeáveis; presença de rochas alteradas, esmagadas ou fissuradas; existência de descontinuidades estruturais e sua concordância com o declive; contrastes na permeabilidade e seus efeitos no regime hidrológico dos terrenos. Nos fatores morfológicos e morfométricos importa referir a importância da forma das vertentes e do declive. A forma de uma vertente influencia a distribuição da água no solo, por exemplo, numa concavidade o solo satura rapidamente devido à convergência da escorrência superficial e do escoamento sub superficial. O declive é determinante na instabilidade das vertentes através do controlo sobre as tensões tangenciais, no entanto, é influenciado por outros fatores, como por exemplo, litologia, estrutura geológica ou uso do solo (Popescu, 1996; Zêzere, 2005).

Importa ainda referir alguns processos que funcionam como fatores preparatórios ou desencadeantes (geomorfológicos, físicos, antrópicos). Nos processos geomorfológicos destacam-se: o levantamento tectónico e encaixe da rede hidrográfica; a erosão subterrânea (solução, sofusão); deposição de sedimentos e aumento da carga nas vertentes. Nos processos físicos importa referir a meteorização física (por exemplo a crioclastia); intensidade, concentração, quantidade e duração da precipitação (Tendo em conta a latitude de Portugal Continental, este é o fator desencadeante mais importante do nosso território (Bateira,2001).); descida súbita do nível da água no seguimento de picos de cheia ou ruptura de barragens naturais; expansão retração de solos argilosos; e atividade sísmica. Nos processos antrópicos, sobressaem as escavações a meia vertente ou na base da vertente; sobrecargas, no topo da vertente; irrigação; manutenção deficiente dos sistemas de drenagem; remoção da vegetação; atividade mineira e pedreiras; vibrações artificiais (tráfego rodoviário e ferroviário, maquinaria pesada) (Popescu, 1996; Zêzere, 2005).

3.2 **Erosão Hídrica do solo**

A erosão é um dos vários processos de degradação do solo, sendo os restantes a salinização, a perda de nutrientes e compactação de solos.

A erosão do solo pela água e em menor dimensão, pelo vento, continua a ser um problema Europeu, apesar dos contínuos esforços para a minimizar (Tóth e Beek, 2012).

Existem várias definições de erosão do solo; contudo, Eckelmann *et al.* (2006) define-a como “o desgaste da superfície da terra por forças físicas como a precipitação, escoamento, vento, gelo, mudança de temperatura, gravidade ou outros agentes naturais ou antrópicos que abrasam, separam e removem o solo ou material geológico de um ponto na superfície terrestre para ser depositado noutra local”.

A erosão do solo é um processo natural que ocorre ao longo da escala temporal geológica, no entanto, quando este processo é acelerado, principalmente pela acção humana, considera-se haver degradação de solo. A degradação de solo ocorre quando a taxa de remoção de solo é superior à taxa de formação de solo (Ellis e Mellor, 1995).

O processo erosivo pode então ser dividido em três fases: desagregação, transporte e deposição.

O impacto das gotas da chuva no solo (*splash* ou salpico) constitui a primeira fase da erosão hídrica, em que a energia cinética das gotas de água no solo provoca a libertação e deslocamento de partículas. A gota ao embater no solo forma uma microcratera, provocando o ressalto da água e de solo numa área circular em redor. As partículas podem atingir os 60 cm acima do solo e em simultâneo se deslocarem até uma distância máxima de 1,5 m (FAO, 1965).

A erosividade de uma chuvada depende da intensidade e duração desta, e ainda da massa, do diâmetro e velocidade das gotas (Morgan, 2005, *in* Bergonse, 2014).

O poder erosivo é condicionado pela natureza e estado físico dos materiais e a cobertura do solo. Em solos compostos por argila, as partículas uma vez dispersas tendem a compactar-se por reorientação, originando crostas superficiais que reduzem a capacidade de infiltração do solo, aumentando deste modo a escorrência superficial (Thompson *et al.*, 1986; Henriques, 2009).

A escorrência superficial constitui uma segunda fase, na qual as partículas libertadas são transportadas. Este processo pode ocorrer devido a duas razões: na primeira, a precipitação é demasiado intensa, não permitindo a sua infiltração, ocorrendo o denominado de escoamento superficial hortoniano. Na segunda, o solo encontra-se de tal modo saturado que não consegue absorver mais água (Selby1982; Arnoldus,1977, *in* Henriques, 2009).

A escorrência superficial pode, ou não, ser concentrada. Na escorrência não concentrada existe a remoção de uma camada fina de solo, constituída por partículas destacadas pelos salpicos (FAO, 1965). Constitui a forma inicial da escorrência superficial, não havendo qualquer hierarquia nem canalização do escoamento. Esta pode ocorrer em toalha ou de forma difusa, quando existem irregularidades na superfície topográfica difíceis de serem ultrapassadas, como por exemplo tufos de vegetação, calhaus e blocos, formando-se pequenos fios de água (altura máxima entre 1 e 2 cm, e uma largura máxima entre 20 a 30 cm), com um padrão anastomosado complexo (Brice, 1996; Henriques, 2009). Os solos com pouca vegetação são os mais vulneráveis, como por exemplo, solos cultivados ou com pastoreio intensivo.

Na escorrência superficial concentrada ocorre a canalização do escoamento, adquirindo um maior potencial erosivo, manifestando-se através de sulcos (*rills*) e posteriormente por ravina (*gully*).

Os sulcos são canais de drenagem de formação recente que se formam imediatamente após um período chuvoso possuindo escoamentos efémeros, largura inferior a 30 cm e profundidade inferior a 60 cm (Brice, 1966). Estes são comuns em vertentes sem cobertura vegetal, nomeadamente em solos agrícolas arados recentemente, onde a estrutura do solo foi destruída sendo facilmente eliminados por maquinaria agrícola. A erosão por sulcos pode ser minimizada ao se proceder à redução do volume e a velocidade da escorrência superficial.

As ravinas diferenciam-se dos sulcos devido à sua dimensão, possuindo vertentes laterais íngremes, declive acentuado ou uma cabeceira escarpada, largura superior a 30 cm e profundidade superior a 60 cm (Brice, 1966). O ravinamento ocorre quando o escoamento numa vertente possui velocidade e volume suficiente para realizar cortes profundos, ou, quando o escoamento concentrado ocorre durante o tempo suficiente para criar um canal profundo (FAO, 1965).

3.3 Componentes do risco geomorfológico

Apesar deste trabalho incidir exclusivamente na avaliação de suscetibilidade, é importante diferenciar os conceitos que integram o modelo do Risco, devido a confusão constante na terminologia existente.

Várias instituições e publicações têm procurado uniformizar designações, conceitos e terminologias. Em Julião *et al.* (2009) é feita uma tentativa de homogeneização de termos e conceitos de risco em Portugal. A terminologia e os conceitos utilizados são os sistematizados por Varnes e a IAEG–CLOMMS (1984): Perigosidade; Suscetibilidade; Vulnerabilidade; e Risco.

Define-se como Perigosidade a probabilidade de ocorrência de um fenómeno potencialmente destruidor, num determinado período de tempo e numa determinada área. Por seu lado Suscetibilidade é definida como probabilidade espacial de ocorrência de um determinado fenómeno numa dada área com base nos factores condicionantes do terreno, independentemente do seu período de recorrência (Varnes, 1984; Zêzere, 2005).

Define-se como Vulnerabilidade, o grau de danos expectável de um elemento ou conjunto de elementos expostos, quando afectados por um fenómeno de determinada magnitude. Este parâmetro é expresso numa escala entre 0 (sem danos) e 1 (perda total) (Varnes, 1984; Garcia, 2012). Os danos em propriedades podem ser aferidos através da relação entre o valor total da propriedade e o valor dos estragos ocorridos. A probabilidade de perdas de vidas humanas expressa a vulnerabilidade das pessoas quando afectadas por determinado fenómeno.

No que concerne ao Risco, este é definido como a “probabilidade de ocorrência de um processo (ou acção) perigoso e respectiva estimativa das suas consequências sobre pessoas, bens ou ambiente, expressas em danos corporais e / ou prejuízos materiais e funcionais, diretos ou indiretos” (Julião *et al.*, 2009).

O risco pode ser estimado em termos específicos ou totais (Varnes, 1984; Zêzere, 2005). O risco específico de um elemento ou conjuntos de elementos é o produto da perigosidade pela vulnerabilidade. O risco total é o produto do risco específico pelos elementos em risco (a população, equipamentos, propriedades, actividades económicas, em risco num determinado território).

A Figura 15 procura sintetizar o modelo conceptual de risco. O Risco resulta da intersecção da vulnerabilidade e da perigosidade com o valor dos elementos em risco.



Figura 15: Componentes do modelo de risco.
 Fonte: extraído de Henriques (2009) segundo Zêzere (2007).

4 Suscetibilidade a movimentos de massa em vertentes

A Resolução do Conselho de Ministros n.º 81/2012, de 3 de Outubro, posteriormente rectificada pela Declaração de Retificação n.º 71/2012, define que a delimitação de áreas de instabilidade de vertentes deve obedecer aos seguintes procedimentos:

- 1- Inventariação, determinação da tipologia e análise dos movimentos de vertentes;
- 2- Identificação e cartografia dos fatores de predisposição (condicionantes) responsáveis pelo aparecimento ou aceleração dos movimentos;
- 3- Interpretação dos fatores com recurso a um modelo estatístico de relação espacial.

4.1 *Inventário dos movimentos de vertente*

A inventariação, determinação da tipologia e análise dos movimentos de vertente ocorridos no concelho, é essencial para aplicação de um modelo estatístico de relação espacial (Valor Informativo).

De modo a calcular a probabilidade de ocorrência de fenómenos num determinado local, é necessário identificar onde estes ocorreram no passado.

Os movimentos de vertente tendem a surgir em locais com os mesmos fatores de predisposição, ou seja, com as mesmas condicionantes físicas. O inventário referente ao concelho de Ourém foi elaborado por etapas: Identificação, validação e delimitação:

1. Identificação

A identificação de potenciais movimentos de vertente foi realizada a partir da interpretação de ortofotos do concelho de Ourém. Foram analisados ortofotos digitais georreferenciados da Direção Geral do Território referentes aos anos de 1999, 2004, 2007, 2010 e 2012 (DGT), com *pixel* de 0,5 m, e do ano de 2013, com *pixel* de 0,25 m encomendado pelo município de Ourém. Foram ainda analisadas fotografias aéreas da Direção Geral do Território do anos 80 e 90 à escala 1:15000 e à escala 1:30000. Pretendeu-se identificar alterações na vegetação, assim como variações na cor e textura da imagem (Figura 16). A observação de ortofotos e fotografias de diferentes anos permitiu compreender a evolução da paisagem e da vegetação ao longo dos anos.



Figura 16: Exemplo de deslizamentos translacionais observados no ortofoto.

As curvas de nível, as linhas de água à escala de 1:10000 (ano de 1999), cartas topocadastrais e um mapa de sombreado (*hillshade*) com um azimute de 315° N e ângulo de 45°, auxiliaram esta análise.

As curvas de nível e as linhas de água definem a morfologia do terreno permitindo identificar a forma e comprimento das vertentes, assim com a identificação de irregularidades do terreno. A análise do sombreado permite identificar potenciais movimentos de maior de dimensão de difícil identificação nos ortofomapas. As cartas Topocadastrais do concelho de Ourém, apesar de antigas (1964-1967) e de não serem oficiais, encontram-se a uma maior escala (1:2000) permitindo identificar e perceber melhor algumas irregularidades do terreno.

Como resultado desta etapa, foi elaborado um mapa de pontos (Figura 17) com todos os locais onde foram observadas variações de cor, de vegetação e de outras características que podem eventualmente corresponder a um movimento de vertente.

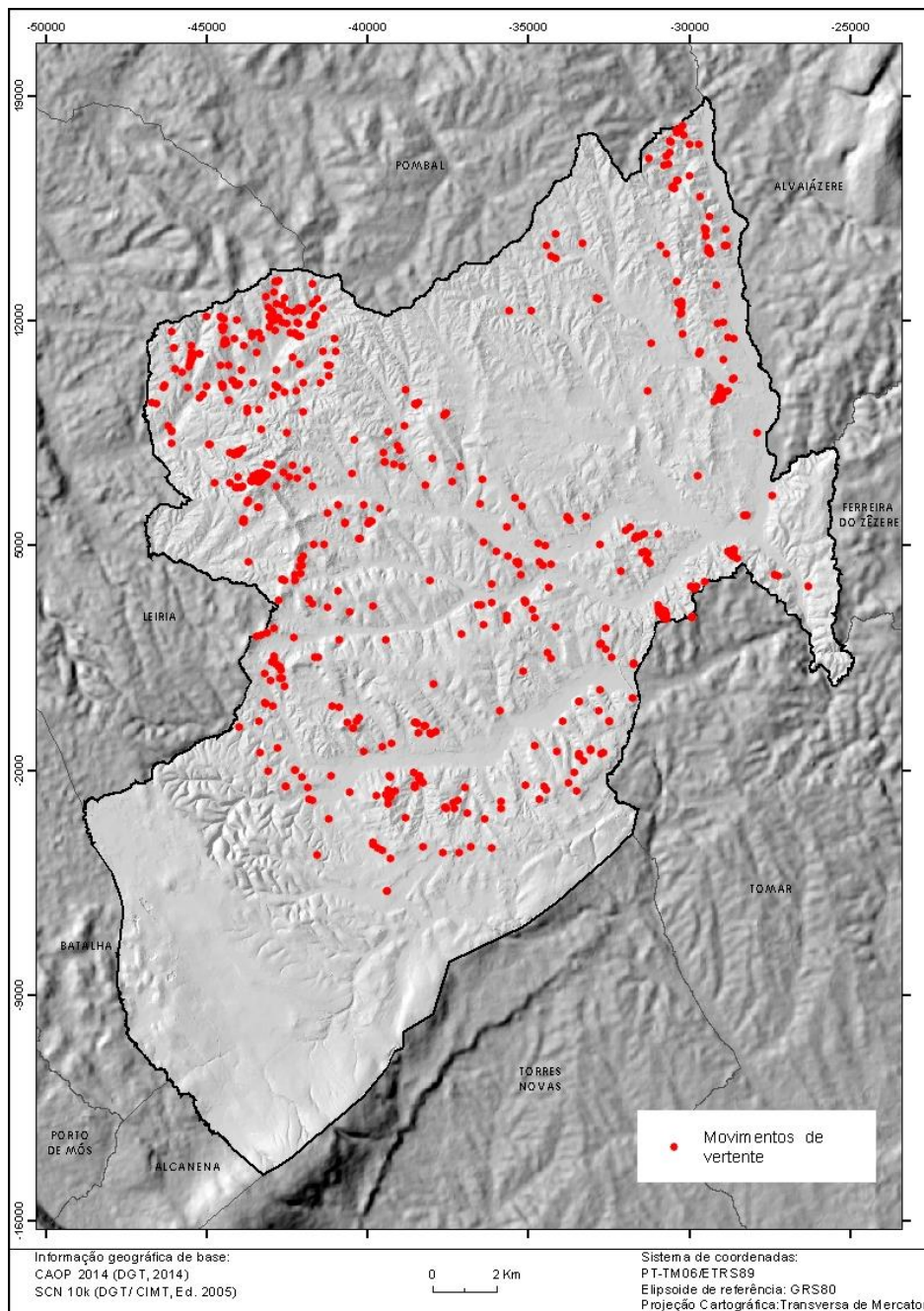


Figura 17: Inventário de movimentos de vertente (pontos) no concelho de Ourém obtido através de ortofotointerpretação.

A identificação de potenciais movimentos é complexa, pois o território concelhio é essencialmente florestal o que dificulta a ortofotointerpretação.

2. Validação

O trabalho de campo procurou validar no terreno os diferentes pontos identificados no processo de ortofotointerpretação, classificar tipologicamente os movimentos de vertente, identificar novas ocorrências e verificar locais referidos pela população e pelos diferentes Presidentes de Juntas de Freguesias.

Os movimentos de vertentes relatados, quer pelos presidentes de junta, quer pela população em geral, são muito localizados, circunscritos maioritariamente no noroeste do concelho e em grande parte no vale da ribeira de Espite. Entre as situações referidas destaca-se a suposta deslocação de uma habitação e o deslizamento da vertente para a via pública.

Efetivamente, no vale da ribeira de Espite é possível observar alguns sinais típicos de instabilidade, tais como, fissuras nas estradas (figura 18) e inclinação de árvores (figura 19).



Figura 18: Fracturação paralela à via (Espite).



Figura 19: Inclinação de árvores (Espite).

As vertentes apresentam pequenas “bossas”, características de movimentos rotacionais (Figuras 20 e 21), não apresentando por vezes uma cicatriz de deslizamento bem definida.



Figura 20: Deslizamentos rotacionais (Espite).



Figura 21: Deslizamentos rotacionais (Matas).

No exterior do vale da ribeira de Espite a realidade é diferente. Apesar do elevado número de pontos identificados durante a ortofotointerpretação, poucos foram

efetivamente observados no terreno. Muitos dos locais correspondem a sistemas de ravinas em rede ou em complexo (Figuras 22 e 23) ou a areeiros abandonados.



Figura 22: Sistema ravinar (Aldeia de Santa Teresa, Freixianda).



Figura 23: Sistema ravinar (Brejoeira, Seiça).

Em outros locais, pelo contrário, os indícios identificados em gabinete correspondem efetivamente a movimentos observados no terreno, tal como, por exemplo, o da Figura 16, que corresponde ao deslizamento translacional da Figura 24.



Figura 24: Deslizamentos translacionais (Óbidos, Olival).

Os deslizamentos identificados em grande parte do concelho (Figura 25) possuem características dinâmicas distintas em relação aos identificados no vale da ribeira de Espite, visto que estão associados à presença de uma linha de água, pelo que a instabilização pela base parece constituir a condicionante mais relevante.

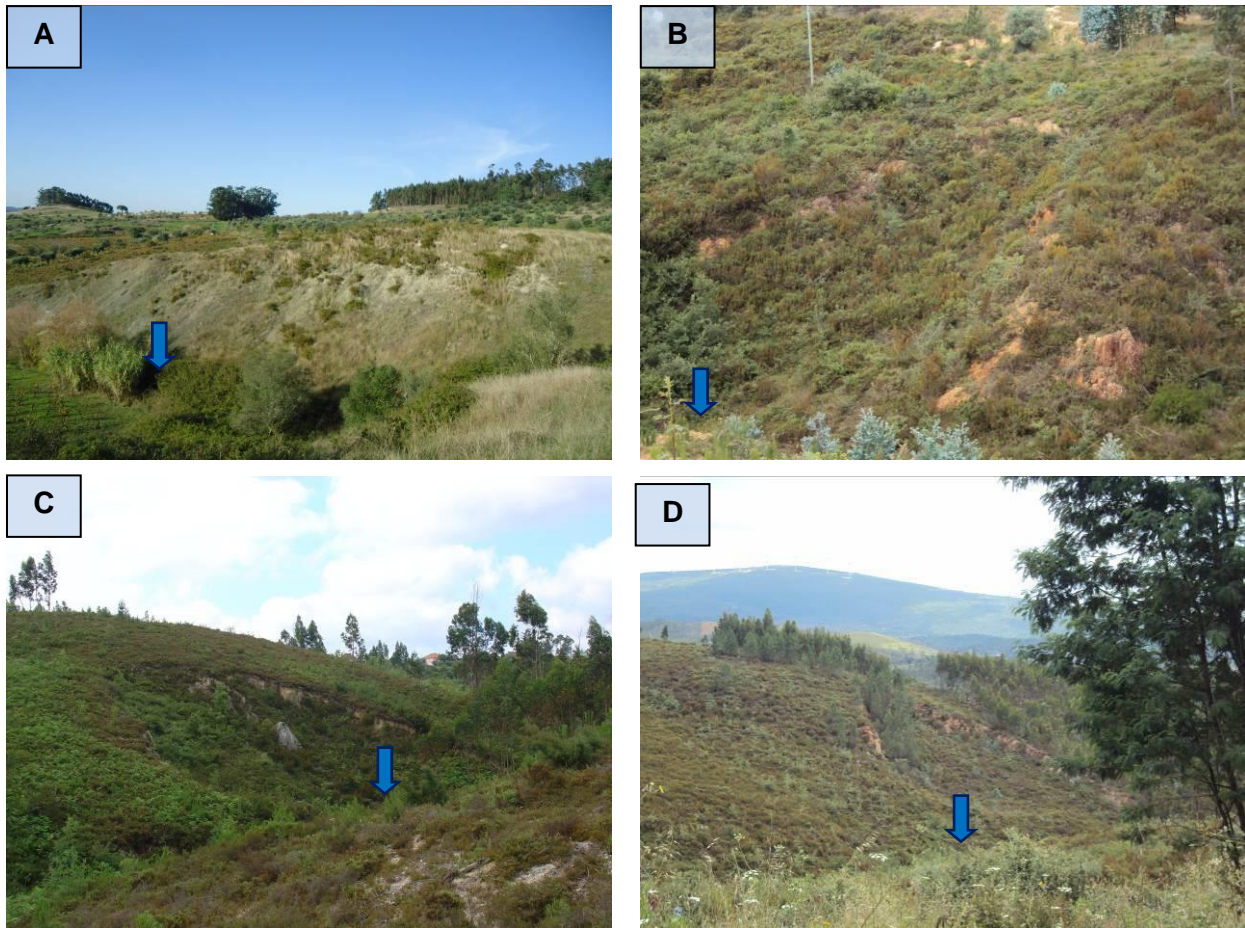


Figura 25: Deslizamentos associados à proximidade de linhas de água (as setas azuis indicam a localização do curso de água): (A) Laranjeiras, N.S. Misericórdias; (B) Junqueira, Freixianda; (C) Arneiro, Freixianda; (D) Cardal, Freixianda.

Os diferentes deslizamentos encontram-se distribuídos espacialmente de acordo com a Figura 26.

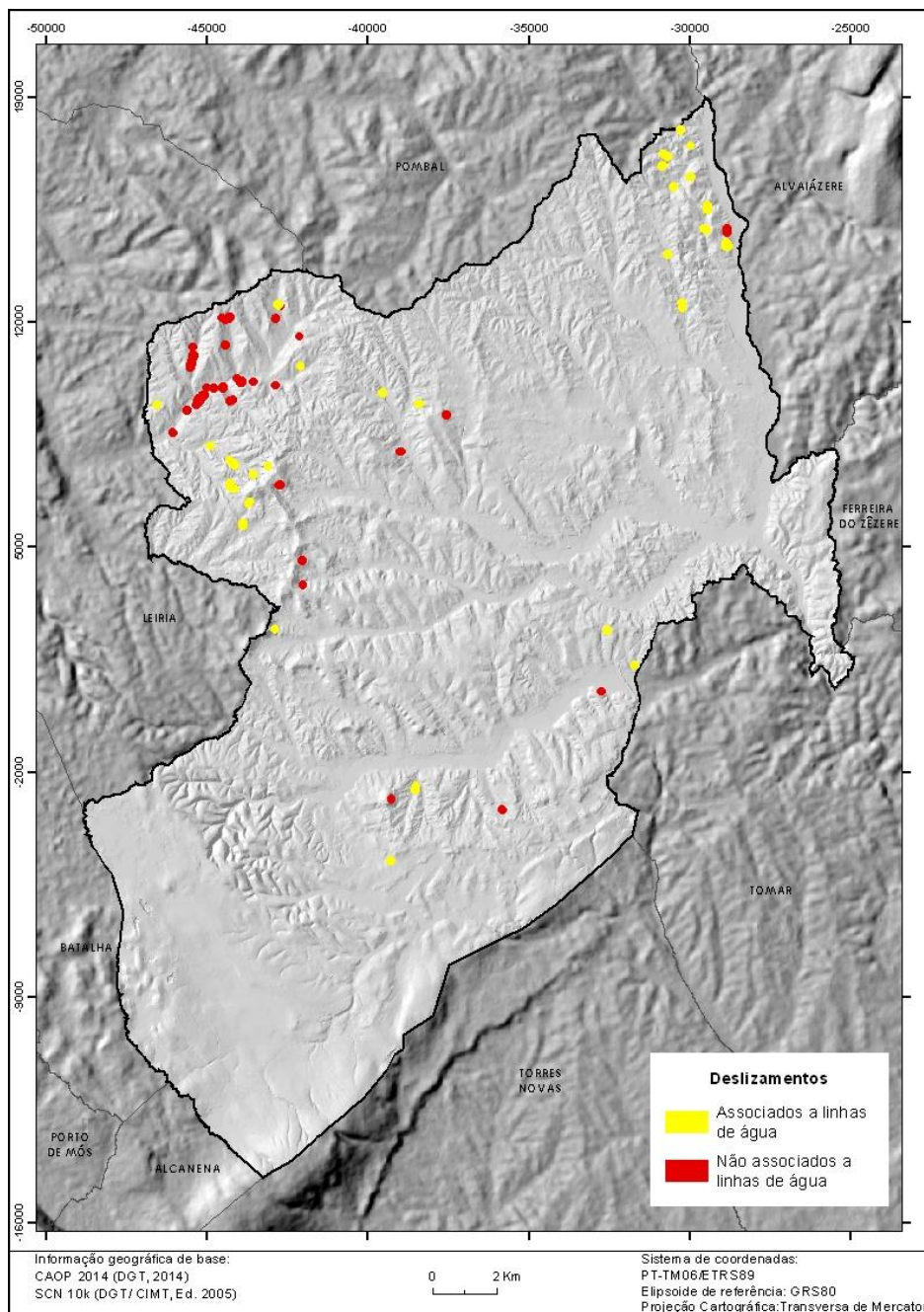


Figura 26: Distribuição espacial dos dois grupos de deslizamentos no concelho de Ourém, após validação através de trabalho de campo.

3. Delimitação

Em campo e posteriormente em gabinete delimitaram-se os limites aproximados de cada movimento.

O inventário final é constituído por deslizamentos de dimensão superior a 200 m².

Denotou-se, quer pela sua distribuição, quer pelas condicionantes físicas a que se encontram associados, a existência de dois grandes grupos de deslizamentos.

