



**Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia**

**Mestrado em Engenharia Geológica**

Dissertação

**Avaliação de Riscos e Ordenamento do Território: Aplicação  
a um caso prático na região de Estremoz**

**António Maurício Baptista da Cruz**

Orientador(es) | António Bastos de Pinho  
Luís Lopes

Évora 2022

---

---

---

---



**Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia**

**Mestrado em Engenharia Geológica**

Dissertação

**Avaliação de Riscos e Ordenamento do Território: Aplicação  
a um caso prático na região de Estremoz**

**António Maurício Baptista da Cruz**

Orientador(es) | António Bastos de Pinho  
Luís Lopes

Évora 2022

---

---

---

---



A dissertação foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Ciências e Tecnologia:

Presidente | Isabel Maria Ratola Duarte (Universidade de Évora)

Vogais | Luís Lopes (Universidade de Évora) (Orientador)  
Pedro Miguel Nogueira (Universidade de Évora) (Arguente)

Aos meus pais e irmãos que sempre foram o meu suporte.

## AGRADECIMENTOS

---

A Deus, Aquele que é digno de toda honra e toda glória, que tem me guiado e me concedido a sabedoria necessária para enfrentar as lutas quotidianas e pelo dom me dado;

À minha família em especial aos meus pais António e Isabel da Cruz pelo apoio constante e incondicional em