Estes deslizamentos foram agrupados não pela sua tipologia (rotacional, translacional e complexos), mas pelas condicionantes que actuam na destabilização do terreno, nomeadamente no papel desempenhado pela presença de linhas de água. Verificou-se que deslizamentos de diferentes tipos (translacionais, complexos) eram desencadeados por esta condicionante, não tendo no entanto, qualquer influência aparente na ocorrência de deslizamentos noutras locais, tais como o vale da Ribeira de Espite.

Quadro 11: Número de deslizamentos de vertente por grupo delimitado no concelho de Ourém.

Deslizamentos	Nº	Área (m ²)			
		Mínima	Média	Máxima	Total
Associados a linhas de água	43	220,1	799,9	3756,7	34396,4
Não associados a linhas de água	43	262,6	1193,1	5930,4	50034,9
Total	86	220,1	981,8	5930,4	84431,3

O número de deslizamentos considerados para cada tipologia foi o mesmo, 43, no entanto, a área média de um deslizamento associado a uma linha de água (1193,1m²) é substancialmente inferior à área média de um deslizamento não associado a uma linha de água (262,6 m²) (Quadro 11). A maioria da área instabilizada é referente a deslizamentos não associados a linhas de água, não sendo por isso de estranhar que o maior deslizamento considerado recaia nessa categoria (5930,4 m²) enquanto o menor deslizamento registo está associado a linhas de água.

4.2 *Condicionantes físicas*

Em capítulos anteriores foi referido que os deslizamentos são influenciados por fatores condicionantes que actuam na destabilização do terreno, os quais condicionam o grau de instabilidade potencial da vertente e determinam a variação espacial do grau de susceptibilidade do território à instabilidade.

Os fatores usualmente considerados são: declive em graus, exposição das vertentes, perfil transversal da vertente (curvatura), litologia e ocupação/uso do solo. Adicionalmente são considerados outros fatores que podem influenciar a ocorrência de deslizamentos, como, por exemplo, a pedologia (solos).

Tal como foi referido durante o trabalho de campo verificou-se que os fatores condicionantes não eram os mesmos para todos os tipos de deslizamentos tendo-se optado por diferenciar dois grandes grupos de deslizamentos: os associados a linhas

de água (deslizamentos de taludes naturais e de paredes de ravinas entre outros, associados a sapamento pelas linhas de água) e os não associados a linhas de água.

De modo a se proceder posteriormente ao cálculo do Valor Informativo as variáveis foram transpostas para estrutura matricial (célula de 5 m) e (re) classificadas segundo o Quadro 12. Esta dimensão da célula minimiza a quantidade de informação que se perde quando se passa de um formato vetorial para um formato matricial.

Os declives em graus foram agrupados em 8 classes, de acordo com os intervalos aplicados por Lopes (2008), para o concelho de Santarém. O concelho de Ourém não possui declives muito acentuados, optando-se por agrupar os declives superiores a 30°, por outro lado, considerou-se ser necessário diferenciar as áreas de declive menos acentuado, distribuindo – os por duas classes (0-2; 2-5).

A carta de exposição foi classificada em octantes, de acordo com a orientação das vertentes, mais uma classe para as áreas planas (9 classes).

A carta geológica (Figura 9) foi ligeiramente generalizada, agregando-se as sub - divisões das seguintes formações geológicas: Formação de Figueira da Foz; Camadas de Alcobaça; Camadas de Cabaços e de Montejunto. A partir da generalização das 19 classes do Quadro 7 obtiveram-se 15 classes.

As manchas da Carta de Solos podem ser constituídas por um ou por vários tipos de solo, até ao máximo de três, desde que o seu peso relativo seja superior a 10%. A classificação desta carta teve em conta apenas o tipo de solo dominante (peso relativo superior a 50%). Posteriormente, optou-se por agrupar os diferentes tipos de solo com base na ordem e sub ordem da classificação SROA. Os solos incipientes foram agregados por sub ordem (aluviossolos e coluviossolos) e os restantes tipos de solo por ordem (barros, calcários, litólicos, mediterrâneos, mólicos e podzolizados). Procedeu-se por exemplo: à aglomeração dos aluviossolos modernos com os aluviossolos antigos e à junção dos calcários pardos com os calcários vermelhos. A partir da generalização das 15 classes (Quadro 8) obtiveram-se 11 classes (Quadro 12).

A Carta de Ocupação de solo de 2007, com detalhe de informação de nível 5 à escala 1:25000, reclassificada segundo as 8 classes de uso do solo apresentadas por Oliveira (2012).

O perfil transversal da vertente foi obtido a partir do MDT, através da ferramenta *Curvatura*, tendo sido classificado em 3 formas de vertente, segundo os limites -0,05 e 0,05 (Figura 27).

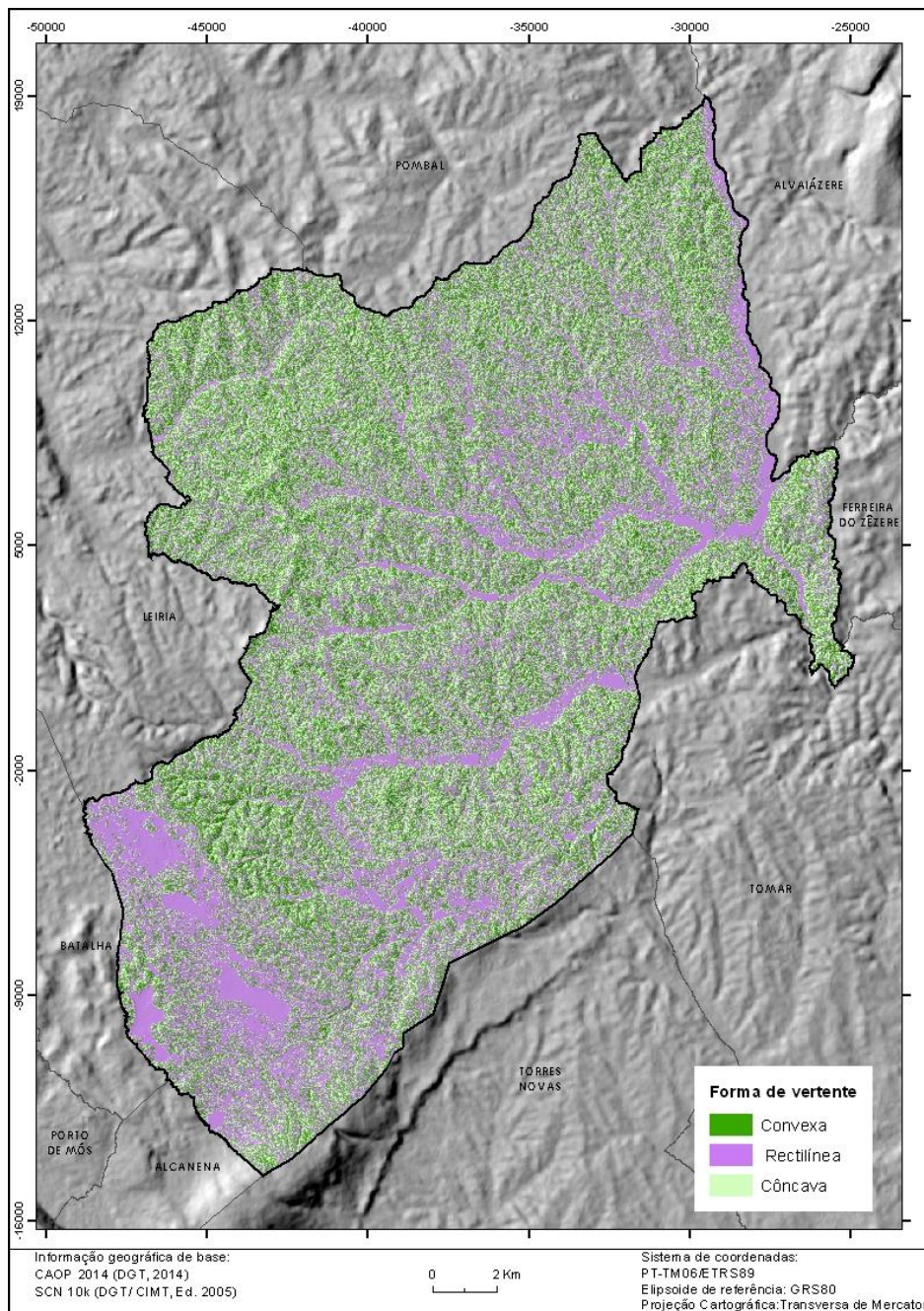


Figura 27: Curvatura transversal das vertentes no concelho de Ourém.

Fonte: SCN 10k (DGT/CIMT, Ed.2005).

A distância às linhas de água, corresponde à distância euclidiana de determinado ponto à linha de água mais próxima, obtida através da ferramenta *Distance* no ArcGIS 10.2. A informação das linhas de água pertence à Série Cartográfica Nacional 1:10000 (SCN 10k), de 1999, propriedade da CIMT e DGT.

Esta variável foi classificada em 7 intervalos de distância (Figura 28). Optou-se por classes de intervalo mais reduzido em distâncias menores, agrupando numa só classe as distâncias superiores a 200 m.

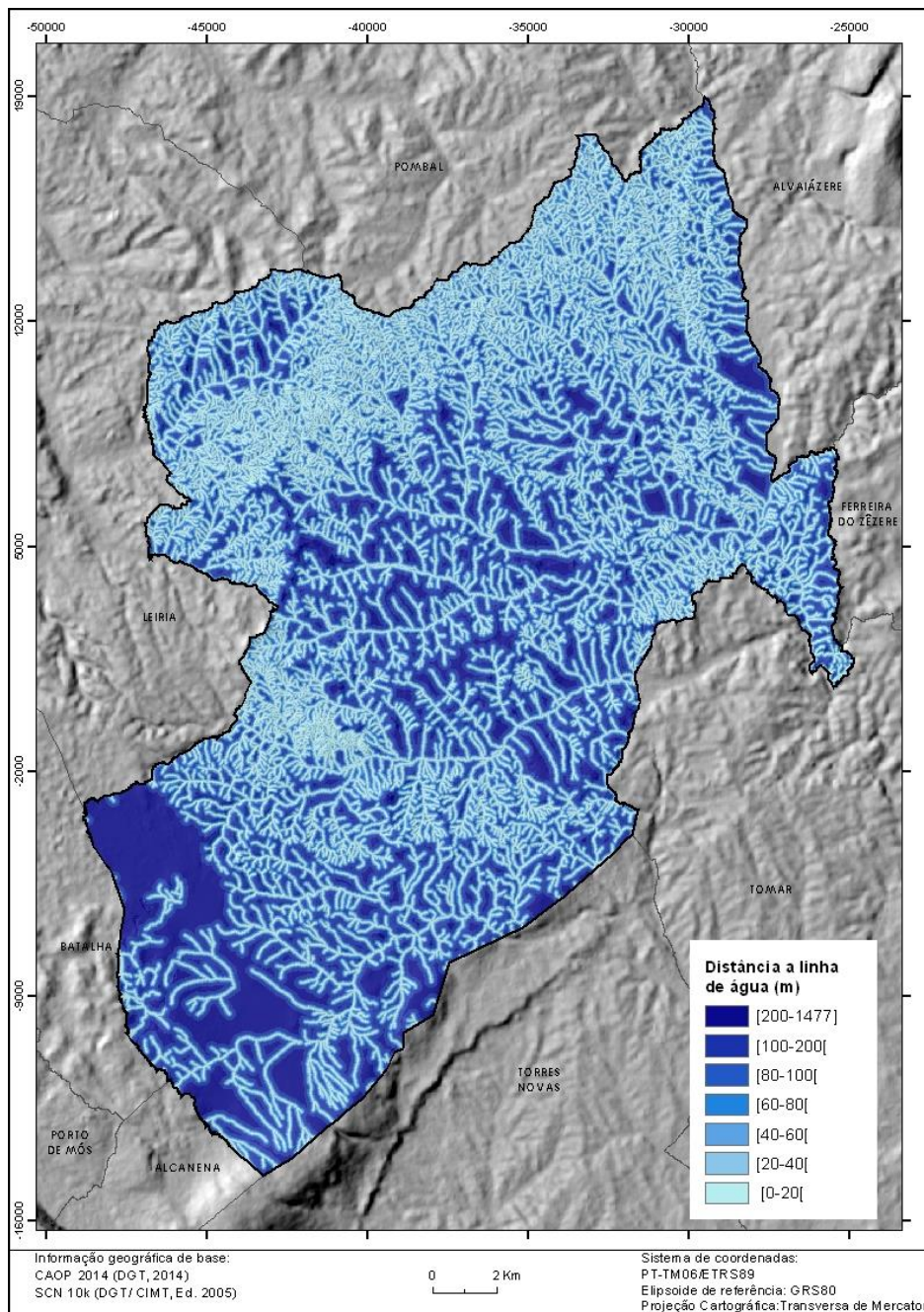


Figura 28: Distância às linhas de água no concelho de Ourém.
 Fonte: SCN 10k (DGT/CIMT, Ed.2005).

Quadro 12: Classe dos fatores físicos.

Declive (°)	Exposições	Geologia	Uso do solo	Solos	Curvatura da vertente	Distância linha de água (m)
(D1)]0-2]	(E1) Plano	(G1) Aluviões	(U1) Áreas agrícolas	(S1) Afloramento rochoso	(C1) Côncavo < - 0,05	(L1)]0-20[
(D2)]2-5]	(E2) Norte	(G2) Arenitos de Ourém	(U2) Áreas agrícolas heterogéneas	(S2) Área social	(C2) Retilíneo -0,05 – 0,05	(L2)]20-40[
(D3)]5-10]	(E3) Nordeste	(G3) Calcários de Moleanos	(U3) Áreas urbanas e equipamentos	(S3) Barros	(C3) Convexo > 0,05	(L3)]40-60[
(D4)]10-15]	(E4) Este	(G4) Calcários de Vale da Serra	(U4) Extração de inertes	(S4) Litólicos		(L4)]60-80[
(D5)]15-20]	(E5) Sudeste	(G5) Calcários e dolomitos de Montinhoso	(U5) Floresta	(S5) Mediterrânicos		(L5)]80-100[
(D6)]20-25]	(E6) Sul	(G6) Calcários margosos de Ourém e Batalha	(U6) Matos e vegetação herbácea	(S6) Calcários		(L6)]100-200[
(D7)]25-30]	(E7) Sudoeste	(G7) Calcários oolíticos de Fátima	(U7) Pomares	(S7) Hidromórficos		(L7)]200-1477]
(D8)]30-63]	(E8) Oeste	(G8) Camadas de Alcobça	(U8) Vinhas	(S8) Aluviossolos		
	(E9) Noroeste	(G9) Camadas de Cabaços e de Montejunto		(S9) Coluviossolos		
		(G10) Depósitos areníticos e terra rossa do MCE		(S10) Mólicos		
		(G11) Depósitos de terraços fluviais		(S11) Podzolizados		
		(G12) Dolomitos de Furadouro				
		(G13) Formação de Degracias				
		(G14) Formação de Figueira da Foz				
		(G15) Formação de Senhora da Estrela				
		(G16) Formação de Serra de Aire				
		(G17) Grupo de Barracão				

4.3 Método do Valor Informativo

O método do Valor Informativo (Yin e Yan, 1988; Yan, 1988; Zêzere, 2002) é um modelo estatístico de relação espacial, de base Bayesiana, que aplica uma transformação logarítmica (log natural) da razão entre a probabilidade condicionada e a probabilidade *a priori*.

$$I_i = \ln \frac{S_i}{N_i} / \frac{S}{N}$$

I_i = Valor informativo

S_i = nº de células com deslizamentos na variável X_i ;

N_i = nº de células com a variável X_i no território concelhio;

S = nº total de células com deslizamentos no território concelhio;

N = nº total de células no território concelhio.

Devido à normalização logarítmica não é possível determinar I_i quando $S_i=0$. Nestes casos I_i é igual ao I_i mais baixo determinado para o conjunto de variáveis de predisposição consideradas.

O valor da suscetibilidade para cada unidade matricial é calculado pelo valor informativo total dado pela equação:

$$I_j = \sum_{i=0}^m X_{ij} I_i$$

$m = n^\circ$ de variáveis;

$X_{ij} = 1$ ou 0 , consoante a variável X_i está ou não presente na célula j , respectivamente.

Como foi referido anteriormente, foi possível identificar dois grupos distintos de deslizamentos, de acordo com a sua distância às linhas de água e relação com a dinâmica fluvial. Para cada conjunto de deslizamentos foi calculado o respetivo valor informativo. A variável distância às linhas de água apenas foi considerada para o grupo de deslizamentos em que se constatou haver relação direta entre a presença do escoamento superficial e a sua ocorrência.

Os Quadros 13 e 14 demonstram os valores informativos (VI) associados a cada variável (classe de cada fator), obtidos para cada conjunto de deslizamentos. O valor de N é 16718351 células, que corresponde à totalidade da área de estudo (417958775 m²), tendo em conta a resolução utilizada no trabalho (5 m, ou seja, 25 m² por célula).

Quadro 13: Valor informativo para cada classe, referente a deslizamentos associados à presença de linhas de água ($N = 16718351$ células e $S=1370$ células).

Variável (Xi)	Si (células)	Ni (células)	Vi LN ((Si/Ni)/(S/N))
D1	46	3740456	-1,90
D2	24	2939962	-2,31
D3	130	5379758	-1,22
D4	253	2855315	0,08
D5	214	1195295	0,78
D6	319	425814	2,21
D7	240	134753	3,08
D8	144	46998	3,62
E1	15	1672264	-2,21
E2	171	1729863	0,19
E3	278	2350140	0,37
E4	193	2249653	0,05
E5	59	1971299	-1,01
E6	102	1865882	-0,40
E7	164	1962251	0,02

Variável (Xi)	Si (células)	Ni (células)	Vi LN ((Si/Ni)/(S/N))
E8	253	1512610	0,71
E9	135	1404389	0,16
G1	25	1244581	-1,41
G2	0	918395	-5,77
G3	0	247754	-5,77
G4	0	198	-5,77
G5	0	26800	-5,77
G6	14	981120	-1,75
G7	0	164758	-5,77
G8	140	498965	1,23
G9	30	2438404	-1,90
G10	0	4025	-5,77
G11	0	92575	-5,77
G12	0	107030	-5,77
G13	0	4854	-5,77
G14	1161	7965169	0,57
G15	0	227491	-5,77
G16	0	1701448	-5,77
G17	0	43646	-5,77
U1	30	924393	-0,93
U2	46	1319910	-0,86
U3	0	1635268	-5,77
U4	0	80587	-5,77
U5	777	7781086	0,19
U6	517	3005307	0,74
U7	0	1542788	-5,77
U8	0	377902	-5,77
S1	0	423158	-5,77
S2	0	448616	-5,77
S3	30	63620	1,75
S4	234	2096882	0,31
S5	10	1854170	-2,72
S6	259	1687945	0,62
S7	0	38102	-5,77
S8	122	1916068	-0,26
S9	0	571250	-5,77
S10	0	1787296	-5,77
S11	715	5780092	0,41
C1	696	5004062	0,53
C2	125	6369473	-1,43
C3	549	5344816	0,23
L1	783	3607124	0,97
L2	495	2996937	0,46
L3	66	2390864	-1,59
L4	25	1871076	-2,59

Variável (Xi)	Si (células)	Ni (células)	Vi LN ((Si/Ni)/(S/N))
L5	1	1369683	-5,77
L6	0	3051233	-5,77
L7	0	1431434	-5,77

Quadro 14: Valor Informativo para cada classe, referente a deslizamentos não associados à presença de linhas de água (N = 16718351 células e S = 1370 células).

Variável (Xi)	Si (células)	Ni (células)	Vi LN ((Si/Ni)/(S/N))
D1	0	3740456	-3,69
D2	10	2939962	-3,58
D3	113	5379758	-1,76
D4	573	2855315	0,50
D5	734	1195295	1,62
D6	427	425814	2,11
D7	145	134753	2,18
D8	36	46998	1,84
E1	0	1672264	-3,69
E2	459	1729863	0,78
E3	121	2350140	-0,86
E4	502	2249653	0,60
E5	84	1971299	-1,05
E6	12	1865882	-2,94
E7	118	1962251	-0,71
E8	171	1512610	-0,08
E9	571	1404389	1,20
G1	0	1244581	-3,69
G2	0	918395	-3,69
G3	0	247754	-3,69
G4	0	198	-3,69
G5	0	26800	-3,69
G6	67	981120	-0,58
G7	0	164758	-3,69
G8	1808	498965	3,39
G9	0	2438404	-3,69
G10	0	4025	-3,69
G11	0	92575	-3,69
G12	0	107030	-3,69
G13	0	4854	-3,69
G14	163	7965169	-1,79
G15	0	227491	-3,69
G16	0	1701448	-3,69
G17	0	43646	-3,69
U1	0	924393	-3,69
U2	324	1319910	0,70
U3	5	1635268	-3,69

Variável (Xi)	Si (células)	Ni (células)	Vi LN ((Si/Ni)/(S/N))
U4	0	80587	-3,69
U5	260	7781086	-1,30
U6	1068	3005307	1,07
U7	49	1542788	-1,35
U8	332	377902	1,97
S1	0	423158	-3,69
S2	10	448616	-1,70
S3	0	63620	-3,69
S4	42	2096882	-1,81
S5	15	1854170	-2,72
S6	1828	1687945	2,18
S7	0	38102	-3,69
S8	0	1916068	-3,69
S9	0	571250	-3,69
S10	0	1787296	-3,69
S11	143	5780092	-1,60
C1	873	5004062	0,36
C2	324	6369473	-0,87
C3	841	5344816	0,26

Como se pode verificar, a distribuição dos deslizamentos é distinta (Figura 26): os deslizamentos não associados a linhas de água encontram-se principalmente no noroeste do concelho, enquanto os deslizamentos não associados a linhas de água têm uma maior incidência no nordeste. Todos os deslizamentos registados ocorreram na bacia sedimentar de Ourém.

As classes de declive são aquelas que apresentam valores informativos mais elevados em ambos os conjuntos de deslizamentos (Quadros 13 e 14). Mas enquanto os deslizamentos associados a linhas de águas ocorrem preferencialmente em declives superiores a 20° (VI > 2,2), os deslizamentos não associados a linhas de água ocorrem preferencialmente a partir de declives acima de 15° (VI > 1,6). O valor informativo referente a declives superiores a 30° é muito elevado nos deslizamentos associados a linhas de água (Vi = 3,62), enquanto no outro conjunto de deslizamentos, o valor para esta classe é de 1,84.

Apesar de ser uma condicionante considerada em diferentes estudos pela relação que se estabelece, em determinados contextos, com a estrutura das camadas geológicas (e.g. Reis *et al.*, 2003), a exposição das vertentes é pouco importante na determinação de futuros deslizamentos no concelho de Ourém, o que se comprova pelos baixos valores informativos das suas classes. Existe uma exceção, muitos dos movimentos

não associados a linhas de água identificados estão expostos a noroeste, mas, mesmo neste caso, o VI é apenas de 1,2.

A litologia é outro fator essencial para compreender a ocorrência de movimentos. Grande parte dos deslizamentos não associados a linhas de água ocorreu nas Camadas de Alcobaça: Argilas, areias e cascalheiras (G8) (VI =3,39).

Embora seja a classe litológica com maior nº de células com deslizamentos associados a linhas de água (Si = 1161 células), a Formação da Figueira da Foz (G14) não possui o VI mais elevado (VI = 0,57), G8 possui um valor informativo superior (VI = 1,23). Estes valores informativos são explicados pelo nº de células no concelho de G8 (Ni = 12474125 células) ser muito inferior ao de G14 (Ni = 199129225 células).

Os valores informativos referentes às classes de uso solo não são muito elevados. Nos deslizamentos associados a linhas de água verificou-se que estão associados essencialmente a matos (VI = 0,74) e floresta (VI = 0,19), pois as áreas adjacentes a linhas de água com declive superior a 20º não costumam ter aproveitamento agrícola; já os deslizamentos não associados a linhas de água incidiram em grande parte em áreas de vinha (VI = 1,97).

Os valores informativos das classes de solos não são muito elevados no que se refere aos deslizamentos associados a linhas de água, com exceção da classe dos Barros (VI = 1,75), explicado pelo registo de um deslizamento neste tipo de solo (SI = 30 células). Como esta classe possui uma dimensão muito reduzida no concelho (Ni = 63620 células) o valor informativo é inflacionado.

Já no que se refere aos deslizamentos não associados a linhas de água, a maioria dos movimentos ocorreram em solos calcários, explicando desse modo o valor informativo elevado (Vi= 2,18).

Tal como nas exposições, a análise da curvatura de uma vertente não permite identificar uma correlação direta entre a sua forma e ocorrência de deslizamentos. Esta classe poderia ser facilmente descartada, pois tem pouca influência no resultado final (VI < 0,54). No entanto é notório o contraste entre as vertentes retilíneas (VI <0) e as restantes.

Em relação aos deslizamentos associados à distância a linhas de água, como é óbvio, o VI mais elevado (VI = 0,97) coincide com a classe de maior proximidade (< 20 m),

sendo que para distâncias superiores a 40 m, este grupo de deslizamentos está quase ausente.

O valor informativo mais elevado para os deslizamentos associados a linhas de água (VI = 3,62) é referente a declives superiores a 30°, enquanto nos deslizamentos não associados a linhas de água o valor informativo mais elevado (VI=3,30) é referente às Camadas de Alcobaça.

Pode-se afirmar que os deslizamentos não associados a linhas de água ocorrem com maior frequência a partir de declives mais moderados (declives > 15°), em vinhas ou em área de mato, presentes nas camadas de alcobaça e associados a solos calcários. Os deslizamentos associados a linhas de água, ocorrem preferencialmente a menos de 20 metros de uma linha de água, em declives superiores a 20°.

4.3.1 Validação dos resultados da análise de suscetibilidade

De acordo com a Resolução do Conselho de Ministros n.º 81/2012, de 3 de Outubro, posteriormente retificada pela Declaração de Retificação n.º 71/2012, os resultados obtidos a partir do método do Valor Informativo deveram ser validados com a curva de sucesso. A qualidade da carta de suscetibilidade (obtida a partir do Valor Informativo) deve ser demonstrada através da aplicação da taxa de sucesso.

Como refere Oliveira (2012) (e.g. Chung e Fabbri, 1999; 2003;2005) a avaliação de um modelo através curvas de sucesso e de predição é demonstrada em termos percentuais, representando no eixo das abcissas a área de estudo classificada por ordem decrescente de suscetibilidade e no eixo das ordenadas uma função de distribuição cumulativa da área deslizada (Figuras 29).

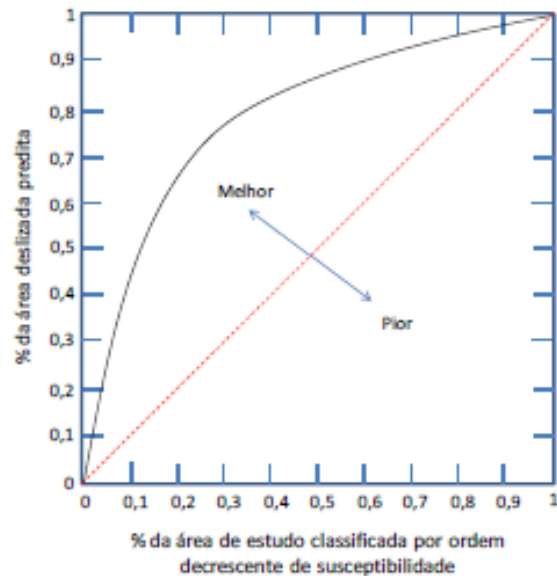


Figura 29: Definição gráfica de uma curva de sucesso ou de predição.
 Fonte: extraído de (Oliveira, 2012).

Com base no desvio da curva é possível verificar a qualidade do modelo. Considera-se que um modelo foi determinado ao acaso quando a “curva” é traduzida por uma linha recta (diagonal a partir da origem do gráfico ao valor máximo). Quando a curva têm desvio U “positivo” em relação à diagonal, o modelo é forte, quando o desvio é “negativo” à diagonal, o modelo é fraco e deve ser refeito (e.g. Guzzeti,2005 em Oliveira, 2012).

Para calcular a taxa de sucesso, têm-se apenas de se cruzar o mapa de suscetibilidade com os deslizamentos utilizados na sua elaboração. (Zêzere 2010, em Oliveira, 2012).

Para além da taxa de sucesso, pode-se calcular a taxa de predição. Esta taxa é mais exigente que a taxa de sucesso pois necessita que o inventário de deslizamentos seja dividido em dois grupos independentes, em que um é utilizado na elaboração do modelo de Valor Informativo e o outro para a sua validação. (Zêzere,2010 em Oliveira, 2012).

Em ambos os casos quanto maior for a inclinação no sentido positivo da curva, melhor será o modelo.

Optou-se apenas pela taxa de sucesso, por ser mais simples, não necessita de dois conjuntos de dados, e devido à reduzida quantidade de deslizamentos registados (43 associados a linhas de água e 43 não associados a linhas de água). A taxa de sucesso tende a aumentar com a redução do números de movimentos considerados para a elaboração do modelo (Garcia, 2012; Chung e Fabbri, 2008), devendo-se deste

modo considerar o maior número de ocorrências possível. Optou-se por utilizar todos os deslizamentos registados no cálculo do modelo do Valor Informativo.

A avaliação da qualidade das taxas de sucesso e de predição é realizada através da determinação da área abaixo da curva (AAC). A AAC varia entre 0 ou 0% (capacidade preditiva fraca) e 1 ou 100% (capacidade preditiva forte). O valor intermédio de 0,5 ou 50% corresponde a uma capacidade preditiva casual. (e.g Oliveira,2012; Bi e Bennett, 2003; Beguería, 2006).

A AAC é definida pela seguinte equação (e.g., Garcia, 2012):

$$AAC = \sum_{i=1}^n \left[(Ls_i - li_i) \times \frac{(a_i + b_i)}{2} \right]$$

Onde:

- Lsi – valor superior do intervalo (abcissas);
- Li – valor inferior do intervalo (abcissas);
- ai – valor da ordenada correspondente a li;
- bi – valor da ordenada correspondente a Lsi;
- i – nº de intervalos de valor ou nº da classe.

As cartas de suscetibilidade foram classificadas de acordo com as respetivas curvas de sucesso, onde se cruza a área deslizada (inventariada) com os valores de suscetibilidade do concelho) (Figuras 30 e 31). Ambas curvas de sucessos têm desvio U positivo em relação à diagonal. AAC próximas de 100% (96,1% e 98,7% respetivamente).

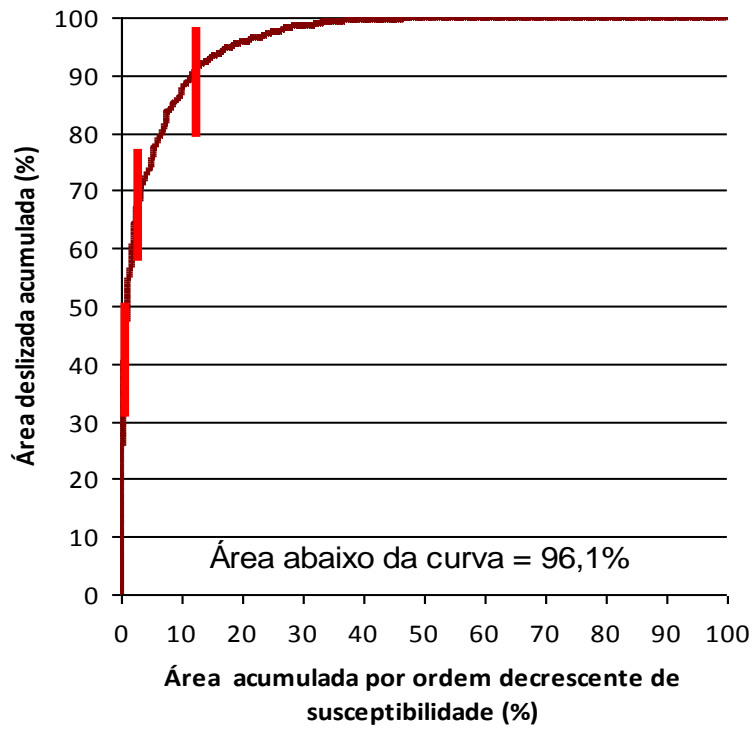


Figura 30: Curva de sucesso do modelo de suscetibilidade à ocorrência de movimentos de vertente (de acordo com o método do Valor Informativo) associados a linhas de água, no concelho de Ourém.

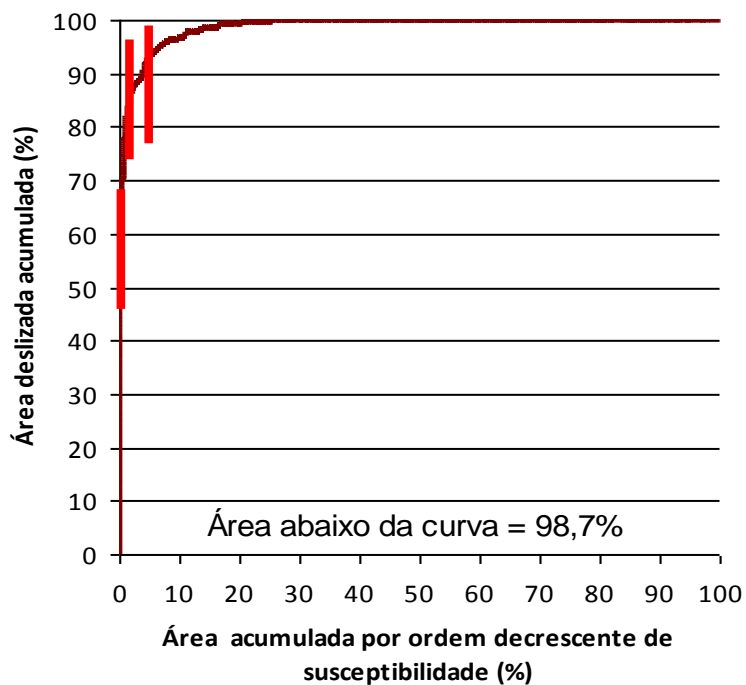


Figura 31: Curva de sucesso do modelo de suscetibilidade à ocorrência de movimentos de vertente (de acordo com o método do Valor Informativo) não associados a linhas de água, no concelho de Ourém.

Quadro 15: Classes de susceptibilidade aos deslizamentos

Classes de Suscetibilidade	Scores do Valor Informativo		Área do concelho (%)		Área deslizada (%)	
	associados a linhas de água	não associados a linhas de água	desliz. associados a linhas de água	desliz. não associados a linhas de água	desliz. associados a linhas de água	desliz. não associados a linhas de água
Muito elevada	] 4,275- 7,886]	] 7,798;11,283]	0,4	0,3	39,6	60,8
Elevada	] 2,763;4,275]	] 5,263;7,798]	3,1	1,1	31,5	20,3
Moderada	] 0,641;2,763]	] 0,088; 5,263]	10	4,1	21,1	12,7
Baixa	[-28,619; 0,641]	[-19,317;0,088]	86,4	94,5	7,81	6,3

Analisando o Quadro 15, pode-se afirmar que grande parte do concelho possui uma baixa susceptibilidade a movimentos de vertente, abrangendo uma área superior a 85%. Por outro lado, as classes de susceptibilidade muito elevada e elevada cobrem uma área inferior a 5%, o correspondente a mais de 70% da área deslizada.

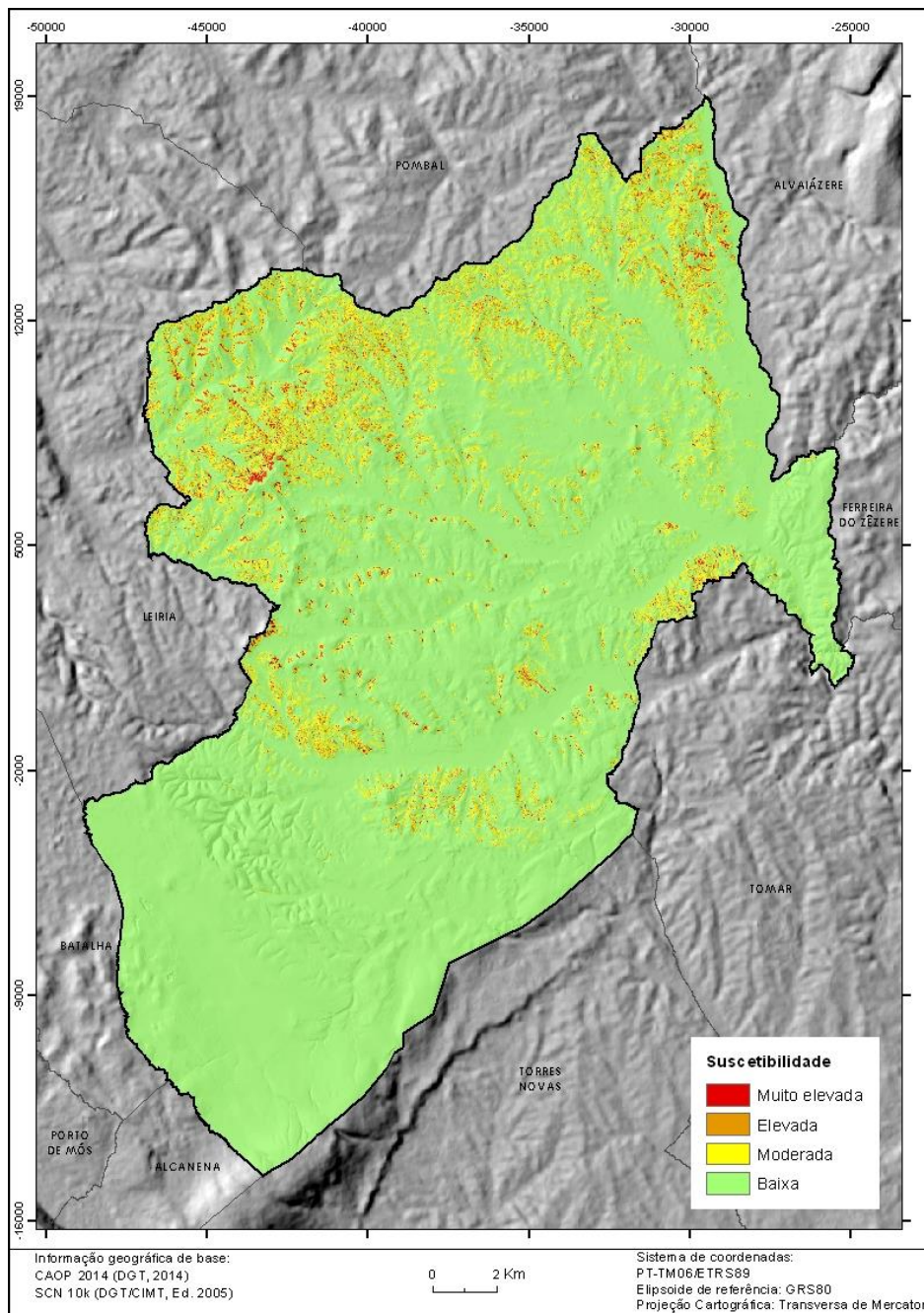


Figura 32: Suscetibilidade a deslizamentos associados a linhas de água, no concelho de Ourém.

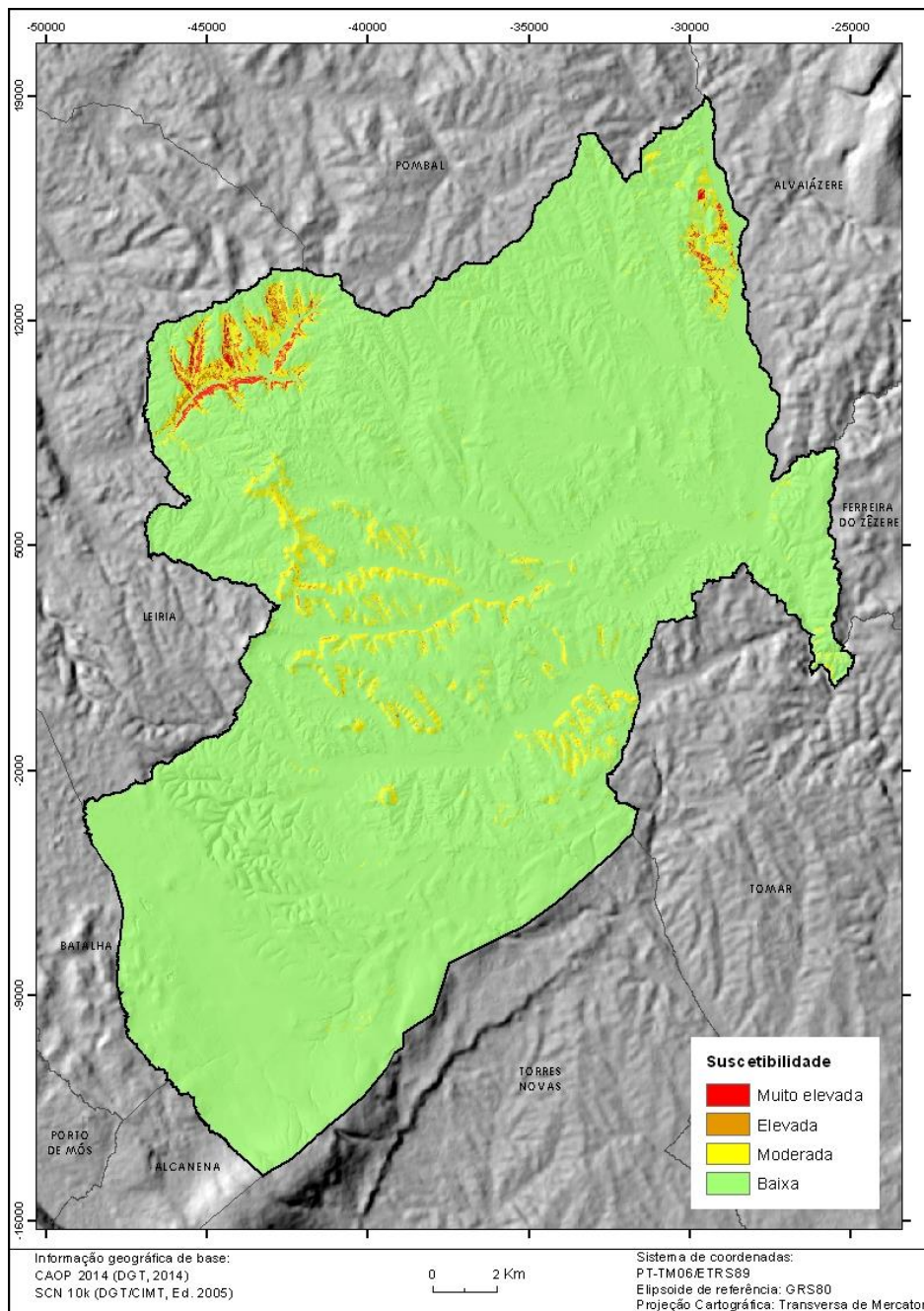


Figura 33: Suscetibilidade a movimentos de vertente não associados a linhas de água no concelho de Ourém.

Os maciços calcários (sul e oeste do concelho) possuem uma baixa suscetibilidade a movimentos de vertente, visto serem constituídos por material mais consolidado, calcários, e no caso específico do maciço calcário estremenho, de uma rede hidrográfica superficial à superfície mal definida.

As áreas de maior suscetibilidade a movimentos associados a linhas de água (Figura 32) encontram-se distribuídas por toda a bacia de sedimentar de Ourém, em grande parte no setor montante das linhas de água com declive mais acentuado.

As áreas de maior suscetibilidade de vertente não associadas a linhas de água (Figura 33), encontram-se mais localizadas, na sua maioria no norte do concelho, nomeadamente no noroeste, bacia hidrográfica do Lis e vale do rio Nabão.

Tendo em conta que “a área a integrar na REN deve ser a suficiente para garantir a inclusão de uma fracção nunca inferior a 70% das áreas identificadas como instabilizadas no inventário” (Declaração de Retificação nº71/2012 de 30 novembro), considera-se que as áreas de suscetibilidade muito elevada e elevada (Figura 34), devem ser integradas em REN, o referente a 4,5% (1861,6 ha) do total do concelho (que engloba 71% dos deslizamentos associados à proximidade a linhas de água e 81% dos deslizamentos não associados a linhas de água). O mapa final (Figura 34) resulta da junção das áreas de suscetibilidade muito elevada e elevada referente aos dois conjuntos de deslizamentos.

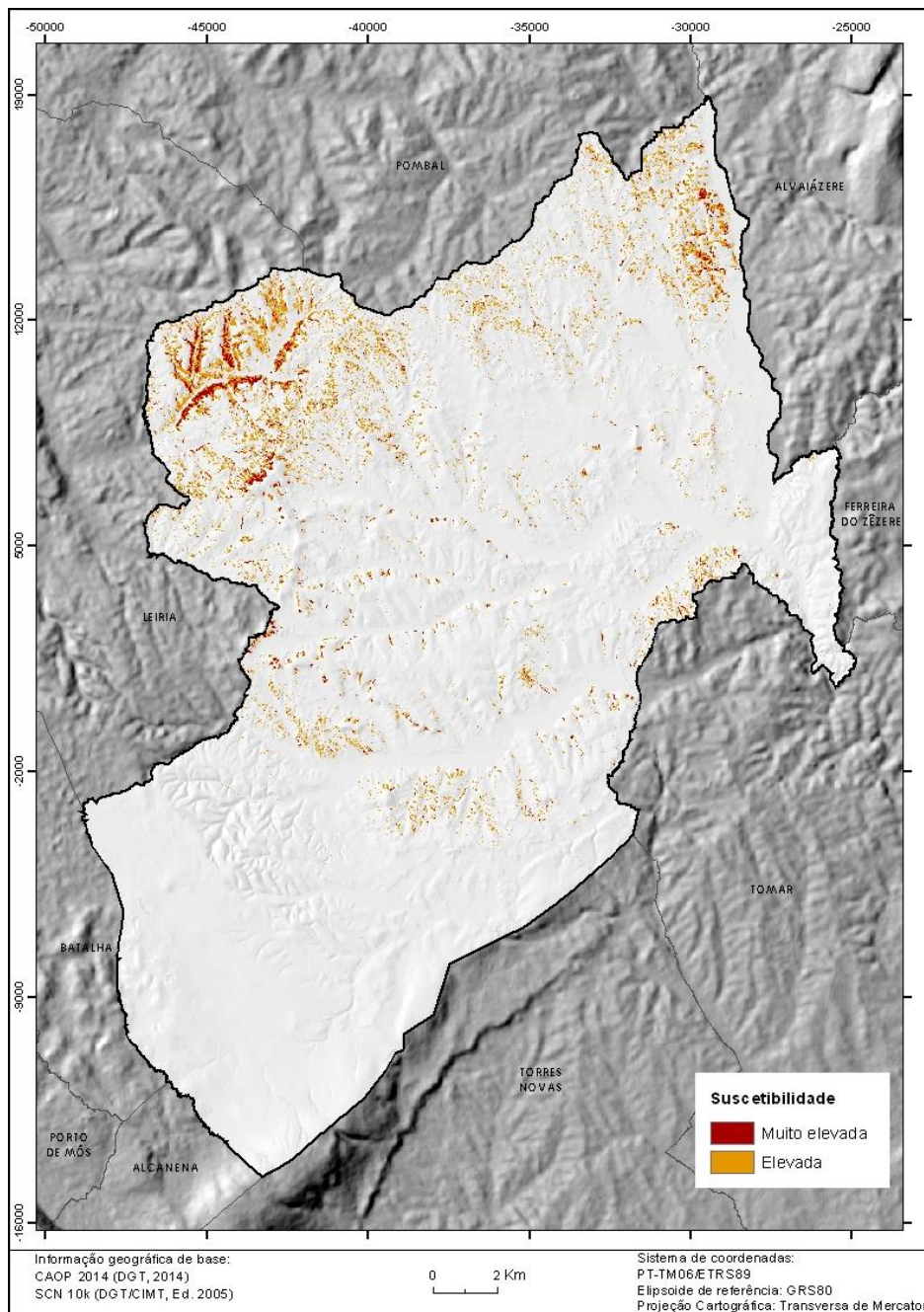


Figura 34: Áreas a integrar na REN do concelho de Ourém, correspondentes às classes de suscetibilidade elevada e muito elevada à ocorrência de deslizamentos.

4.4 *Suscetibilidade aos movimentos de vertente CCDR – LVT*

Apesar de na Declaração de Resolução do Conselho de Ministros nº 81/2012 de 3 outubro se definir o método do Valor Informativo como a metodologia a utilizar na identificação das áreas de instabilidade de vertentes, o Guia Metodológico para a Delimitação da Reserva Ecológica Nacional referente à Região de Lisboa e Vale do

Tejo, publicado em julho de 2015 pela CCDR – LVT, refere outra metodologia a aplicar caso não exista registo de ocorrências.

O método em questão é o utilizado na avaliação das áreas de instabilidade de vertentes no âmbito do Quadro Regional de Referência da REN no OVT (CCDR-LVT; Ramos *et al.*, 2009). Este método é mais simples que o método do Valor Informativo limitando-se a interseção dos principais fatores condicionantes da instabilidade de vertentes (litologia e declive) e não se baseia em inventários de movimentos de vertente.

A referida metodologia agrupa os diferentes tipos geológicos presentes na sub-região do Oeste e Vale do Tejo (OVT) em oito classes. No concelho de Ourém encontram-se as seguintes classes: depósitos superficiais, rochas carbonatadas compactas, rochas sedimentares detríticas (grés, conglomerados) e rochas sedimentares plásticas (margas, argilas). A cada classe litológica está associado um limiar crítico de declive (graus) acima do qual é expectável a ocorrência de movimentos de vertente (Quadro 16).

Quadro 16: Limiares críticos de declive considerados na identificação das áreas de instabilidade de vertentes no concelho de Ourém, de acordo com CCDR-LVT (Ramos e *tal.*, 2009).

Classes litológicas	Declive (º)
Depósitos superficiais	10
Rochas carbonatadas compactas	25
Rochas sedimentares detríticas (grés, conglomerados)	15
Rochas sedimentares plásticas (margas, argilas)	10

A litologia presente no concelho de Ourém foi agrupada de acordo com o Quadro 17 e posteriormente cruzada com o limiar de declive respetivo.

Quadro 17: Reclassificação da geologia de acordo com os critérios da CCDR-LVT em Ramos e tal. (2009).

Geologia 1/50000	Classes litológicas (CCDR-LVT)
Aluviões	Depósitos superficiais
Depósitos areníticos e terra rossa do Maciço Calcário Estremenho	
Depósitos de terraços fluviais	
Grupo de Barracão	Rochas sedimentares plásticas
Calcários margosos de Ourém e Batalha	
Camadas de Alcobaça	
Arenitos de Ourém	Rochas sedimentares detriticas
Formação de Figueira da Foz	
Camadas de Cabaços e de Montejunto indiferenciadas	Rochas carbonatadas compactas
Calcários de Moleanos	
Calcários oolíticos de Fátima	
Formação de Serra de Aire	
Formação de Senhora da Estrela	
Dolomitos de Furadouro	
Calcários e dolomitos de Montinhoso	
Calcários de Vale da Serra	
Formação de Degracias	

De acordo com esta metodologia, 4403,3 ha (10,6 %) do concelho de Ourém são suscetíveis à instabilidade das vertentes (Figura 35).

A CCDR-LVT (2015) refere que quando não existe registo de ocorrências e de quando da inventariação efetuada inicialmente, se conclua pela inexistência de movimentos de vertente no território concelhio se deve aplicar esta metodologia. Esta afirmação pode levar a que alguns municípios simplesmente não se esforcem em elaborar um inventário. Deve-se referir que apesar de um município não possuir registo de movimentos, o município vizinho com características semelhantes o pode ter os seus movimentos inventariados.

Este método foi desenvolvido com carácter regional, com base em informação geológica à escala 1:500000. As classes litológicas consideradas são demasiado abrangentes. A transposição de 17 classes para apenas 4 classes (Quadro 17) é pouco admissível à escala municipal. As características dos Arenitos de Ourém são completamente distintas das da Formação da Figueira da Foz, no entanto recaem na mesma classe.

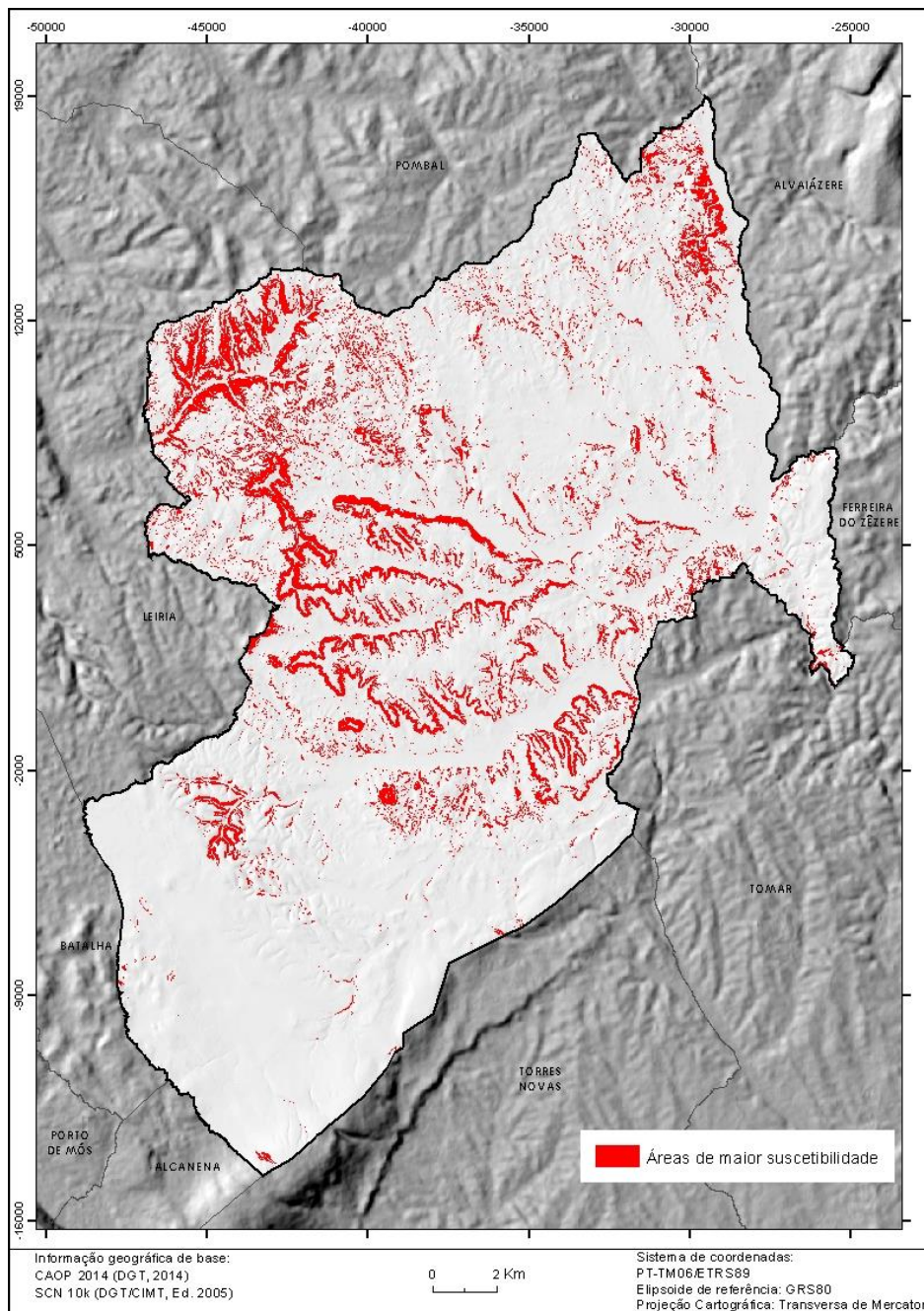


Figura 35: Suscetibilidade a movimentos de vertente no concelho de Ourém, segundo a CCDR-LVT (em Ramos *et al.*, 2009).

Apesar de não necessitar de um inventário na sua elaboração, este é necessário à validação da qualidade do modelo. Esta metodologia não discrimina a tipologia de movimentos de vertente associada a cada classe de declive e limiar respetivo, impossibilitando a sua validação através da sua intersecção com os movimentos inventariados.

4.5 Comparação de Resultados

As duas metodologias têm uma escala de aplicabilidade diferente, pois a metodologia da CCDR-LVT não se encontra vocacionada para uma escala municipal;

Segundo a metodologia do Valor Informativo, devem ser integrados em REN, 1861,6 ha, (susceptibilidade elevada e muito elevada a deslizamentos), 4,5% do concelho.

De acordo com a metodologia da CCDR – LVT, a área a integrar a REN é superior (4403,3 ha), 10,6% do concelho.

Apenas 1199,3 ha (2,9%) do concelho são coincidentes a ambas as metodologias (Figura 36). Os resultados do Valor Informativo coincidem em 64,4% com os resultados da metodologia da CCDR – LVT (2009).

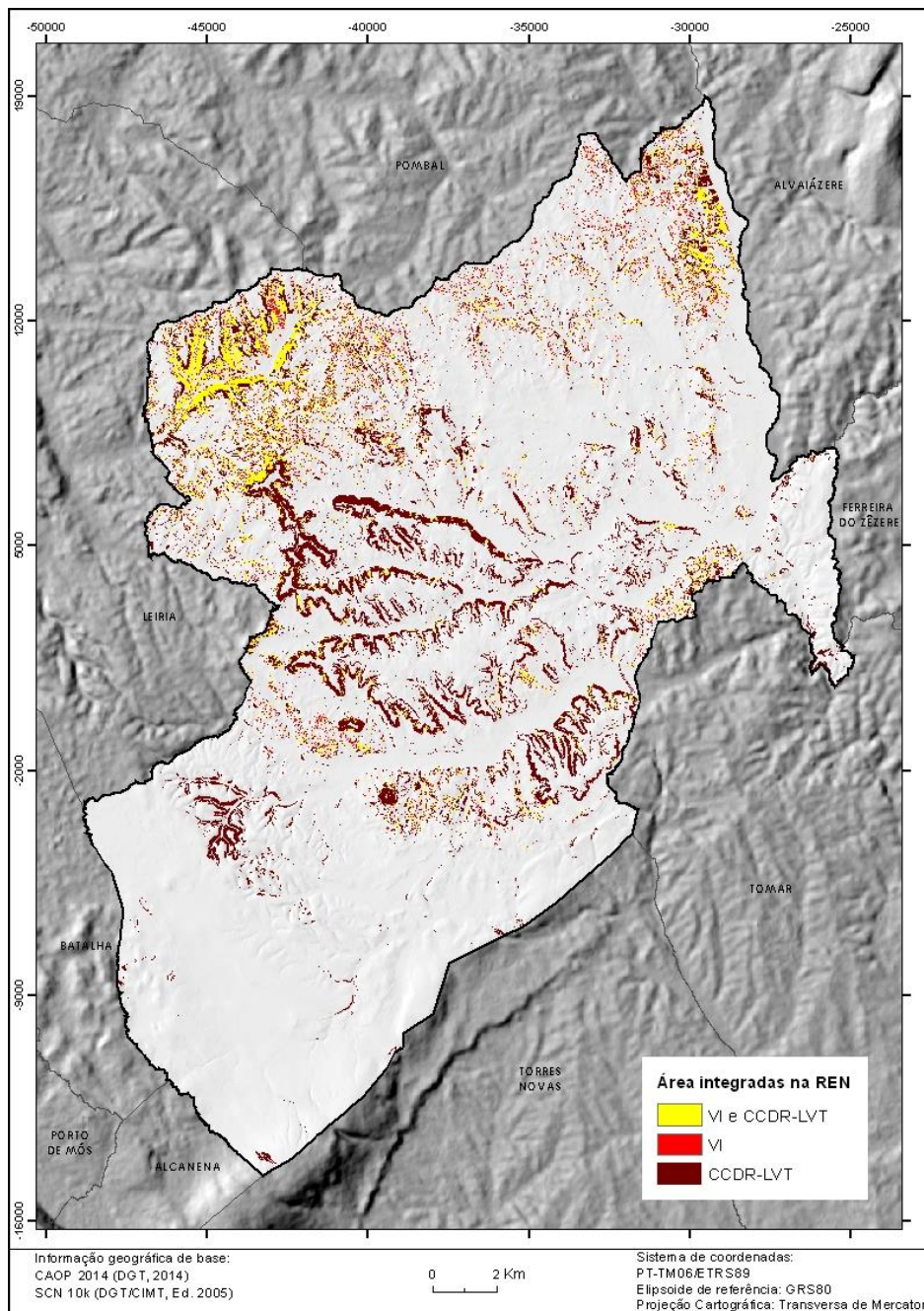


Figura 36: Comparação entre os resultados obtidos através do método do Valor Informativo (VI) e através do método definido em CCDR-LVT (2009), no concelho de Ourém.

Tendo em conta que área de REN da CCDR é mais do dobro do que a do VI, seria expectável que a percentagem de intersecção fosse mais elevada.

Ao contrário do que sucede com a metodologia presente no Quadro Regional de Referência da REN na OVT, não existe um limite rígido referente à área a integrar na REN, referindo apenas que se deve garantir que deve conter pelo menos 70% das áreas identificadas como instabilizadas no inventário. A área a integrar em REN engloba 71% dos deslizamentos associados à proximidade a linhas de água e 81% dos deslizamentos não associados a linhas de água.

A utilização de fatores condicionantes diferentes, como por exemplo o uso do solo, explica que parte da área integrada em REN segundo o Valor Informativo não recaía dentro dos limites definidos na metodologia da CCDR – LVT (2009).

Grande parte da área de VI não coincidente com a metodologia CCDR – LVT (2009) é constituída por manchas de pequena dimensão.

5 Suscetibilidade à Erosão Hídrica do Solo

A Resolução do Conselho de Ministros n.º 81/2012, de 3 de Outubro, posteriormente retificada pela Declaração de Retificação n.º 71/2012, define que a identificação das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo deve ter como base a aplicação da Equação Universal de Perda do Solo (EUPS).

Após o cálculo da EUPS, deve ser aplicada a Razão de Cedência dos Sedimentos (SDR) de modo a estimar a Perda de solo específico (Pse).

Os resultados obtidos através do Pse deveram ser classificados segundo os limites definidos no Quadro 18.

Quadro 18: Classificação da perda do solo associada a risco de erosão hídrica.

Perda do solo (Pse) ton/ha.ano	Risco
Maior ou igual a 55	Elevado
Entre 25 e 55	Médio
Entre 0 e 25	Baixo

A RCM n.º 81/2012, de 3 de Outubro considera que apenas as áreas de “Risco” elevado devem ser integradas em REN, contudo, após algumas reuniões com a CDDR-LVT considerou-se que também deveriam ser integradas as áreas de “Risco” médio.

5.1 Equação Universal de Perda de Solo (EUPS)

A Equação Universal de Perda do Solo (EUPS) baseia-se nos estudos elaborados por Wischmeier e Smith (1978). A EUPS foi desenvolvida a partir de dados recolhidos no EUA e procura calcular a erosão específica do solo, originada quer por erosão em toalha ou por sulcos. A erosão específica do solo resulta da combinação de fatores climáticos, orográficos, pedológicos e antrópicos.

A EUPS publicada na Resolução do Conselho de Ministros n.º 81/2012, de 3 de Outubro, e posteriormente rectificado pela Declaração de Retificação n.º 71/2012 é definida do seguinte modo:

$$A = 2,24 \times R \times K \times LS \times C \times P,$$

em que:

A – erosão específica do solo (ton/ha.ano)

2,24 – constante de conversão das unidades anglo-saxónicas para o Sistema internacional (SI);

R – fator de erosividade da precipitação, que deverá ser baseado nas estimativas efectuadas pelo antigo INAG, considerando eventos com precipitação total superior a 50,8 mm, ponderados pela área em análise (tamericanas.pé/acre);

K – fator de erodibilidade do solo, baseado nos valores propostos por Pimenta (1998), no Sistema Imperial;

LS – fator topográfico, adimensional que exprime a importância conjugada do comprimento da encosta (*L*) e do seu declive (*S*), aferidos à geometria normalizada dos talhões experimentais (*L* igual a 22,5 m e *S* igual a 9%);

C – fator relativo à ocupação do solo, baseado na correspondência entre as cartas Corine Land Cover e COS' 90 e o valor de *C* proposto por Pimenta (1999). A unidade de medida é adimensional, variando entre 0 e 1;

P – fator antrópico, baseado na densidade populacional dos concelhos do continente (n.º hab/km²) obtida através dos dados do INE, a partir dos quais são definidas 20 classes, correspondendo a classe de menor densidade populacional ao valor de *P* 5% e a de maior densidade ao valor de 100%. A unidade de medida é adimensional, variando entre 0 e 1.

Apesar da RCM n.º 81/2012, de 3 de outubro, retificada pela Declaração de Retificação nº 71/2012, de 29 novembro, determinar o cálculo da erosão específica do solo, após algumas reuniões com a CCDR-LVT, entendeu-se que se deveria proceder ao cálculo da erosão hídrica potencial, atribuindo aos fatores *C* e *P*, o valor constante de 1.

O fator *C* é extremamente mutável, pelo que é impossível obter uma carta de ocupação de solo atualizada, enquanto *P* é um fator extremamente complicado de calcular face à dificuldade de isolar manchas de homogéneas de densidade populacional.

5.1.1 Fator de Erosividade (R)

O fator *R* deriva do “Mapa de erosividade da Precipitação” elaborado por Cláudia Brandão (INAG/DMSIDH 2003), tal como se encontra definido pela RCM n.º 81/2012, de 3 de Outubro.

O “Mapa de erosividade da precipitação” foi realizado à escala nacional, considerando eventos com precipitação total superior a 50,8 mm, referentes a 449 postos udométricos de Portugal Continental.

Este mapa está disponível em estrutura matricial georreferenciado, possuindo uma quadrícula de 250 m e sistema referência Datum Lisboa. Extraiu-se a informação referente ao concelho de Ourém. O tamanho da quadrícula foi alterado para 10 m e transformou-se o sistema de referência para PT-TM06/ETRS 89.

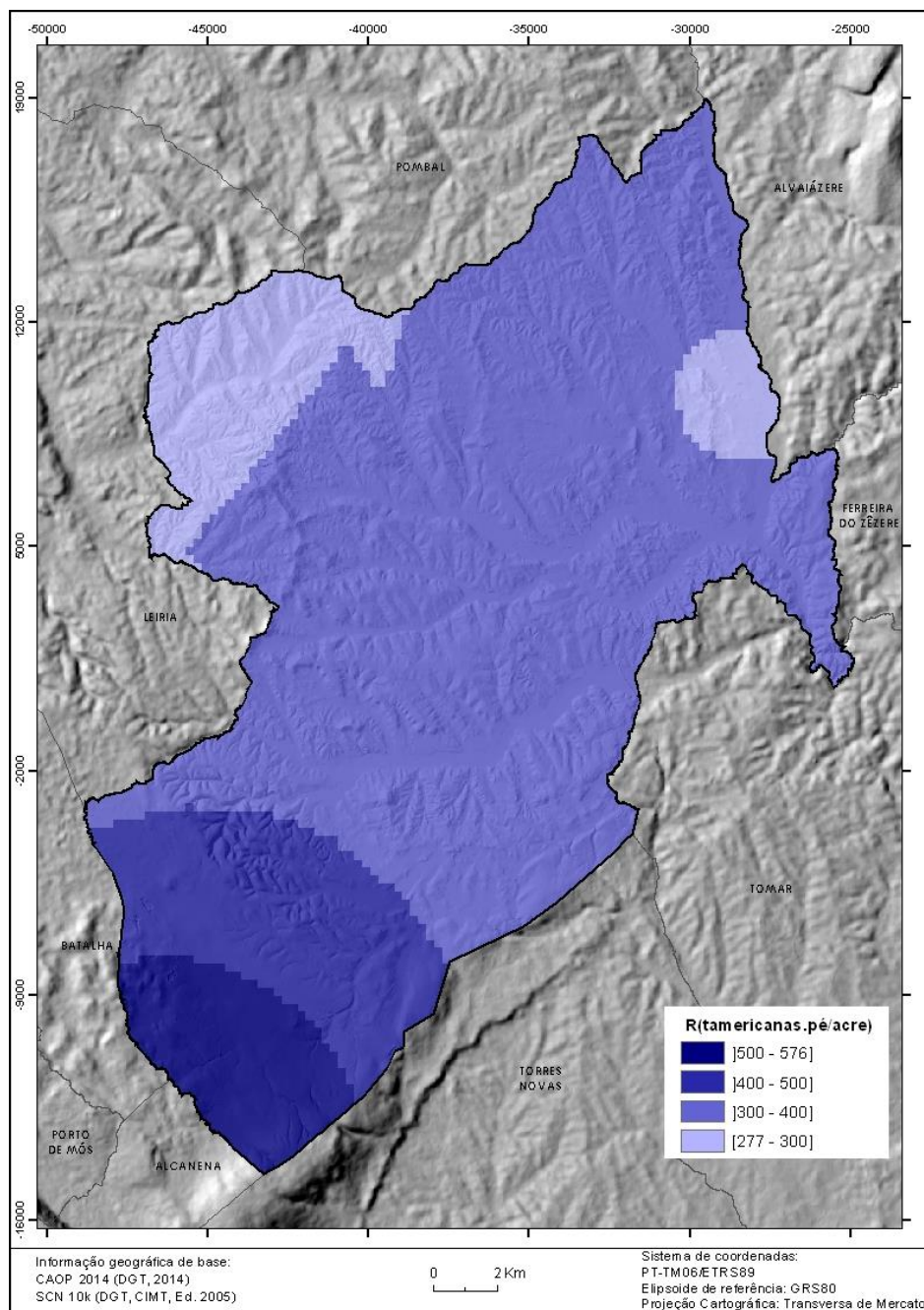


Figura 37: Fator R no concelho de Ourém.

Através de uma análise mais cuidada da Figura 37, pode-se aferir que este mapa foi obtido através do método IDW (*Inverse distance weighted*). Este método de interpolação consiste na atribuição de valores em função da distância, assumindo que a influência da variável diminui à medida que se vai distanciando da amostra pontual. (Philip, G. M. e D.F. Watson (1982); Watson, D. F. e Philip G.M. (1985) em ESRI, 2013).

Neste caso, o valor da erosividade vai diminuindo à medida que se vai afastando de um local de amostra (posto udométrico) até entrar no raio de influência de outra amostra.

De modo a quebrar o raio de influência das amostras, é necessário introduzir no modelo linhas de quebra, como por exemplo uma linha referente a uma barreira montanhosa. (Philip, G. M. e D.F. Watson (1982); Watson, D. F. e Philip G.M. (1985) em ESRI, 2013). Na Figura 37, é perceptível uma quebra na linha de festo de principal, que divide a bacia hidrográfica do rio Lis da bacia hidrográfica do Tejo.

Tal como os outros métodos de interpolação, o IDW é mais eficaz quanto maior é o número de amostras. O fator R foi obtido a uma escala nacional, considerando 449 postos udométricos distribuídos espacialmente por Portugal Continental, a uma grande distância entre si pouco aceitável a uma escala municipal.

No entanto, é bem perceptível a influência da Serra de Aire na erosividade, apresentando os valores de R mais elevados do concelho, que vão diminuindo gradualmente à medida que se vão afastando do local de amostra, de forma radial. Pode-se afirmar que R vai diminuindo de sul para norte, em que os valores mais reduzidos são registados na bacia do rio Nabão (onde é perceptível a influencia dos dados referentes ao posto udométrico da Freixianda) e na bacia do rio Lis.

Mas a escala reduzida, influenciada pelo reduzido número de amostras, não permite percepcionar qualquer quebra em linhas de festo de menor ordem. Não é perceptível a erosividade de um festo de um fundo de vale, assim como não é possível diferenciar a base, do topo da serra de Aire.

A escala dos dados vai influenciar diretamente o resultado final, nomeadamente nas áreas com valores próximos dos limiares de cada classe de “risco”, tais como, as áreas de declive moderado adjacentes ao fundo de vale.

5.1.2 Fator Erodibilidade (K)

De modo a classificar o solo quanto à sua erodibilidade, é necessário ter conhecimento de alguns elementos do solo, tais como: a quantidade de limo e areia

muito fina; quantidade de areia, estrutura e permeabilidade. Os valores atribuídos à erodibilidade dos solos (K) (Anexo – Quadro A1) tiveram como referência os estudos realizados por Pimenta (1998;1999) baseados nos trabalhos de campo de classificação do solo efetuados por Cardoso (1965), que se encontram descritos nos Quadros A2 a A4 do Anexo. O valor K é expresso em unidades do Sistema Imperial ($\text{ton.ha.h.ha}^{-1}.\text{Mj}^{-1}.\text{mm}^{-1}$).

A tabela de atributos associada à Carta de Solos inclui 3 tipos de solos por cada polígono, desde que cada um deles ocupe pelo menos 10% desse polígono; a cada tipo de solo vem, assim, associada a respetiva frequência relativa dentro de cada polígono. Deste modo, o valor de K foi calculado através da média ponderada, de acordo com a percentagem de cada tipo de solo presente no polígono.

As áreas sociais e os afloramentos rochosos não possuem solo, pelo que lhes é atribuído valor 0 de erodibilidade. Salienta-se o facto de os limites das áreas sociais constantes da Carta de Solos estarem desatualizados, visto serem baseados em trabalhos de campo realizados por Cardoso (1965;1973). Por isso, esta informação foi atualizada recorrendo à Carta de Ocupação de Solo de 2007 (COS 2007).

Dada a desatualização dos limites das áreas sociais da Carta de Solos, estes foram desconsiderados em detrimento dos limites das áreas sociais das seguintes classes da COS nível 5 (Figura 38):

- Tecido urbano (contínuo e descontínuo);
- Áreas em construção (foram selecionadas áreas que já se encontram efetivamente construídas e já com um certo volume de construção);
- Equipamentos culturais e zonas históricas;
- Equipamentos públicos e privados;
- Outros equipamentos de lazer;
- Comércio;
- Indústria.

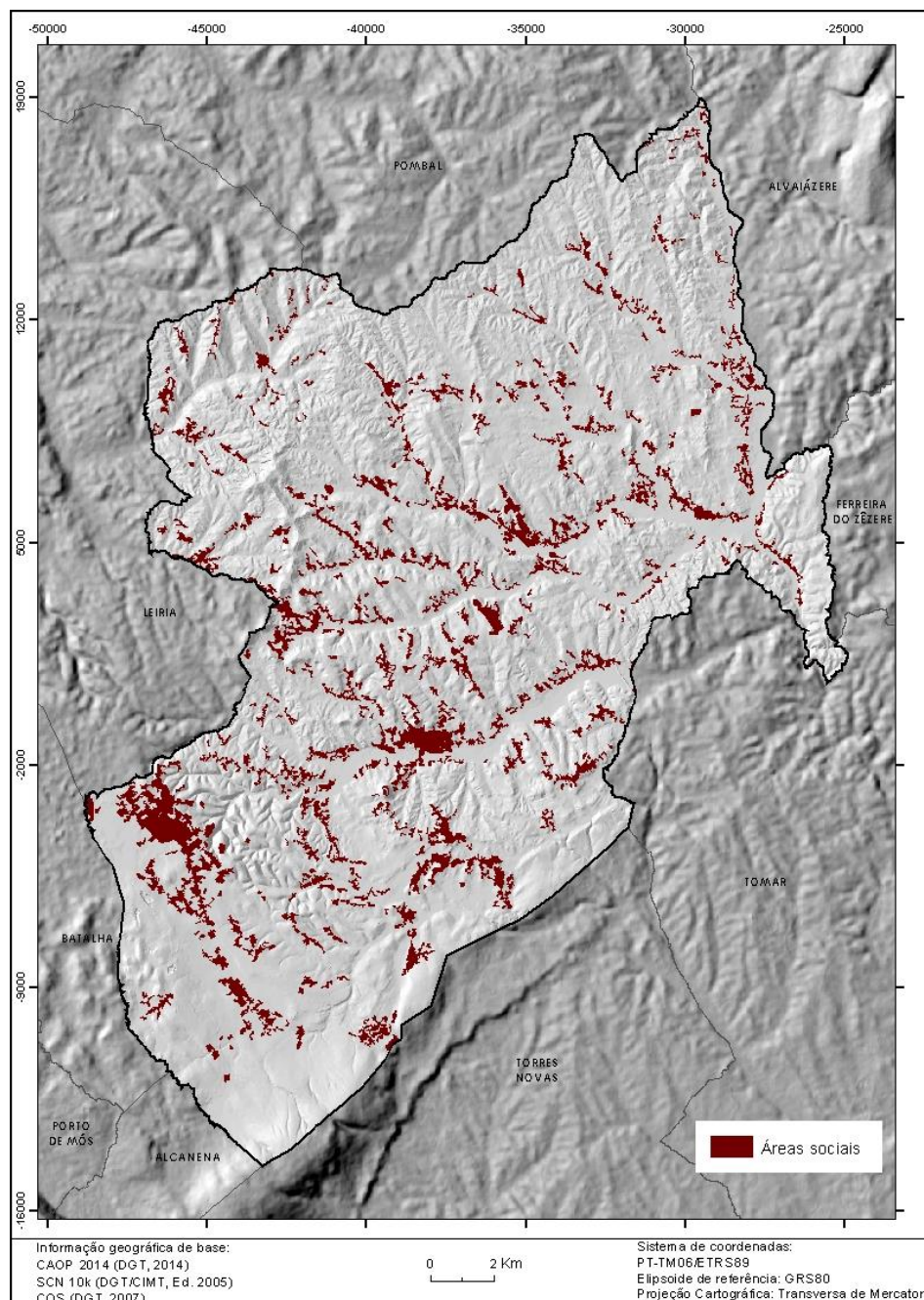


Figura 38: Áreas sociais no concelho de Ourém.

Fonte: COS (DGT, 2007).

O valor médio de K no concelho de Ourém é baixo: $0,026 \text{ ton.ha.h.a}^{-1}.\text{Mj}^{-1}.\text{mm}^{-1}$. As baixas aluvionares apresentam os valores mais elevados de K (Figura 39), nomeadamente no fundo de vale do rio Nabão, ribeira de Seiça e ribeira do Caneiro. Os valores mais reduzidos (excluindo áreas sociais e afloramentos rochosos) encontram-se em aluviossilos antigos, não calcários de textura ligeira, na Bacia Sedimentar de Ourém, a maioria, em áreas adjacentes ao fundo de vale de cursos de água de maior dimensão (rio Nabão, ribeira de Seiça, ribeira de Olival, ribeira de Caxarias e ribeira do Fárrio).

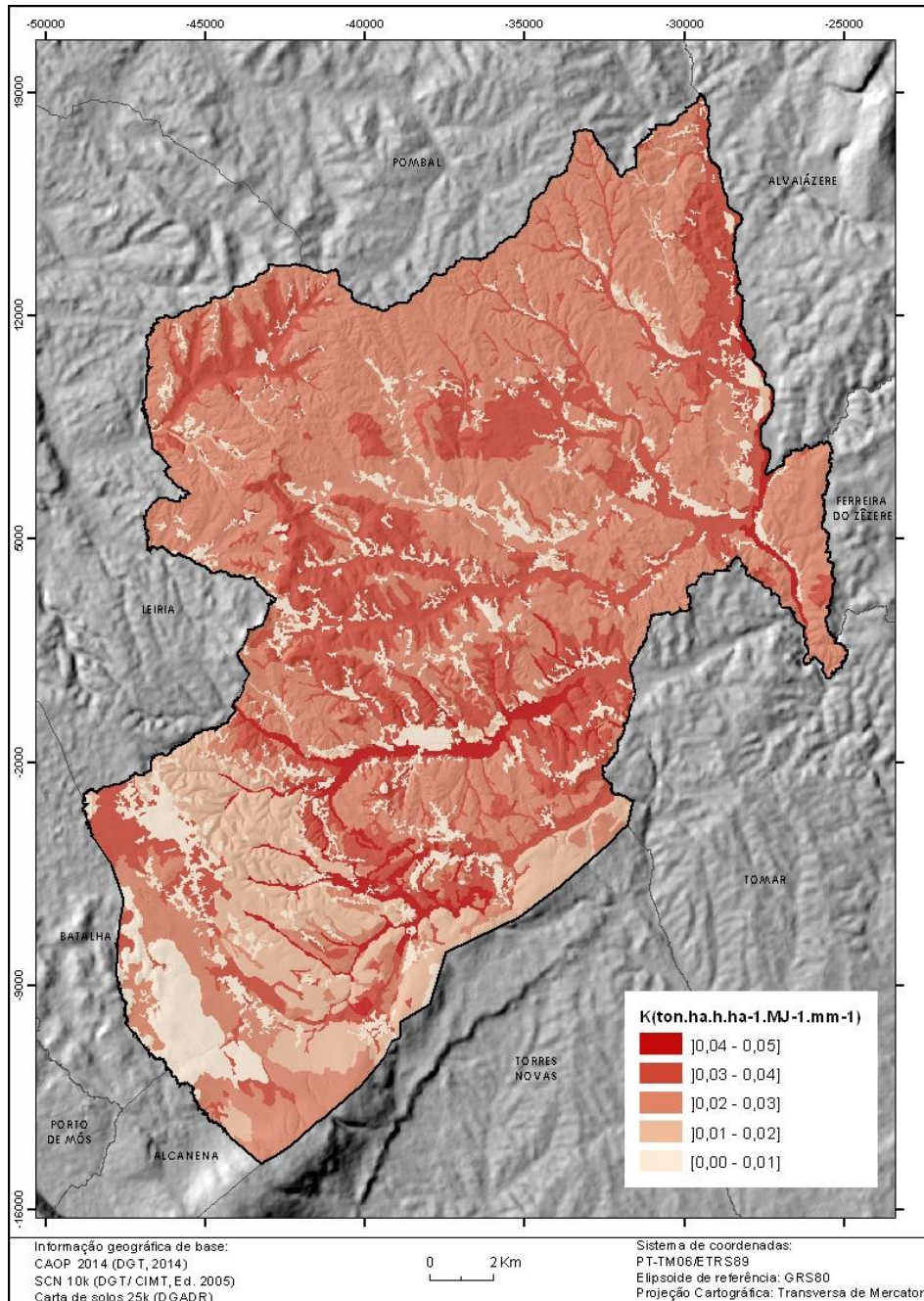


Figura 39: Parâmetro K no concelho de Ourém.

5.1.3 Fator Topográfico (LS)

O fator topográfico (LS) resulta da combinação de dois fatores, comprimento da encosta (L) e do seu declive (S). É definido pela seguinte expressão:

$$LS = \left(\frac{\lambda}{72,6} \right)^m (65,41 \text{sen}^2 \theta + 4,56 \text{sen} \theta + 0,065)$$

λ - Comprimento acumulado da vertente (em pés)
 m - coeficiente dependente do declive
 θ - Ângulo associado à inclinação do desnível em radianos

1. Comprimento acumulado da vertente (λ)

O método mais utilizado e aqui escolhido para a obtenção do comprimento acumulado da vertente é o método dos fluxos acumulados. Antes de se proceder ao cálculo automático dos fluxos acumulados, foi necessário aferir a direção do fluxo a partir do modelo digital do terreno.

O fluxo acumulado não indica diretamente o comprimento da vertente, mas refere apenas o n.º de células acumuladas desde a cabeceira da vertente até determinado ponto, seguindo a direção do fluxo. Assim, foi necessário multiplicar o resultado pelo valor da resolução utilizada (10 m); como o comprimento acumulado deve-se encontrar em pés, o fluxo acumulado foi multiplicado por 32,81 pés.

Posteriormente determinou-se o comprimento máximo de vertente verificado no terreno. A determinação do comprimento máximo de uma vertente é complexo, pois pequenas irregularidades na encosta, tais como estradas ou pequenos patamares naturais, são suficientes para interromper ou modificar o escoamento superficial. No cársico as vertentes podem possuir grandes dimensões, no entanto são áreas muito secas, devendo-se considerar a existência de perda efetiva de água ao longo da encosta.

Deste modo, optou-se por identificar o comprimento da vertente mais extensa na bacia sedimentar de Ourém, em que o fluxo laminar seja aparentemente contínuo, não havendo modificação das condições de drenagem superficial (naturais ou antrópicas) desde a cabeceira até à base.

Através do MDT, com recurso à ferramenta *Steepest Path*, através da análise quer do mapa de fluxos quer no terreno, considerou-se que esse valor corresponde a 919 pés (280 m).

Os valores superiores a 919 pés são considerados incorretos e referentes a área de acumulação. Assim, todos os comprimentos de vertente inferiores ou iguais a 919 pés são considerados verdadeiros e mantêm-se inalterados; aos restantes é atribuído o comprimento máximo de 919 pés. Para obtenção destes resultados, foi aplicada a seguinte condição:

$$\text{Comprimento}_{final} = \text{CON}(\text{"Comprimento"} > 919, 919, \text{"Comprimento"}),$$

em que "Comprimento" corresponde aos valores originais de extensão das vertentes.

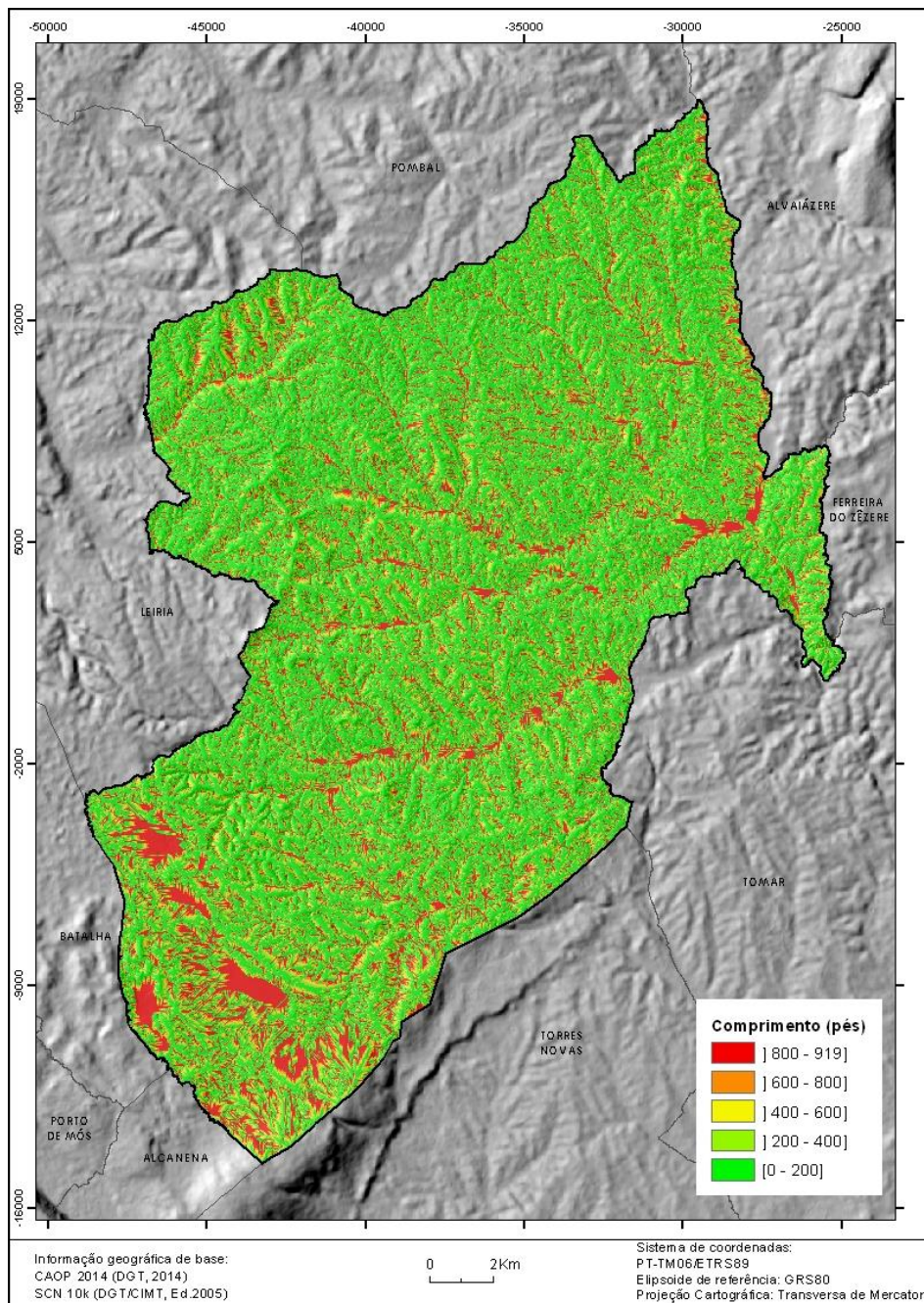


Figura 40: Comprimento da vertente (em pés) no concelho de Ourém.

Mesmo reduzindo o erro ao atribuir um valor máximo de comprimento de vertente, não se consegue eliminar por completo as áreas de acumulação. Muitos dos locais com comprimento de vertente de pés são na realidade áreas de acumulação facilmente identificáveis na Figura 40, como por exemplo, as manchas de maior dimensão no centro da plataforma de Fátima. Estas áreas de acumulação possuem, em regra, declives muito fracos, próximos de zero, pelo que deveriam ter um LS reduzido.

2. Expoente dependente do declive (m)

O expoente dependente do declive é definido de acordo com o Quadro 19.

Quadro 19: Valor de m em função do declive.

Declive (%)	m
<1	0,2
[1-3]	0,3
] 3-5[	0,4
>=5	0,54

Após se obter a carta de declives em percentagem, esta foi classificada, tendo sido posteriormente criado um novo campo na respetiva tabela de dados geográficos e atribuídos os correspondentes valores de m a cada classe (Quadro 19). Estes novos atributos foram posteriormente utilizados, na criação de um novo mapa matricial que contém os 4 valores deste expoente (Figura 41).

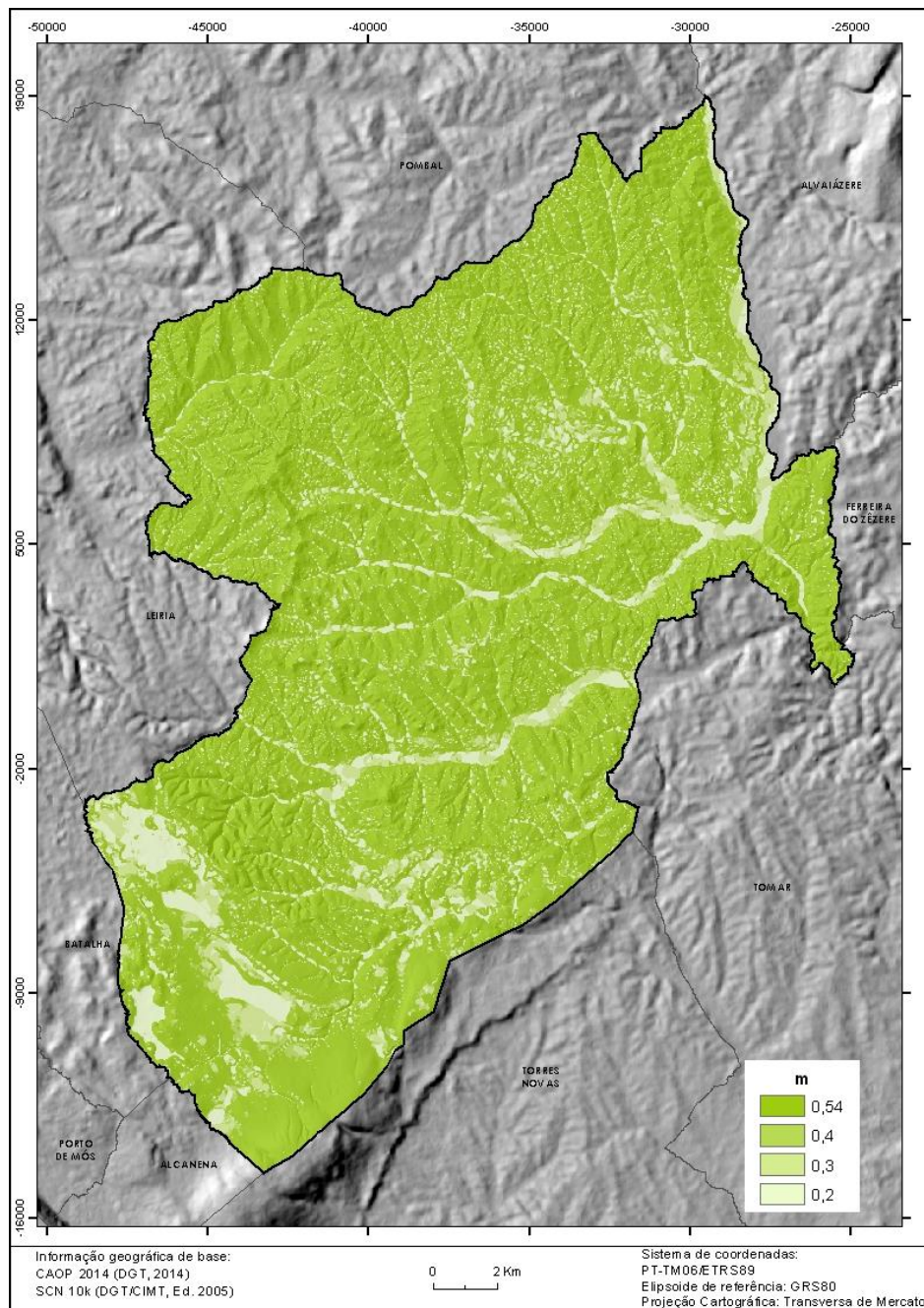


Figura 41: Exponente m , dependente do declive no concelho de Ourém.

3. Conversão do mapa de declives de graus para radianos

Para calcular o *seno* ou *co-seno* de um ângulo, o *software* utilizado (ArcGIS) necessita que esse se encontre em radianos, sendo necessário converter o mapa de declives, multiplicando-o pela constante de conversão de graus para radianos (0,0174532925).

4. Aplicação da equação referente a LS

O LS foi obtido através da ferramenta *Map Calculator*, aplicando a seguinte fórmula:

$$\text{Power}(\text{"comprimento_final"} / 72.6, \text{"m"}) * (65.41 * \text{Power}(\text{Sin}(\text{"Inclinação"}), 2) + 4.56 * \text{Sin}(\text{"Inclinação"})) + 0.065)$$

Analisando o resultado obtido (Figura 42), denota-se que o LS é maior na transição da “Formação da Figueira da Foz” para os “Calcários Margosos de Ourém-Batalha” e “Arenitos de Ourém”, assim como nas lombas de Fátima, ou seja, em locais de declive mais acentuado. Deve-se referir que o LS nas áreas de acumulação, como por exemplo fundos de vale, é inferior a 5. Apesar de nestas áreas o valor do comprimento de vertente possuir um erro elevado, como são áreas de baixo declive, esse erro não se reflete no resultado final de LS.

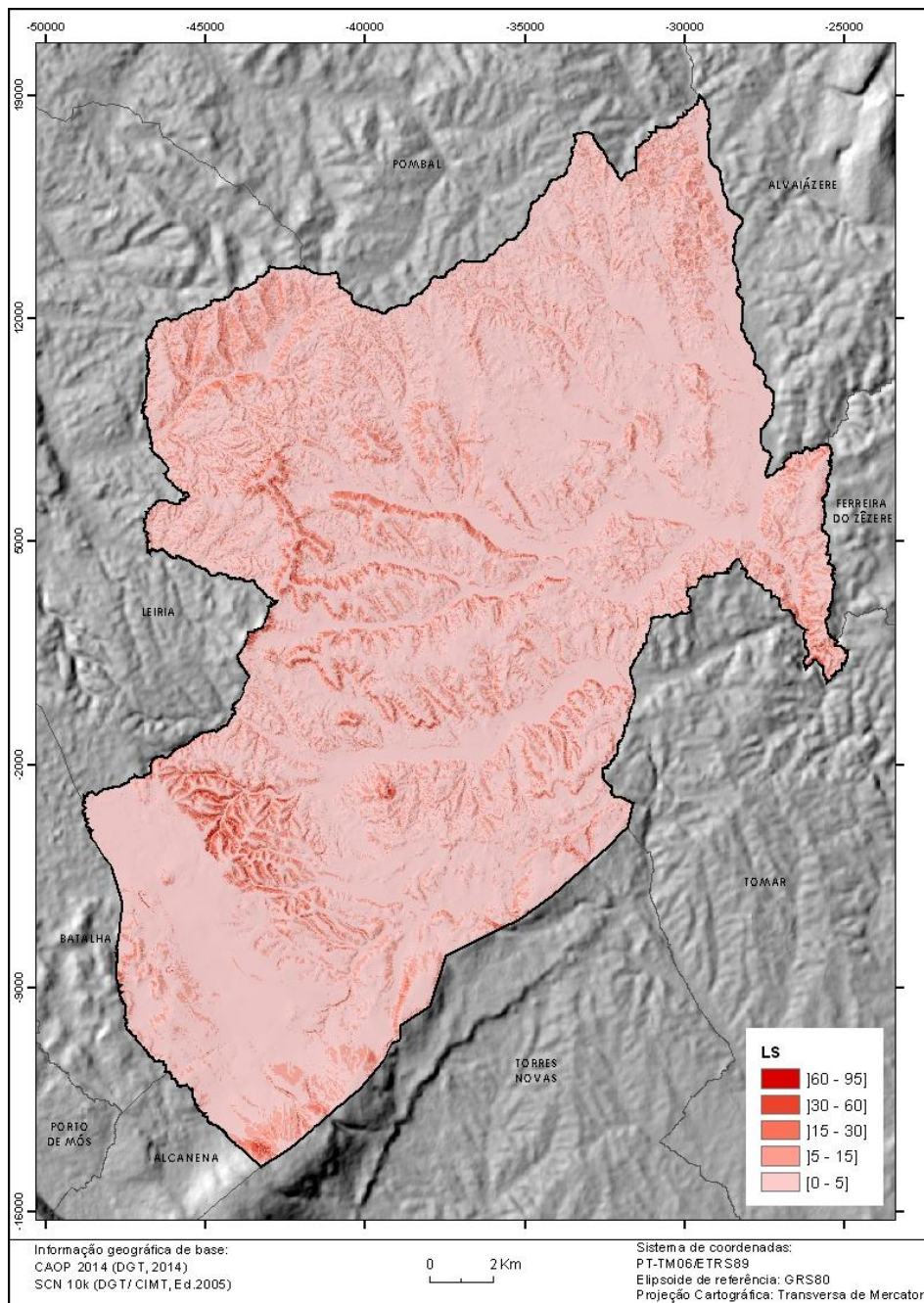


Figura 42: Fator LS no concelho de Ourém.

5.1.4 Erosão específica do solo (A)

Na sequência dos procedimentos anteriores, aplicou-se a seguinte equação no *Map Calculator* do ArcGIS:

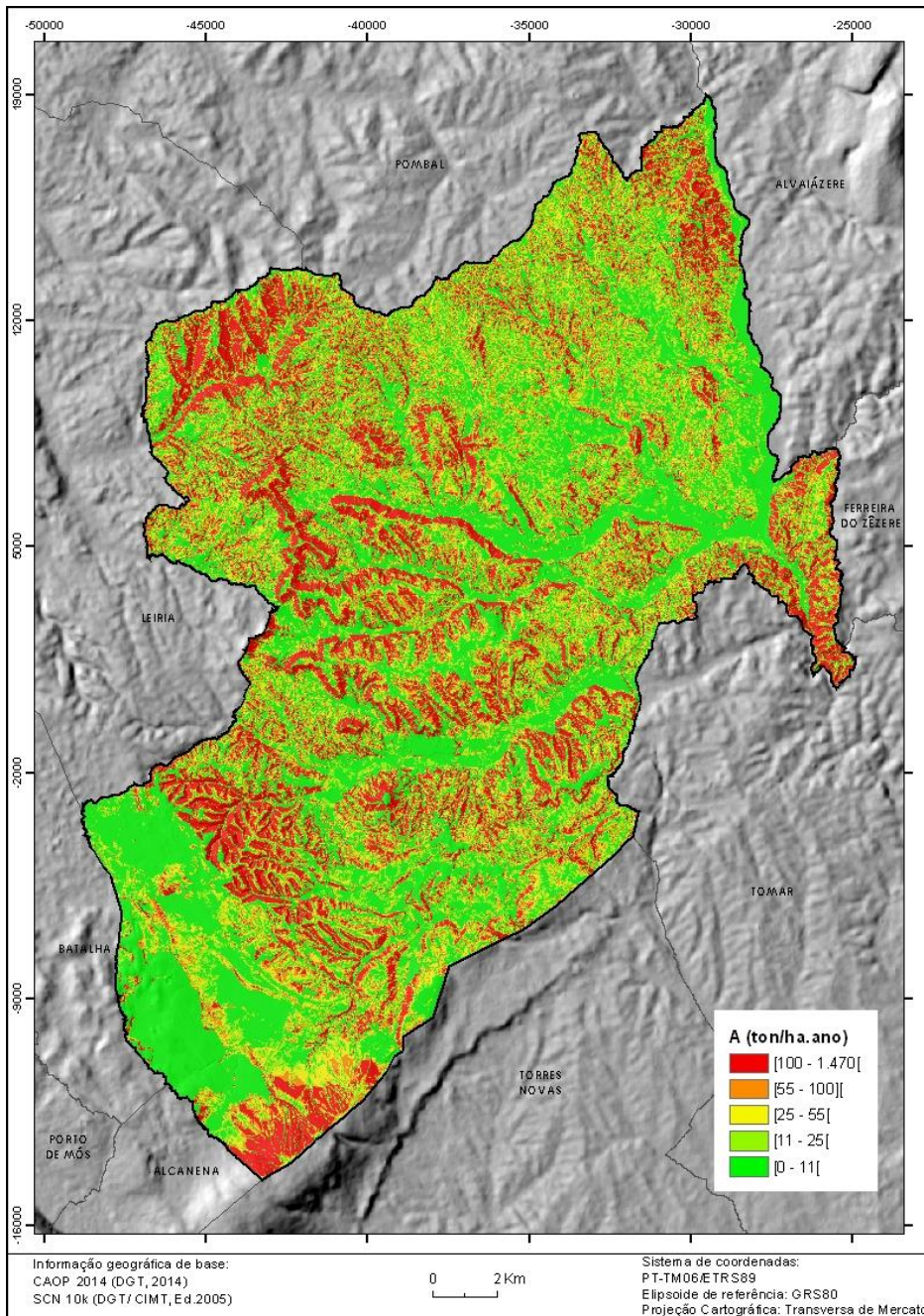
$$A = 2,24 \times R \times K \times LS \times C \times P$$

C e P possuem o valor constante 1.

Os resultados obtidos de A (Figura 43) são elevados: 33,9% do concelho possui erosão específica elevada (superior a 55 a ton.ha.ano), e em 20,3% é superior a 100

ton.ha.ano (Quadro 20). Estes valores refletem o peso da orografia no cálculo da erosão específica do solo; basta verificar que as áreas com maior declive e maior comprimento de vertente são as que possuem maior erosão específica, como por exemplo, as lombas de Fátima e a serra de Aire.

As áreas de valor A mais reduzido são áreas de declive pouco acentuado, como por exemplo, baixas aluvionares, para além, obviamente, de onde não existe solo (afloramentos rochosos e áreas sociais).



Quadro 20: Frequência relativa das classes de A no concelho de Ourém.

Classes (ton/ha.ano)	Área (%)
[0-11[	39,5
[11-25 [	10,8
[25-55 [	15,8
[55-100 [	13,7
[100-1470]	20,3
Total	100

Figura 43: Erosão específica do solo (A) no concelho de Ourém.

5.2 **Perda de Solo Específico (Pse) e Razão de Cedência dos Sedimentos (SDR)**

Uma questão que se levanta após a aplicação da EUPS é a de que esta não contabiliza a quantidade de solo que é transportado e posteriormente depositado.

A RCM n.º 81/2012, de 3 de outubro, retificada pela Declaração de Retificação n.º 71/2012, de 29 novembro determina ser necessário determinar a Perda de Solo Específico (Pse), expressa do seguinte modo:

$$Pse = SDR \times A$$

em que *SDR* é a Razão de Cedência de Sedimentos e *A* é a Erosão específica do solo

5.2.1 **Razão de Cedência dos Sedimentos (SDR)**

A Razão de Cedência dos Sedimentos (SDR) procura estimar a fração de sedimentos que atinge um determinado ponto da vertente, sendo determinada a partir da área de drenagem. A SDR varia entre 0 e 1 e exprime-se pela seguinte equação:

$$SDR = 0,332A_b^{-0,2236}$$

em que A_b é a área de drenagem (km²).

De modo a obter a área de drenagem recorreu-se ao mapa de fluxos acumulados, expresso em km². A área de drenagem tem em conta a área da bacia pertencente à vertente do concelho adjacente, tendo sido considerada a totalidade da bacia hidrográfica da ribeira de Seiça e parcialmente as bacias hidrográficas do ribeiro das Quebradas, ribeira dos Gaiteiros, ribeira dos chãos e ribeira dos Sete Rios. A área de drenagem referente ao rio Nabão encontra-se por defeito, visto ser uma área de drenagem de grande dimensão que abrange outros concelhos que não os confinantes com o concelho de Ourém; no entanto, nestes casos, este desfasamento afigura-se irrelevante pois apenas se reflete nos fundos de vale, onde os declives quase nulos inibem a erosão laminar.

Para se obter o SDR foi realizada a seguinte operação no *Map Calculator*:

$$0.332 * Power("Ab", -0.2236)$$

O resultado obtido varia entre 0,1 e 2,6 e como foi referido anteriormente, o SDR deve variar entre 0 e 1, pelo que foi necessário aplicar a seguinte expressão:

$$SDR_{final} = CON("SDR" > 1, 1, "SDR")$$

Quando o SDR for inferior ou igual a 1 os valores são considerados verdadeiros, não sofrendo qualquer alteração; aos restantes é atribuído o valor 1 (Figura 44).

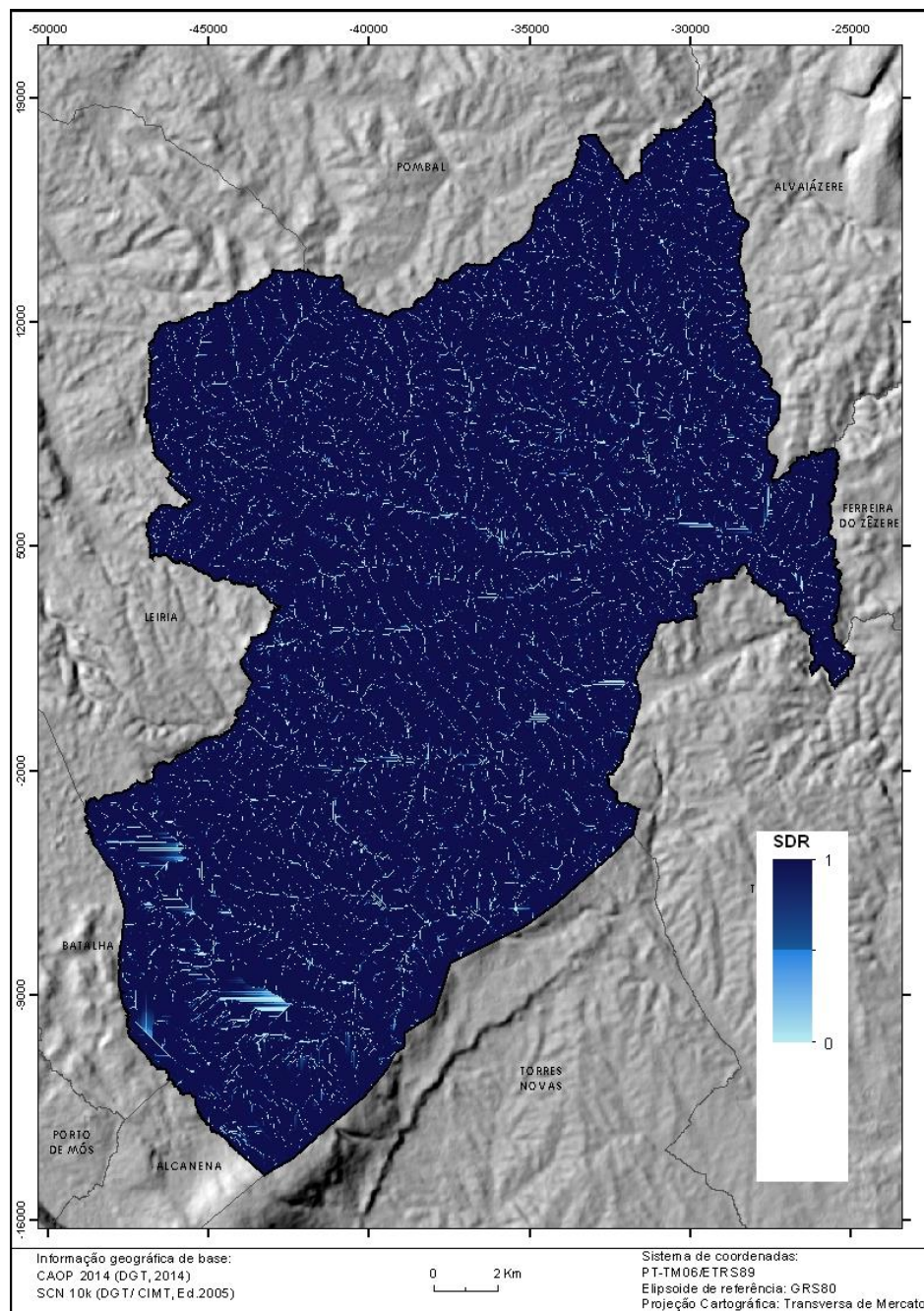


Figura 44: Razão de Cedência dos Sedimentos (SDR) no concelho de Ourém.

5.2.2 Perda de Solo Específico (Pse)

Conforme apresentado anteriormente, de modo a obter a Pse aplica-se a seguinte equação:

$$Pse = SDR \times A$$

Os resultados obtidos de Perda de solo efetiva (Figura 45) são semelhantes aos de Erosão específica do solo (Figura 43), visto que a primeira deriva da segunda. A multiplicação do SDR por A, permite excluir, mesmo que parcialmente, a fração de sedimentos de solos a montante e transportada e depositada em determinado local. A distribuição dos valores por classes sofre algumas alterações pouco significativas (Quadro 21), havendo um aumento dos valores inferiores a 11 ton/ha.ano (39,9% do concelho) e uma diminuição dos valores superiores a 55 ton/ha.ano (33,4% do concelho).

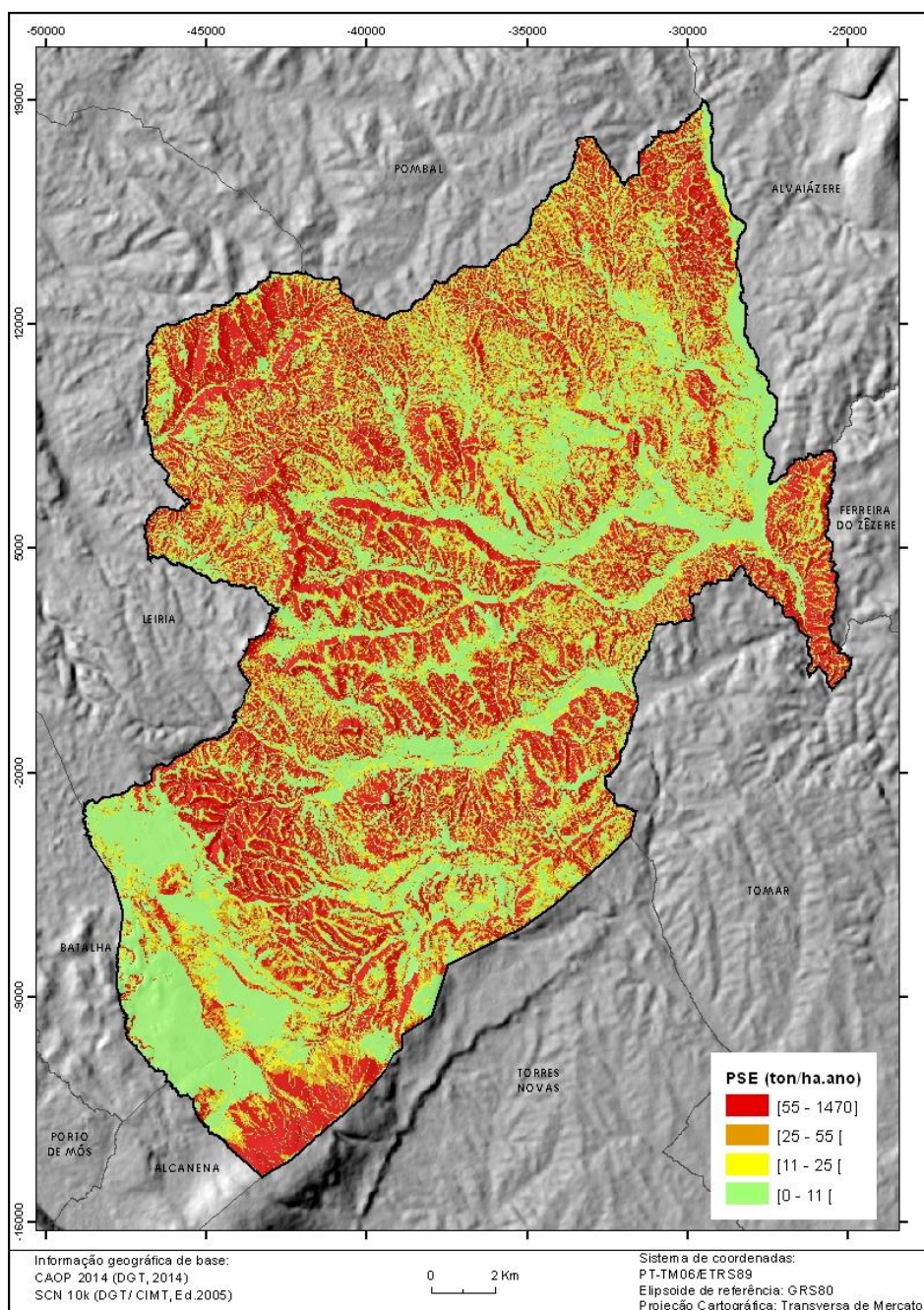


Figura 45: Perda de solo efetiva (Pse) no concelho de Ourém.

Quadro 21: Classes de Pse.

Classes (ton/ha.ano)	Área (%)
[0 -11[	39,9
[11-25[	10,8
[25-55[	15,9
[55-1470]	33,4
Total	100

A Resolução do Conselho de Ministros nº 81/2012 de 3 outubro, retificada pela Declaração de Retificação nº.71/2012, refere que esta metodologia deve ser utilizada na determinação das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo e de que a classificação qualitativa de perda de solo associada a um risco de erosão deve ser feita segundo o Quadro 22, dando a entender que devem ser integradas em REN as áreas de Pse maior ou igual a 55 ton/ha.ano (Figura 46).

Quadro 22: Classificação qualitativa da perda de solo associada a um risco de erosão hídrica (extraído de D.R. n.º 71/2012 de 3 de Outubro).

Perda do solo (Pse) ton/ha.ano	Avaliação do Risco
Maior ou igual a 55	Elevado
Entre 25 e 55	Médio
Entre 0 e 25	Baixo

De acordo com CCDR – LVT (2015), são REN as áreas com Pse maior ou igual a 25ton/ha.ano, bem como as que apresentem valores inferiores mas que seja necessárias à estabilidade e compacidade das anteriores.

De acordo com D.R. n.º 71/2012 de 3 de Outubro estão em REN, 13931,1 ha (33,4% do concelho). Segundo a CCDR – LVT (2015), estão em REN, 20539,3 ha (49,3% do concelho).

Deve-se salientar que os valores do Quadro 22 são referentes a Pse em que A é calculada com C e P diferentes de 0. Ao se considerar que C e P são constantes (valor=1), o valor Erosão Específica do Solo (A) é superior. Deste modo, o limiar de Pse também deveria ser superior, no entanto, de acordo com CCDR-LVT (2015) deve ser aplicado um limiar inferior, passando a integrar áreas com perda de solo efetiva superiores a 25 ton.ha/ano.

A decisão de descer o limiar para 25 ton.ha/ano teve em conta a totalidade de municípios abrangidos pela CCDR – LVT. Deve-se no entanto referir que os municípios onde se encontra a serra de Aire possuem os valores mais elevados de erosividade da região.

A integração de quase 50% do concelho em REN é de difícil compreensão por parte da população.

Ourém é um concelho periférico da CCDR – LVT, faz fronteira com concelhos pertencentes à CCR – Centro. Se a CCDR – Centro não aplicar a mesmas orientações que as da CCDR – LVT, podem ser criados problemas de compatibilização da REN d município de Ourém com a dos municípios vizinhos.

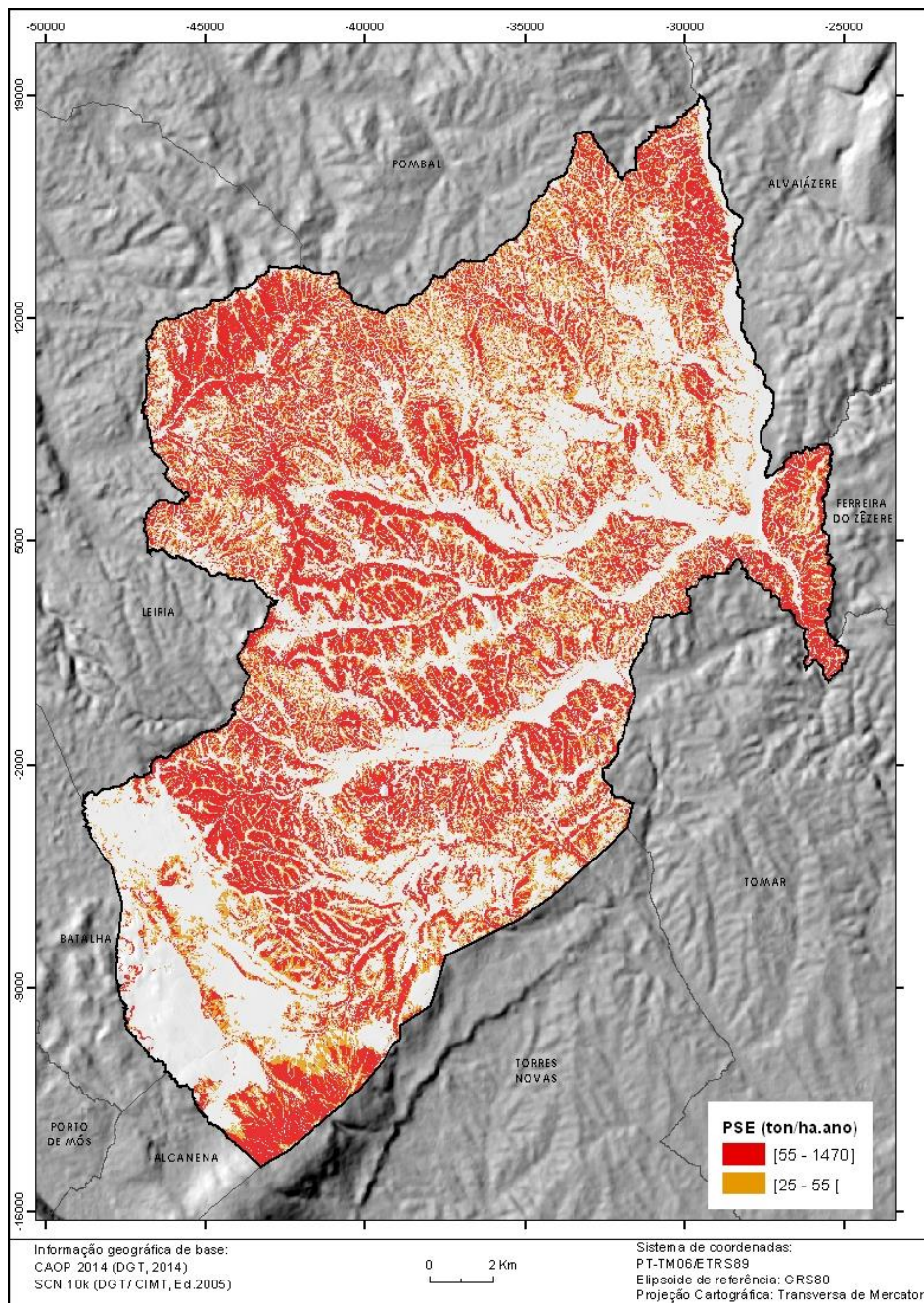


Figura 46: Áreas com características de REN no concelho de Ourém.

5.3 Delimitação das classes de Erosão Hídrica (Monturiol)

Após a entrada em vigor do Decreto-Lei n.º 166/2008, de 22 de Agosto, e muito antes da Resolução do Conselho de Ministros nº 81/2012 de 3 outubro, foi publicado pela CCDR-LVT o relatório “Reserva Ecológica Nacional do Oeste e Vale do Tejo, Quadro de Referência Regional” Ramos *et al.* (2009).

Nesse relatório procurou-se determinar e aplicar um modelo que permitisse calcular o risco de erosão do solo e definir limitares de integração de determinada área em REN.

Adotou-se a metodologia original de Monturiol (1997), a qual considera que a erosão potencial varia de acordo com o cruzamento de dois fatores: a erodibilidade média dos solos (Er) e o declive (D).

O declive (em percentagem) foi classificado em 5 classes, enquanto a erodibilidade dos solos (K em unidades métricas) foi classificada em 3. Cruzando estes dois fatores obteve-se 5 classes de suscetibilidade de erosão (Quadro 23).

Quadro 23: Critérios de base da delimitação das classes de Erosão Hídrica (Ramos *et al.*, 2009).

Declives (%)	Erodibilidade (K)		
	Er1:fraca (K <=0,3)	Er2:moderada (0,3< K <=0,45)	Er3: elevada (K> 0,45)
D1: [0-5]	Re 1/2	Re 1/2	Re 1/2
D2:] 5-8]	Re 2	Re 3	Re 4
D3:] 8-15]	Re 3	Re 4	Re 5
D4:] 15-25]	Re 4	Re 5	Re 5
D5:> 25]	Re 5	Re 5	Re 5

Re1 – sem suscetibilidade de erosão

Re2 – suscetibilidade de erosão ligeira

Re3 – suscetibilidade de erosão moderada

Re4 – suscetibilidade de erosão elevada

Re5 – suscetibilidade de erosão muito elevada

As áreas a integrar na REN correspondem a todas as áreas incluídas em Re5 (susceptibilidade de erosão muito elevada) e em Re4 (susceptibilidade de erosão elevada) contíguas às de Re5.

Procurou-se aplicar este modelo regional à escala municipal, com algumas adaptações.

A carta de declives do concelho de Ourém (em percentagem) foi classificada segundo o Quadro 23 (Figura 47).

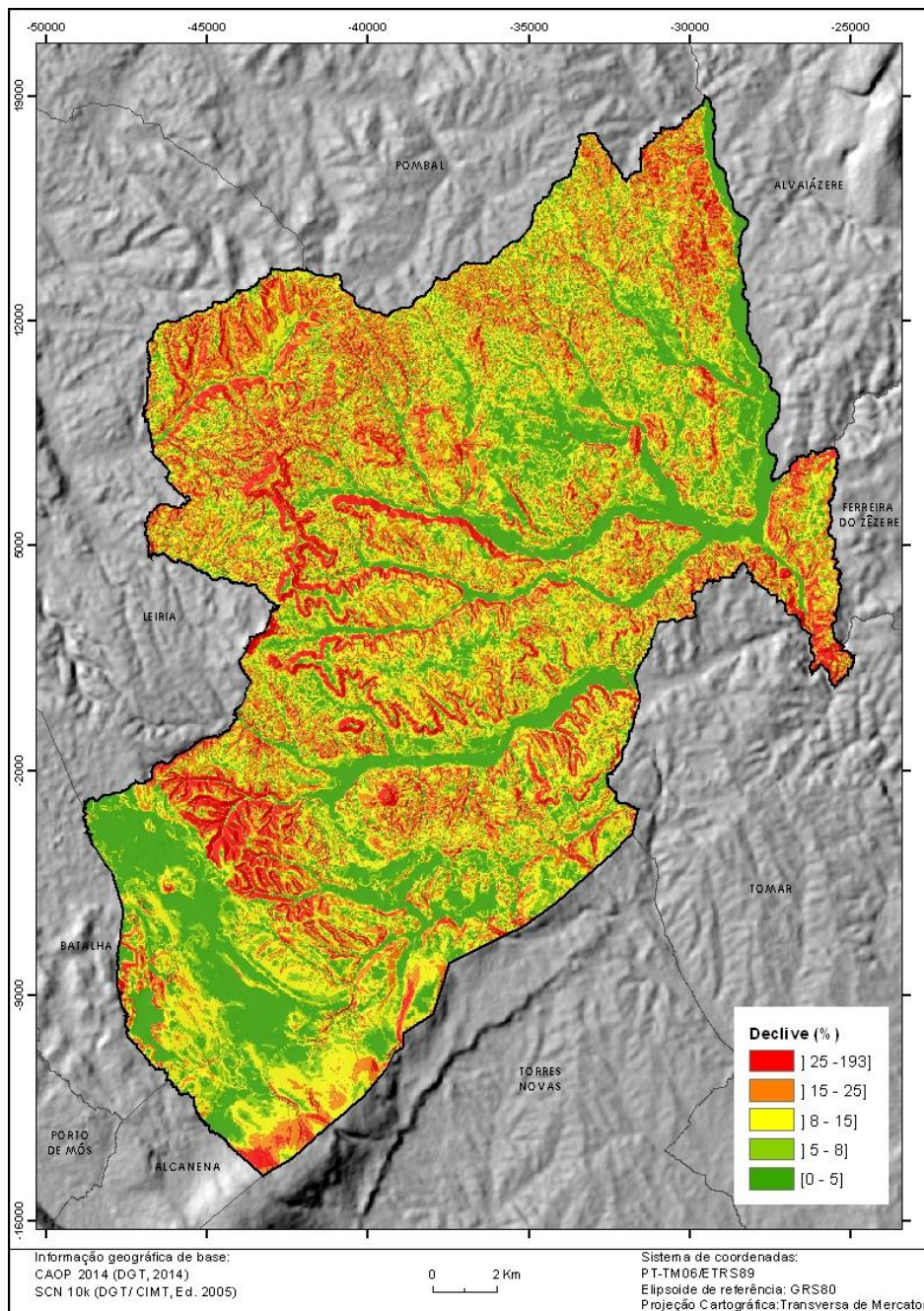


Figura 47: Declives, em percentagem, classificados segundo os limiares definidos em Ramos *et al.* (2009), no concelho de Ourém.

A erodibilidade (K), também foi classificada segundo o Quadro 23, mas apenas em duas classes (Er1 e Er2) (Figura 48). O valor máximo de K no concelho é de 0,45 (unidades métricas) não existindo solos de erodibilidade muito elevada (Er3).

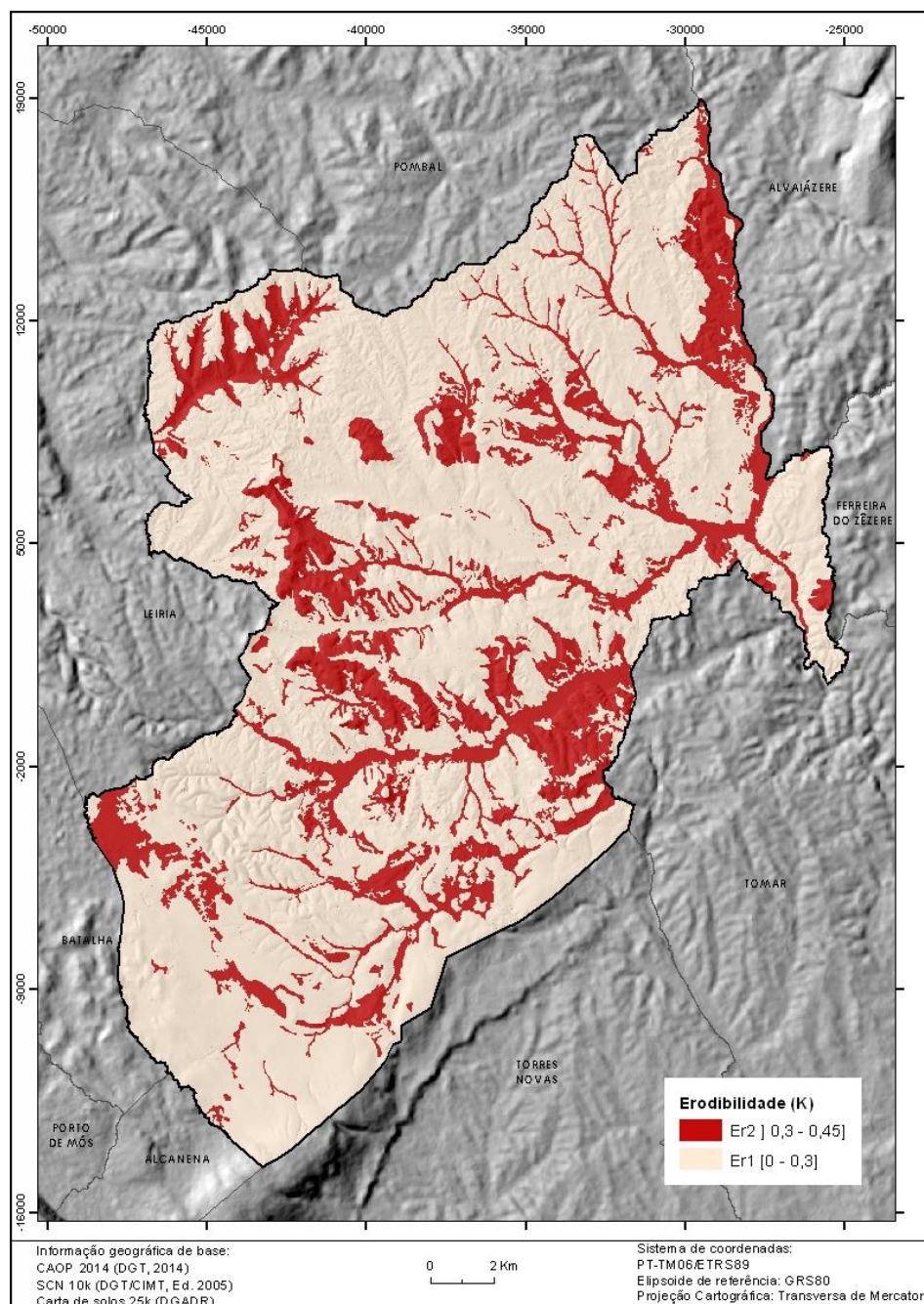


Figura 48: Erodibilidade reclassificada segundo os limiares definidos pela “Ramos et al” (2009) no concelho de Ourém.

Considerou-se ainda, que as classes Re 4 (susceptibilidade de erosão elevada) e Re5 (susceptibilidade muito elevada), destacadas a laranja no Quadro 15, possuem as características necessárias à sua integração em REN.

Deste modo, intersetou-se o declive (Figura 47) com a erodibilidade (Figura 48), em estrutura matricial e com malha 10x10, obtendo-se as áreas de susceptibilidade elevada e muito elevada (Figura 49).

Segundo esta metodologia, 38,1% do concelho de Ourém deveria integrar a Reserva Ecológica Nacional, classificado como área de elevado risco de erosão hídrica do solo.

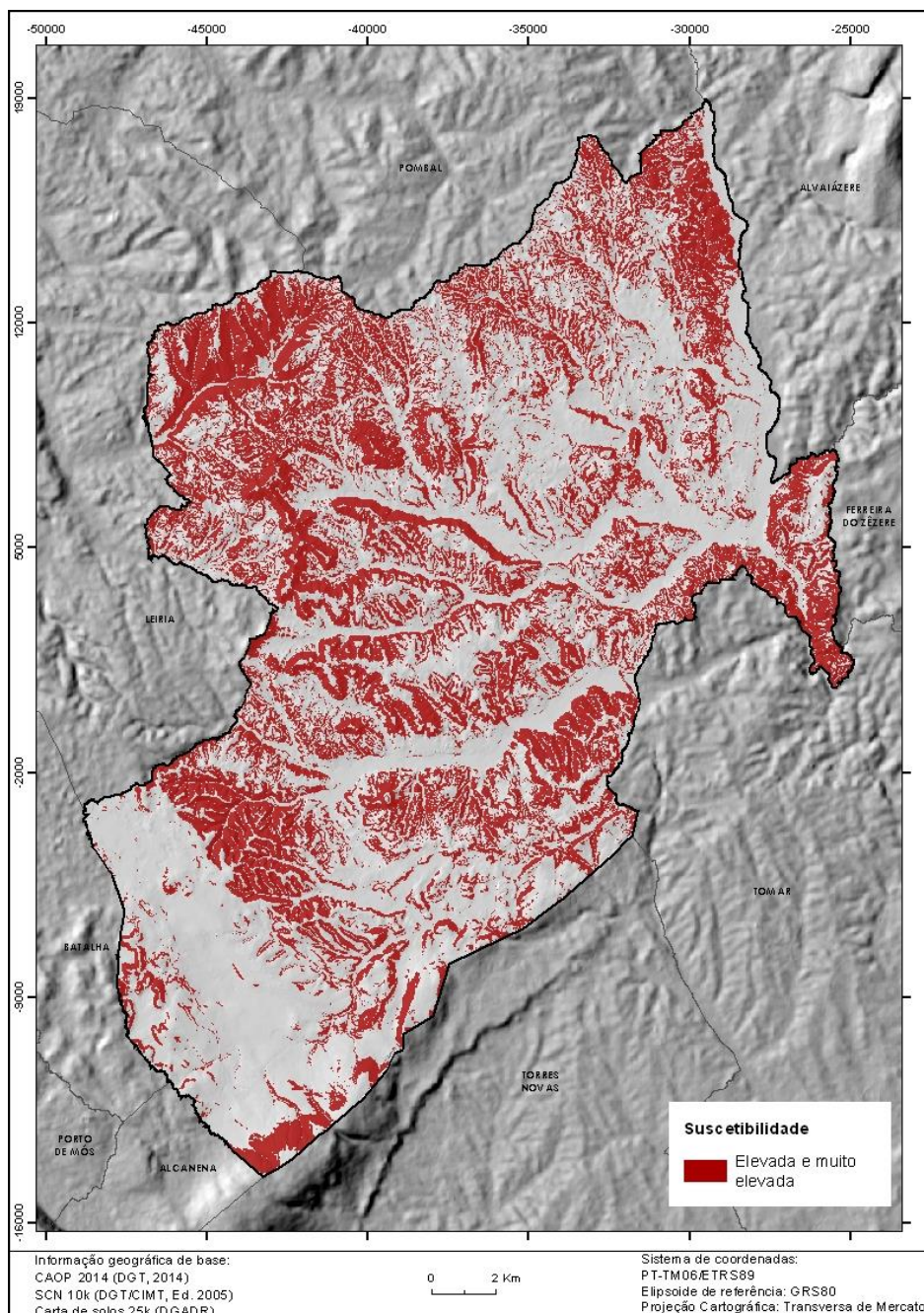


Figura 49: Suscetibilidade elevada e muito elevada à erosão hídrica, com base no método definido pela CCDR-LVT (Ramos *et al.*, 2009), no concelho de Ourém.

5.4 **Comparação de Resultados**

Apesar de serem duas metodologias diferentes, os resultados obtidos são semelhantes, o que advém dos dois parâmetros comuns a ambas metodologias: o declive (D) e a erodibilidade (K).

As áreas com suscetibilidade elevada e muito elevada à erosão hídrica (Re4 e Re5), obtidas de acordo com Ramos *et al.* (2009) e as áreas com Pse \geq 55 ton/ha.ano abrangem, respetivamente, 38% e 33,4% do território sobrepondo-se em 11192,6 ha (26,9% do concelho) (Quadro24). Sendo que 85,3 % das áreas com Pse \geq 55 ton/ha.ano estão inseridas em áreas com suscetibilidade elevada e muito elevada à erosão hídrica (Re4 e Re5).

Se diminuirmos o limiar de Pse, para 25ton/ano, a área a integrar em REN aumenta para 49,3% (20539,3 ha), aumentando a área sobreposta, 13515,7 ha (32,4% do concelho). No entanto, apenas 65,8% das áreas com Pse \geq 25 ton.ha/ano são simultaneamente áreas com suscetibilidade elevada e muito elevada à erosão hídrica (Re4 e Re5).

Denota-se que parte do sul do concelho (Giesteira) está classificada apenas como (R4 e R5), (Figura 50), correspondendo a afloramentos rochosos e as áreas sociais. No cálculo da EUPS considerou-se que estas áreas possuem uma erodibilidade nula ($K=0$), na aplicação da metodologia proposta por Ramos *et al.* (2009) estas foram integradas na classe de erodibilidade fraca ($K \leq 0,3$).

Os festos de pequena dimensão (comprimento de vertente nulo) são outras áreas classificadas apenas como R4 e R5.

Noutras áreas do sul do concelho, como por exemplo na plataforma de Fátima e na serra de Aire, é possível identificar áreas a integrar em REN apenas de acordo com a Pse. Como foi referido anteriormente, apenas o declive e a erodibilidade são comuns a ambas as metodologias. A serra de Aire e áreas adjacentes apresentam valores de erosividade e de comprimento de vertente elevados, parâmetros não considerados na metodologia proposta por Ramos *et al.* (2009).

Tendo em conta a elevada percentagem de sobreposição entre metodologias pode-se concluir que ambas estão aptas para determinar as áreas de elevada erosão hídrica. A metodologia proposta por Ramos *et al.* (2009) foi desenvolvida para uma escala regional, sendo necessário efetuar algumas adaptações de modo a que possa ser utilizada na delimitação da REN municipal, como, redefinir as classes de erodibilidade

alterando-as de acordo com o valor máximo de erodibilidade definido pelo SROA por exemplo (Henriques,2009).

Quadro 24: Comparação entre as áreas a integrar em REN segundo a metodologias definidas pela CCDR (Ramos *et al.*, 2009) e pelo DR, 1.ª série - N.º 232, de 30 de novembro de 2012 (EUPS).

		Área	
		ha	%
Re4 e Re5 (Ramos <i>et al</i> (2009))		15852	38
EUPS (DR, 1.ª série - N.º 232, de 30 de novembro de 2012)	Pse> = 25 ton.ha/ano	20539,3	49,3
	Pse> =50 ton.ha/ano	13931,1	33,4
Área sobreposta entre metodologias	Se Pse> = 25 ton.ha/ano	13515,7	32,4
	Se Pse> =50 ton.ha/ano	11192,6	26,9
Concelho		41668	100

Ambas as metodologias propõem um aumento substancial das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo em relação à REN em vigor. Os 6,9% de áreas com risco de erosão presentes na REN publicada do município Ourém não refletem minimamente as características do concelho; por outro lado, a inclusão de 49,3% em REN parece claramente exagerada.

Deve-se salientar que os valores do Quadro 22 são referentes a uma Pse em que A é calculada com C e P diferentes de 0. Ao se considerar que C e P são constantes (valor=1), a Erosão Específica do Solo (A) será superior. Podia-se supor que o limiar de Pse também deveria ser superior, no entanto de acordo com CCDR-LVT (2015) deverá ser aplicado um limiar inferior, integrando áreas com perda de solo efetiva a partir dos 25 ton.ha/ano.

A decisão de descer o limiar para 25 ton.ha/ano teve em conta a totalidade de municípios abrangidos pela CCDR – LVT, deve-se no entanto salientar que a serra de Aire possui os valores mais elevados de erosividade da região.

A integração de quase 50% do concelho em REN é de difícil compreensão por parte da população.

Ourém é um concelho periférico da CCDR – LVT, fazendo fronteira com concelhos pertencentes à CCR – Centro. Se a CCDR – Centro não aplicar a mesmas orientações que as da CCDR – LVT, podem ser criados problemas de compatibilização da REN de Ourém com os municípios vizinhos.

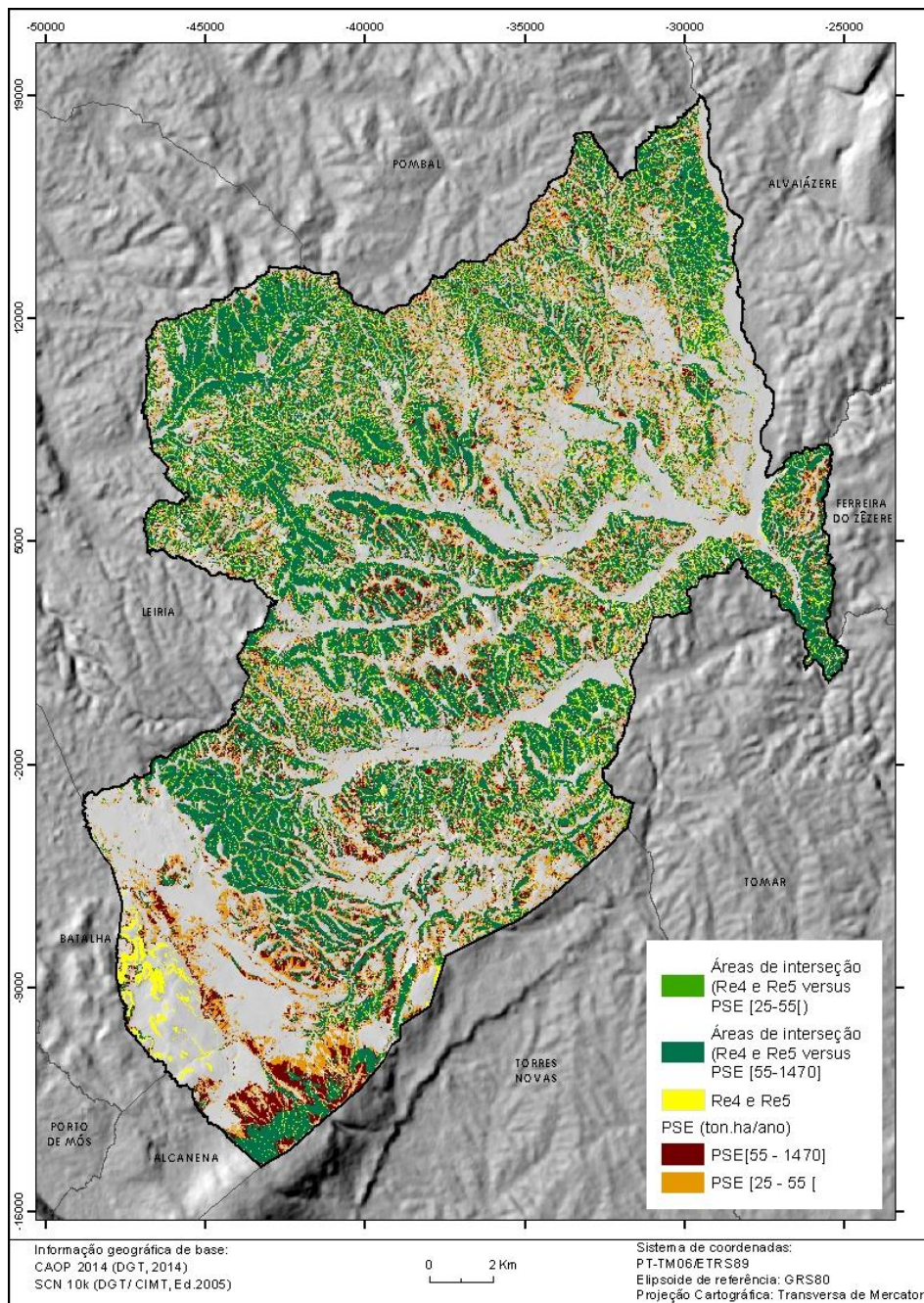


Figura 50: Comparação entre as áreas a integrar em REN segundo a metodologias definidas pela CCDR (Ramos *et al.*, 2009) e pelo DR, 1.^a série – N.º 232, de 30 de novembro de 2012 (EUPS).

6 Conclusão

Aplicando as metodologias definidas na Resolução do Conselho de Ministros nº 81/2012 de 3 outubro, e corrigidos pela Declaração de Retificação nº 71/2012 de 30 novembro, referentes à delimitação das duas tipologias da REN no município de Ourém, associadas à dinâmica de vertentes: “Áreas de instabilidade de vertentes” (Valor Informativo) e “Áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo” (Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), Perda de Solo Específica (PSE) e Razão de Cedência de Sedimentos (SDR)), e respeitando os critérios de integração aí definidos (inclusão de uma fração superior a 70% das áreas identificadas como instabilizadas no inventário, e integração de áreas com Perda de solo efetiva superior a 55ton.ha/ano) determinou-se que deve integrar a REN, um total de 14252,8 ha (34,2% do concelho). Esta área é muito superior à delimitada como “área com risco de erosão”, na Reserva Ecológica Nacional em vigor no município Ourém, 2887,3 ha, o correspondente a 6,9% do concelho.

Diferenciando por tipologia de REN, constata-se que no concelho de Ourém a área de instabilidade de vertente é de 1861,6 ha, (4,5%) e que a área de elevada erosão hídrica é de 13931,1 ha (33,4%), sobrepondo-se em 1539,8 ha, (3,7%) (Quadro 25).

Grande parte das áreas de instabilidade de vertente, 82,7 %, encontra-se incluída em áreas de erosão hídrica elevada. O declive é muito importante, quer para a instabilidade de vertentes quer para a erosão hídrica.

Verificou-se durante a aplicação da EUPS, que quanto maior for o declive, maior será a variável LS, com forte influencia no resultado final. Por seu lado durante o cálculo do Valor Informativo verificou-se que as classes de declive possuem valor informativo elevado. Os restantes 17,3% possuem uma dimensão muito reduzida, de difícil observação na Figura 51, sendo na sua grande maioria referentes a interflúvios de dimensão muito reduzida.

Quadro 25: Comparação entre tipologias de REN

	Area total	
	ha	%
Instabilidade vertente	1861,6	4,5
Elevada erosão hídrica	13931,1	33,4
Instabilidade de vertente e Elevada erosão hídrica	1680,2	4
Área total de REN no concelho	14252,8	100

Considerando um limiar de Pse mais baixo, integrando áreas com Perdas de solo a partir das 25 ton.ha/ano, tal como é referido pela CCDR-LVT (2015), a fração de áreas

de instabilidade de vertentes incluídas áreas de elevada erosão hídrica subirá para 90%.

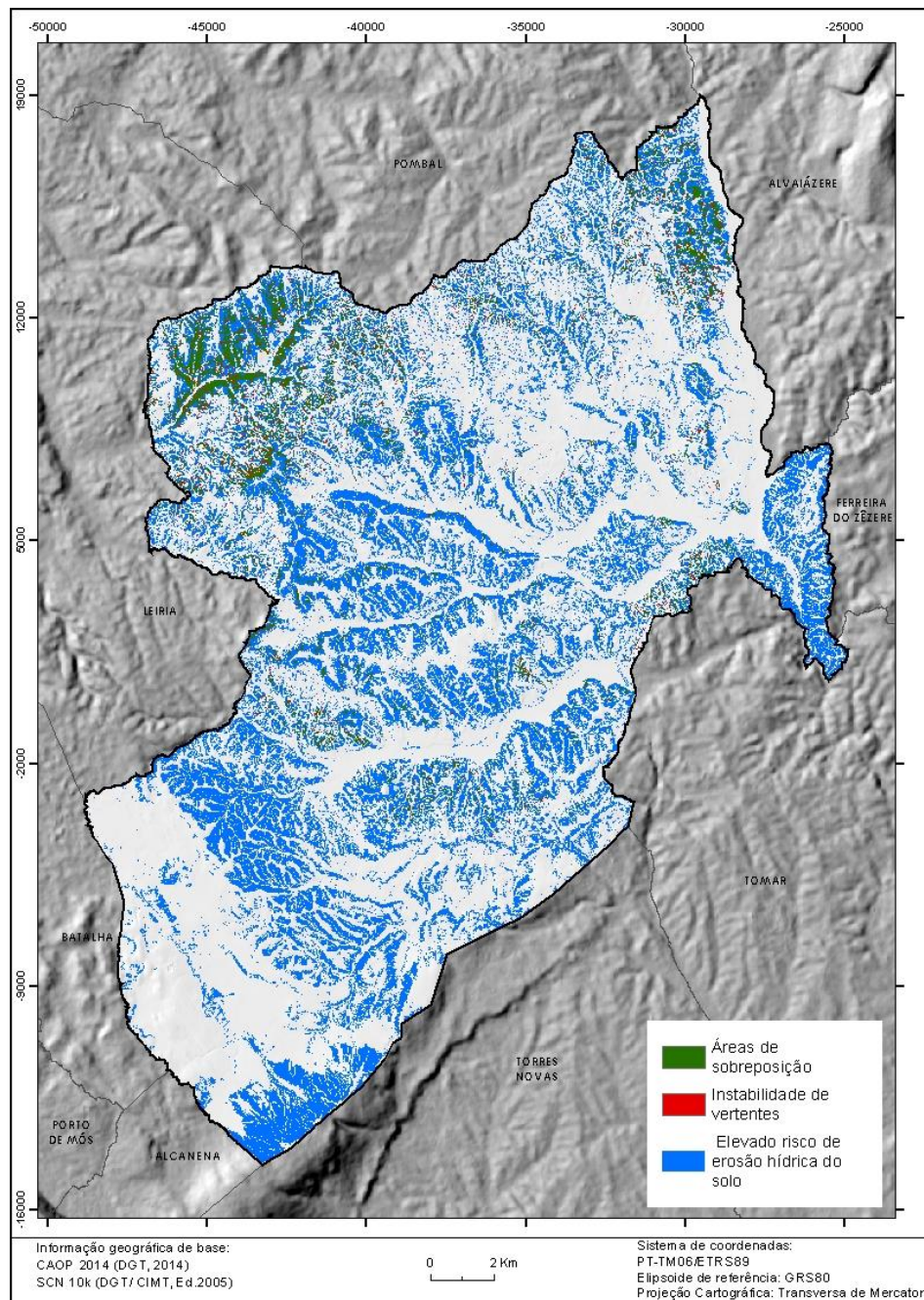


Figura 51: Comparação entre tipologias das áreas a integrar em REN.

O Valor Informativo foi calculado com base num inventário de deslizamentos ocorridos apenas no concelho de Ourém. Este inventário tem a particularidade não se encontrar diferenciado por tipologia de deslizamentos, de acordo com a influência ou não que têm a presença de linhas de água na sua ocorrência. Seria eventualmente interessante proceder ao cálculo do Valor Informativo tendo em conta o registo não só dos deslizamentos dentro do município de Ourém, mas deslizamentos ocorridos nos municípios vizinhos com características semelhantes.

A aplicação da EUPS e da Perda de solos efetiva têm levantando algumas questões, sendo a principal, a ausência de consenso na determinação a partir de que limiar de perda de solo de solo se deve inserir em REN, se segundo CCDR-LVT (2015) ou de acordo com a Declaração de Retificação nº 71/2012 de 30 novembro.

Na aplicação da própria fórmula da EUPS existem alguns componentes de grande subjetividade, tais como o comprimento de uma vertente. A determinação de um comprimento da vertente é muito difícil, a extensão real da vertente é sempre inferior àquela que se consegue identificar com base na cartografia, mesmo que seja na escala 1/10000 (ou até superior): há sempre obstáculos e irregularidades (naturais ou não) que interrompem a vertente e quebram a sequência do escoamento laminar e que não se conseguem detetar na cartografia (ou são ignorados de forma consciente, como é o caso das estradas).

A EUPS utiliza a noção de erosividade como fator determinante do processo de erosão de solos (Bateira,2001), no entanto a informação disponível é reduzida, e a indicada pela Declaração de Retificação nº 71/2012 de 30 novembro encontra-se a uma escala muito reduzida. Tendo em conta que 85,3 % das áreas com $Pse \geq 55$ ton/ha.ano estão inseridas em áreas com suscetibilidade elevada e muito elevada à erosão hídrica(R4 e R5), seria preferível na delimitação das áreas elevada erosão hídrica no âmbito da Reserva Ecológica Nacional, a utilização de uma metodologia mais simples, como por exemplo, a de Monturiol.

BIBLIOGRAFIA

Bateira, C. (2001) – Movimentos de Vertente no NW de Portugal, Susceptibilidade Geomorfológica e Sistemas de Informação Geográfica. Dissertação de Doutoramento em Geografia Física, Universidade do Porto, Porto.

Beguiría, S. (2006) – *Validation and evaluation of predictive models in hazard assessment and risk management. Natural Hazards*. 37:p. 315 – 329.

Beek, C.; Tóth, G.; (2012) - *Risk assessment methodologies of soil threats in Europe*. Report EUR 24097. Scientific and Technical Research Series. Publications Office of the European Union. Luxembourg.

Bergonse, R. C. G. V. (2014) – *Dinâmica Espacial e Temporal do Ravinamento na Margem Esquerda da Bacia do Baixo Tejo: Formas, Processos e Factores*. Dissertação de Doutoramento em Geografia, Universidade de Lisboa, Lisboa.

Bi, J.; Bennett, K. P. (2003) – Regression Error Characteristic Curves. *Proceedings of the Twentieth International Conference on Machine Learning (ICML – 2003)*. Washington DC.

Brice, J.B. (1966) – *Erosion and deposition in the loess-mantled Great Plains: Medicine Creek drainage basin. Nebraska: U.S. Geological Survey Professional Paper 352H: p. 255-339.*

Cardoso, J. C. (1965) – *Os Solos de Portugal. Sua classificação, caracterização e génese. 1 – A Sul do rio Tejo*. Secretaria do Estado da Agricultura, Direcção geral dos serviços agrícolas. Lisboa.

Cardoso, J. C. ; Bessa, M. T. ; Marado, M. B. (1973) – *Carta dos Solos de Portugal (1:1 000 000)*. Separata da Agronomia Lusitana. Oeiras: Estação Agronómica Nacional. Vol. 33 – Tomos I-IV: p. 481-602.

CCDR-LVT (2009) – *Reserva Ecológica Nacional. Documento de apoio à sua delimitação*. Fichas técnicas por tipologia de área (Decreto-Lei n.º 166/2008, de 22 de Agosto). Direcção de Serviços de Ordenamento do Território, Divisão de Ordenamento do Território. Lisboa.

CCDR -LVT (2015) – *Guia Metodológico para a Delimitação da Reserva Ecológica Nacional. Região de Lisboa e Vale do Tejo*. Direcção de Serviços de Ordenamento do Território. Lisboa.

Chung, C-J. F.; Fabbri, A. G. (1999) - Probabilistic prediction models for landslide hazard mapping. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 65(12): p. 1389 – 1399.

Chung, C-J. F.; Fabbri, A. G. (2003) – Validation of spatial prediction models for landslide hazard mapping. *Natural Hazards*. 30: p.451 – 472.

Chung, C-J. F.; Fabbri, A. G. (2005) – Systematic procedures of landslide hazard mapping for risk assessment using spatial prediction models *in* Glade, T.; Anderson, M.; Crozier, M. J. (Eds.) *Landslide Hazard and Risk*. John Wiley & Sons, Ltd. Chichester: p. 139 – 174.

Crozier, M. (1986) – *Landslides: causes, consequences and environment*. Croom Helm, London.

Cruden, D.M. (1991) – A simple definition of a landslide. *A Bulletin of the international Association of Engineering Geology*, 43: p.27-29.

Cruden, D.M.; Varnes, D.J. (1996) - Landslide types and processes. *In* Turner, A.K.; Schuster, R.L. (Eds.), *Landslides. Investigation and Mitigation*. Transportation Research Board. National Academy Press, Washington D.C. Special Report 247: p.36-75.

Eckelmann, W.; Baritz R.; Bialousz R.; Bielek P.; Carré F. et al. (2006)- Common Criteria for Risk Area Identification according to Soil Threats. *European Soil Bureau Research Report No.20, EUR 22185 EN*,. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Ellis, S.; Mellor, A. (1995) - *Soils and environment*. Routledge, London.

ESRI – Environmental Systems Research Institute, Inc. (2013) – *ArcGis Desktop Help*.

FAO (1965) – *Soil erosion by water. Some measures for its control on cultivated lands*. FAO Agriculture Paper nº 81. Rome.

Garcia, R.A.C. (2012) – *Metodologias de Avaliação da Perigosidade e Risco associado a Movimentos de Vertente. Aplicação na bacia do rio Alenquer*. Dissertação de Doutoramento em Geografia, Universidade de Lisboa, Lisboa

Guzzeti, F. (2005) – *Landslide hazard and risk assessment – concepts, methods and tools for the detection and mapping of landslides, for landslides susceptibility zonation and hazard assessment, and for landslide risk evaluation*. Dissertação de doutoramento apresentada à Mathematchinaturwissenschaftlichen Fakultät da Rheinischen Friedrich-Wilhelms, Universidade de Bona.

IHERA (1999) – *Notícia explicativa da Carta de Solos de Portugal e da Carta de Capacidade de Uso do Solo*. Direcção de Serviços dos Recursos Hídricos e Aproveitamentos Hidroagrícolas, Divisão de Solos, Lisboa.

Henriques, C.S. (2009) – *Dinâmica de Vertentes no Contexto da Reserva Ecológica Nacional: O Caso de Estudo do concelho de Caldas da Rainha*. Dissertação de

Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Modelação Territorial Aplicados ao Ordenamento, Universidade de Lisboa, Lisboa.

Highland, L.M; Bobrowsky, P. (2008) – *The landslide handbook – A guide to understanding landslides*. U. S. Geological Survey Circular 1325, Reston, Virginia.

HORTON, R.E. (1933) – *The role of infiltration in the hydrologic cycle*. Trans. Am. Geophys. Union 14: p. 446-460.

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 (SIG) de base municipal*. Autoridade Nacional de Protecção Civil, Lisboa.

Manuppela, G. ; Antunes, M. T. ; Almeida, C.; Azerêdo, A. C.; Barbosa, B., et al (2000) – *Notícia explicativa da folha 27 – A, Vila Nova de Ourém*. Carta Geológica de Portugal, escala 1:50 000, Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa.

Martins, A.F. (1949) – *Maçço Calcário Estremenho. Contribuição para um estudo de Geografia Física*. Dissertação de Doutoramento, Universidade de Coimbra, Coimbra.

Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território (2012) – *Decreto-Lei n.º 239/2012*. Diário da República -1ª Série, nº212 de 02/11/2012, Lisboa.

Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. (2006) – *Decreto-Lei n.º 180/2006*. Diário da República – 1ª Série, nº 172 de 06/09/2006, Lisboa.

Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. (2008) – *Decreto-Lei n.º 166/2008*. Diário da República – 1ª Série, nº 162 de 22/05/2008, Imprensa Nacional–Casa da Moeda, Lisboa.

Ministério do Planeamento e da Administração do Território (1990) – *Decreto-lei nº 93/90*. Diário da República – 1ª Série, nº 65 de 19/03/1990, Imprensa Nacional–Casa da Moeda, Lisboa.

Ministério da Qualidade de Vida (1983) – *Decreto-lei nº 321/83*. Diário da República – 1ª Série, nº 152, de 05/07/1983, Imprensa Nacional–Casa da Moeda, Lisboa.

Monturiol, F. e colaboradores (1978) – *Cartografía edafológica y capacidad de uso de los suelos de la franja costera de la provincia de Santander*. CDIS, Santander, y CDIS, Madrid.

Morgan, R. P. C. (2005) – *Soil Erosion & Conservation*, Longman, Essex.

Oliveira, M.C.O. (2012) – *Incidência Espacial e Temporal da Instabilidade Geomorfológica na Bacia do Rio Grande da Pipa (Arruda dos vinhos)*. Dissertação de Doutoramento em Geografia. Universidade de Lisboa.

Philip, G. M.; D. F. Watson (1982) - A Precise Method for Determining Contoured Surfaces. *Australian Petroleum Exploration Association Journal* 22:p 205–212.

Pimenta, M. T. (1998) – *Caracterização da erodibilidade dos solos a sul do rio Tejo*. Instituto Nacional da Água (INAG), Lisboa. (disponível em http://snirh.pt/snirh/download/relatorios/factorC_K.pdf).

Pimenta, M. T. (1999) – *Directrizes para a aplicação da equação universal da perda de solos em SIG: factor de cultura C e o factor de erodibilidade dos solos K*. Instituto Nacional da Água (INAG), Lisboa.

Popescu, M. E. (1994) – A suggested method for reporting landslide causes. *Bulletin de l' Association Internationale de Géologie de L' ingénieur*, 50: p.71-74.

Popescu, M. E. (1996) – From landslide causes to landslide remediation. In *Senneset (Ed.) Landslides, Proceedings of the 7th International Symposium on Landslides*, Balkema, Rotterdam: p.75-96.

Presidência do Conselho de Ministros (2004) – *Resolução do Conselho de Ministros n.º 136/2004*. Diário da República – 1ª Série B n.º 231 de 30/07/2004. Imprensa Nacional – Casa da Moeda, Lisboa.

Presidência do Conselho de Ministros (2007) – *Resolução do conselho de Ministros n.º 61/2007*. Diário da República – 1ª Série n.º 81 de 26/04/2007. Imprensa Nacional – Casa da Moeda, Lisboa.

Presidência do Conselho de Ministros (2012) *Resolução do conselho de Ministros n.º 81/2012*. Diário da República – 1ª Série n.º 192 de 3/10/2012. Imprensa Nacional – Casa da Moeda, Lisboa.

Presidência do Conselho de Ministros (2012) – Declaração de rectificação 71/2012. Diário da República – 1ª Série n.º 232 de 30/11/2012. Imprensa Nacional -Casa da Moeda, Lisboa.

Ramos, C; Zêzere, J. L.; Reis, E.; Mendonça, J. L. (2009) - *Reserva Ecológica Nacional do Oeste e Vale do Tejo - Quadro de Referência Regional*. CCDR Lisboa e Vale do Tejo, Lisboa. (disponível em <http://www.ccdr-lvt.pt/pt/areas-de-ren---quadro-de-referencia-regional/1913.htm>).

Reis, E.; Zêzere J L.; Vieira, G. T.; Rodrigues M L (2003).- Integração de dados espaciais em SIG para avaliação da susceptibilidade à ocorrência de deslizamentos. *Finisterra - Revista Portuguesa de Geografia*, XXXVIII, 76. Lisboa: p.3-34.

Santos L.M. (2002) – *A Bacia Hidrográfica do rio Nabão, aspectos cárscicos e actividades de lazer na área do Agroal*. Dissertação de Mestrado em Geografia, Universidade de Coimbra, Coimbra.

Teixeira C.; Zbyszewski, G. (1968) – *Notícia explicativa da Folha 23-C, Leiria. Carta geológica de Portugal na escala de 1/50000*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.

Thompson, R.D.; Manning, A.M.; Mitchell, C.W.; Parry, M.; Townshed, J.R. (1986) – *Processes in Physical Geography*. Longman, London.

UNESCO, Working Party on World Landslide Inventory (1993) – A suggested method for describing the activity of a landslide. *Bulletin of the international Association of Engineering Geology*, 47, Paris: p.53-57.

Varnes, D.J. (1978) – Slope movement types and processes in Schuster, R.L.; Krizek, R.J. (Eds.), *Landslides, Analysis and Control*, Transportation Research Board Special Report, 176, Washington D.C.: p.11-33.

Varnes, D.J.; International Association of Engineering Geology Commission on Landslides and Other Mass Movements on Slopes (1984) - *Landslide hazard zonation: a review of principles and practice*. UNESCO, Paris.

Watson, D. F.; G. M. Philip (1985) - "A Refinement of Inverse Distance Weighted Interpolation." *Geoprocessing 2*:p.315–327.

Wischmeyer, W. H.; Smith, D. D. (1978) – *Prediction rainfall erosion losses*. Soil Conservation Service, Handbook nº 537, Soil Conservation Service, United States Department of Agriculture.

Yin, K.L., Yan T.Z. (1988) – Statistical prediction model for slope instability of metamorphosed rocks. *in*: Bonnard, C. (Ed) *Proceedings of the 5th ISL*, Lausanne.Vol.2. Balkema, Rotterdam: p. 1269–1272.

Zêzere, J. L. (2000) – *A classificação dos movimentos de vertente. Tipologia, actividade e morfologia*. Apontamentos de Geografia, série investigação, nº6, CEG, Lisboa.

Zêzere, J. L. (2005) – *Dinâmica de Vertentes e Riscos Geomorfológicos. Relatório nº. 41*. Centro de Estudos Geográficos, Lisboa.

Zêzere, J. L. (2007) – Riscos e Ordenamento do Território. *Inforgeo*, 20/21, Ordenamento Territorial, Associação Portuguesa de Geógrafos: p.59-63.

Zêzere, J.L. (2010) – *Relatório do programa de Perigosidade, Vulnerabilidade e Riscos no Território: aplicação aos movimentos de vertente*. Provas de Agregação. Universidade de Lisboa

Anexo

Quadro A1: Valor de erodibilidade (K) atribuído a cada tipo de solo existente no concelho de Ourém.

Símbolo	Descrição	K (SI)	K (métrico)
A	Solos Incipientes - Aluviossolos Modernos, Não Calcários, de textura mediana	0,039	0,38
Aa	Solos Incipientes - Aluviossolos Modernos, Não Calcários, de textura pesada	0,025	0,24
Aac	Solos Incipientes - Aluviossolos Modernos, Calcários, (Para-Solos Calcários), de textura pesada	0,045	0,44
Ac	Solos Incipientes - Aluviossolos Modernos, Calcários, (Para-Solos Calcários), de textura mediana	0,045	0,44
Al	Solos Incipientes - Aluviossolos Modernos, Não Calcários, de textura ligeira	0,017	0,17
Alc	Solos Incipientes - Aluviossolos Modernos, Calcários, (Para-Solos Calcários), de textura ligeira	0,045	0,44
Ap	Solos Podzolizados - Podzóis (Não Hidromórficos), Sem Surraipa, Normais, de areias ou arenitos	0	0
Arc	Afloramento Rochoso de calcários ou dolomias	0	0
At	Solos Incipientes - Aluviossolos Antigos, Não Calcários, de textura mediana	0,033	0,33
Atc	Solos Incipientes - Aluviossolos Antigos, Calcários, (Para-Solos Calcários), de textura mediana	0,042	0,41
Atl	Solos Incipientes - Aluviossolos Antigos, Não Calcários, de textura ligeira	0,005	0,05
Bva	Barros Castanho-Avermelhados, Calcários, Não Descarboxados, de formações argilosas calcárias	0,035	0,34
Ca	Solos Hidromórficos, Sem Horizonte Eluvial, Para-Aluviossolos (ou Para-Coluviossolos), de aluviões ou coluviais de textura mediana	0,039	0,39
Cac	Solos Hidromórficos, Sem Horizonte Eluvial, Para-Aluviossolos (ou Para-Coluviossolos), de aluviões ou coluviais de textura mediana, calcários	0,04	0,39
Cal	Solos Hidromórficos, Sem Horizonte Eluvial, Para-Aluviossolos (ou Para-Coluviossolos), de aluviões ou coluviais de textura ligeira	0,04	0,39
Cpc	Barros Pretos, Calcários, Não Descarboxados, de rochas eruptivas ou cristalofílicas básicas associadas a calcário friável, ou de grés argilosos calcários ou margas	0,028	0,27
Ec	Solos Incipientes - Litossolos dos Climas de Regime Xérico, de calcários compactos ou dolomias	0,054	0,53
Krc	Solos Mólicos - Castanozemes, (Não Argiluvitados), Rendzinas, calcárias	0,033	0,325
Kvcd	Solos Mólicos - Castanozemes, Argiluvitados, Vermelhos ou Amarelos, de calcários compactos ou dolomias	0,033	0,325
Mnr	Solos Litólicos, Húmicos, Câmbicos, Normais, de materiais arenáceos pouco consolidados	0,033	0,32
Mnt	Solos Litólicos, Húmicos, Câmbicos, Normais, de arenitos grosseiros	0,033	0,32
Pa	Solos Argiluvitados Pouco Insaturados - Solos Mediterrâneos, Pardos, de Materiais Não Calcários, Normais, de depósitos argiláceos não consolidados	0,03	0,29
Pac	Solos Argiluvitados Pouco Insaturados - Solos Mediterrâneos, Pardos de Materiais Calcários, Para-Barros, de margas ou calcários margosos ou de calcários não compactos associados com xistos, grés argilosos, argilitos ou argilas ou de grés argilosos calcários (de textura franca a franco-argilosa)	0,032	0,31
Pag	Solos Argiluvitados Pouco Insaturados - Solos Mediterrâneos, Pardos, de Materiais Não Calcários, Para-Solos Hidromórficos, de arenitos ou conglomerados argilosos ou argilas (de textura arenosa ou franco-arenosa)	0,021	0,21
Pagc	Solos Argiluvitados Pouco Insaturados - Solos Mediterrâneos, Pardos, de Materiais Calcários, Para-Solos Hidromórficos, de arenitos finos, argilas ou argilitos, calcários	0,023	0,23
Par	Solos Litólicos, Não Húmicos Pouco Insaturados, Normais, de materiais arenáceos pouco consolidados (de textura arenosa a franco-arenosa)	0,03	0,29
Pat	Solos Argiluvitados Pouco Insaturados - Solos Mediterrâneos, Pardos, de Materiais Não Calcários, Normais, de arenitos argilosos	0,03	0,29
Pc	Solos Calcários, Pardos dos Climas de Regime Xérico, Normais, de calcários não compactos	0,04	0,39
Pc'	Solos Calcários, Pardos dos Climas de Regime Xérico, Para-Barros, de calcários não compactos associados a dioritos, ou gabros, ou rochas eruptivas, ou cristalofílicas básicas, ou de materiais afins	0,031	0,3
Pcs	Solos Calcários, Pardos dos Climas de Regime Xérico, Normais, de margas ou materiais afins	0,037	0,37
Pcs'	Solos Calcários, Pardos dos Climas de Regime Xérico, Para-Barros, de margas ou materiais afins	0,031	0,3
Pcsd	Solos Calcários, Pardos dos Climas de Regime Xérico, Normais, de margas e calcários compactos inter-estratificados	0,033	0,32
Pct	Solos Calcários, Pardos dos Climas de Regime Xérico, Normais de arenitos grosseiros associados a depósitos calcários	0,034	0,33
Pcz	Solos Hidromórficos, Sem Horizonte Eluvial, Para-Barros, de margas ou calcários margosos ou arenitos calcários	0,027	0,26
Pdc	Solos Argiluvitados Pouco Insaturados - Solos Mediterrâneos, Pardos, de Materiais Calcários, Para-Solos Hidromórficos, de arcoses ou rochas afins associadas a depósitos calcários	0,023	0,23

Símbolo	Descrição	K (SI)	K (métrico)
Pdg	Solos Argiluvitados Pouco Insaturados - Solos Mediterrâneos, Pardos, de Materiais Não Calcários, Para-Solos Hidromórficos, de arcoses ou rochas afins	0,018	0,18
Ppr	Solos Podzolizados - Podzóis, (Não Hidromórficos), Com Surraipa, com A2 incipiente, de materiais arenáceos pouco consolidados	0,02	0,2
Ppt	Solos Podzolizados - Podzóis, (Não Hidromórficos), Com Surraipa, com A2 incipiente, de ou sobre arenitos	0,02	0,2
Ptco	Solos Calcários, Pardos dos Climas de Regime Xérico, Normais, de arenitos finos calcários (de textura franca a franco-argilosa)	0,033	0,32
Puvd	Solos Argiluvitados Pouco Insaturados - Solos Mediterrâneos, Vermelhos ou Amarelos, de Materiais Não Calcários, Húmicos, de material coluviado de solos derivados de calcários compactos ou dolomias	0,033	0,32
Pvd	Solos Argiluvitados Pouco Insaturados - Solos Mediterrâneos, Vermelhos ou Amarelos, de Materiais Calcários, Normais, de material coluviado dos solos da Família Vcd	0,034	0,33
Sb	Solos Incipientes - Solos de Baixas (Coluviossolos), Não Calcários, de textura mediana	0,036	0,35
Sba	Solos Incipientes - Solos de Baixas (Coluviossolos), Não Calcários, de textura pesada	0,036	0,35
Sbac	Solos Incipientes - Solos de Baixas (Coluviossolos, Calcários, (Para-Solos Calcários), de textura pesada	0,043	0,42
Sbc	Solos Incipientes - Solos de Baixas (Coluviossolos), Calcários. (Para-Solos Calcários), de textura mediana	0,043	0,42
Sbl	Solos Incipientes - Solos de Baixas (Coluviossolos), Não Calcários, de textura ligeira	0,036	0,35
Sblc	Solos Incipientes - Solos de Baixas (Coluviossolos), Calcários, (Para-Solos Calcários), de textura ligeira	0,043	0,42
Sblu	Solos Incipientes - Solos de Baixas (Coluviossolos), Não Calcários, Húmicos, de textura ligeira	0,036	0,35
Sbu	Solos Incipientes - Solos Incipientes - Solos de Baixas (Coluviossolos), Não Calcários, Húmicos, de textura mediana	0,036	0,35
Spc'	Solos Calcários, Pardos dos Climas de Regime Xérico, Para-Barros, de materiais coluviados de solos calcários	0,031	0,3
Vc	Solos Calcários, Vermelhos dos Climas de Regime Xérico, Normais, de calcários	0,032	0,315
Vc'	Solos Calcários, Vermelhos dos Climas de Regime Xérico, Para-Barros, de calcários não compactos, associados a dioritos ou gabros ou rochas eruptivas ou cristalofílicas básicas, ou de materiais afins	0,034	0,33
Vcd	Solos Argiluvitados Pouco Insaturados - Solos Mediterrâneos, Vermelhos ou Amarelos, de Materiais Calcários, Normais, de calcários compactos ou dolomias	0,033	0,325
Vcs'	Solos Calcários, Vermelhos dos Climas de Regime Xérico, Normais, de "grés de Silves" calcários de textura franco-arenosa a franca	0,037	0,36
Vcso	Solos Calcários, Vermelhos dos Climas de Regime Xérico, Normais, de arenitos semelhantes ao "grés de Silves" ou argilitos, calcários (de textura franca a franco-argilosa)	0,037	0,36
VI	Solos Litólicos, Não Húmicos, Pouco Insaturados, Normais, de materiais arenáceos pouco consolidados (de textura franco-arenosa a franca)	0,032	0,31
Vt	Litólicos, Não Húmicos, Pouco Insaturados Normais, de arenitos grosseiros	0,033	0,32
A.Soc.	Área Social	0	0

Quadro A2: Valores de erodibilidade adotados para os solos não estudados em Cardoso, 1965 (Fonte:Pimenta(1998).

FAMÍLIA	TIPO	SOLO SEMELHANTE	VALOR ADOPTADO	OBSERVAÇÕES
SOLOS DE BAIXAS	Sba	Sb	0,35	
	Sbac	Sb	0,35	
	Sbc	Sb	0,35	
	Sbl	Sb	0,35	
CALCÁRIOS PARDOS	Pct	Pcx	0,33	- pedregosidade
CALCÁRIOS VERMELHOS	Vc*	Vc	0,28	
	Vcr	Vc	0,315	
BARROS CASTANHO AVERMELHEADO	Cpc	Cp	0,27	Comportamento semelhante entre Bp e Bpc
MEDITERRÂNEOS PARDOS	Pdc	Pgn	0,23	
	Pdg	Pgn	0,18	+ areia
HIDROMÓRFICOS	Ca	Ca	0,39	
	Caa	Ca	0,39	
	Cac	Ca	0,39	
	Cal	Ca	0,39	
	Calc	Ca	0,39	
PODZÓIS	Ppr	Ppt	0,20	

Quadro A3: Erodibilidade dos solos para as unidade pedológicas representadas no sistema de classificação adoptado no S.R.O.A. correspondente às cartas 1:25 000 e 1:50 000 em unidades SI e métricas (Fonte: Pimenta (1999))

Litossolos									
Unidade e perfil	argila	Limo + areiafina	Areia grossa	% matéria orgânica	permeabilidade	estrutura	M	K (SI)	K (métricas)
Ec	21.7	64	14.3	1.72	4	3	5007.86	0.055	0.53

Aluviossolos Modernos									
Unidade e perfil	argila	Limo + areiafina	Areia grossa	% matéria orgânica	permeabilidade	estrutura	M	K (SI)	K (métricas)
Al	4.8	28.9	66.3	1.59	1	2	2749.79	0.017	0.17
A	14.5	63.8	21.7	4.27	3	2	5456.65	0.039	0.38
Aa	35.2	39.4	25.4	1.94	4	2	2556.24	0.025	0.24
Aac	24.7	59.4	15.9	1.52	4	2	4471.41	0.045	0.44

Aluviossolos Antigos e de Solos de Baixas									
Unidade e perfil	argila	Limo + areiafina	Areia grossa	% matéria orgânica	permeabilidade	estrutura	M	K (SI)	K (métricas)
Atl	6.1	15.7	78.2	1.64	1	2	1472.88	0.005	0.05
At	18.0	53.1	28.2	2.6	2	2	4353.95	0.033	0.33
Sblc	10.1	48.1	41.8	2.6	2	2	4322.17	0.043	0.42
Sb	15.7	52.5	31.8	2.9	3	2	4428.65	0.036	0.35

Solos Litólicos									
Unidade e perfil	argila	Limo + areiafina	Areia grossa	% matéria orgânica	permeabilidade	estrutura	M	K (SI)	K (métricas)
Par	10.9	42.5	46.6	0.68	2	1	3785.17	0.030	0.29
Vt-61	5.5	45.8	48.7	0.86	1	1.5	4332.78	0.034	0.34
Vt-284	8.0	42.7	49.3	0.59	1	1.5	3928.50	0.031	0.3

Solos Calcários Pardos									
Unidade e perfil	argila	Limo + areiafina	Areia grossa	% matéria orgânica	permeabilidade	estrutura	M	K (SI)	K (métricas)
Pc-81	17.1	57.5	25.4	1.41	2	2	4763.23	0.042	0.42
Pc-487	24.8	53.1	22.1	2.62	4	2	3994.18	0.036	0.36
Pc' -181	40.6	35.5	23.9	1.28	5	2.5	2110.02	0.027	0.26
Pc'-265	26.2	49.7	24.1	2.19	3	2.5	3666.78	0.034	0.33
Pcs	22.0	53.5	24.5	1.93	3	2	4174.35	0.037	0.37

Solos Calcários Vermelhos									
Unidade e perfil	argila	Limo + areiafina	Areia grossa	% matéria orgânica	permeabilidade	estrutura	M	K (SI)	K (métricas)
Vc-390	23.0	48.6	28.4	1.72	3	2.5	3741.00	0.036	0.35
Vc-232	28.1	42.7	29.2	1.72	3	2.5	3066.84	0.029	0.28

Solos Mediterrâneos Pardos									
Unidade e perfil	argila	Limo + areiafina	Areia grossa	% matéria orgânica	permeabilidade	estrutura	M	K(SI)	K(métricas)
Pac-298	24,8	38,8	36,4	0,7	3	3	2914,09	0,032	0,31
Pag-289	14,0	31,2	54,8	0,64	2	2	2681,94	0,022	0,22
Pag-293	13,6	29,2	57,2	0,76	2	2	2525,29	0,020	0,20

Solos Mediterrâneos Vermelhos e Amarelos									
Unidade e perfil	argila	Limo + areiafina	Areia grossa	% matéria orgânica	permeabilidade	estrutura	M	K (SI)	K (métricas)
Vcd-29	41,0	44,3	14,7	3,57	5	3	2614,08	0,029	0,29
Vcd-241	42,4	47,5	10,1	0,9	5	3	2734,34	0,036	0,36

Podzóis									
Unidade e perfil	argila	Limo + areiafina	Areia grossa	% matéria orgânica	permeabilidade	estrutura	M	K (SI)	K (métricas)
Ap	6,4	8,1	85,5	0,33	1	1	761,86	0,000	0,00
Ppt	7,2	35,6	57,2	1,06	1	1	3304,54	0,020	0,20

Solos Hidromórficos

Unidade e perfil	argila	Limo + areiafina	Areia grossa	% matéria orgânica	permeabilidade	estrutura	M	K (SI)	K (métricas)
Ca	28,6	56,6	14,8	2,52	4	2,5	4041,18	0,039	0,39
Ps	14,4	36,7	48,9	1,32	2	2	3143,79	0,025	0,25

Quadro A4: Relação entre o sistema de classificação de solos do S.R.O.A e o sistema de classificação de solos da F.A.O. e respectivo valor de erodibilidade

Fonte: Pimenta (1999)

Classificação F.A.O. Escala 1:1 000 000		Classificação S.R.O.A. Escala 1:25 000		VALOR DE ERODIBILIDADE
Nome	Código	Nome	Código	
	RO	Afloramentos rochosos		0.00
Fluvisolos	Jc	Aluvisolos Antigos Calcários	Atc	0.41
	Je	Aluvisolos Antigos Não Calcários	Atl, At	0.19
	Jc	Aluvisolos Modernos Calcários	Alc, Ac, Aac	0.44
	Jd, Je	Aluvisolos Modernos Não Calcários	Al, A, Aa	0.26
Vertissolos	Vc	Barros Castanho-Avermelhados		0.34
	Vp	Barros Pretos	Cpc	0.32
Cambissolos	Bkv	Calcários Pardos Para-Barros	Pc	0.3
	Bk	Calcários Pardos, Normais	Pc, Pcs, Pct, Rc	0.32
	Bcc	Calcários Vermelhos, Normais	Vc	0.36
	Bcv	Calcários Vermelhos, Para - Barros	Vc'	0.33
Cambissolos	Bh	Litólicos Húmicos		0.32
	Bd, Be	Litólicos Não Húmicos	Par, Vt	0.31
Litossolos	Id, Ie	Litossolos	Ec	0.39
Luvisolos	Lo	Mediterrâneos Pardos de Materiais Não Calcários, Normais		0.29
	Lga, Lg	Mediterrâneos Pardos de Materiais Não Calcários, Para Solos Hidromórficos	Pag, Pdg	0.26
	Lkv	Mediterrâneos Pardos de Materiais Calcários, Para-Barros	Pac	0.31
	Lkg	Mediterrâneos Pardos de Materiais Calcários, Para-Hidromórficos	Pdc	0.32
	Lrk, Lcr, Lf	Mediterrâneos Vermelhos de Materiais Não Calcários, Normais		0.32
	Lrk	Mediterrâneos Vermelhos de Materiais Calcários, Normais	Vcd	0.38
Podzois	Po	Podzóis Com e Sem Surraipa	Ppt, Ppr, Ap	0.28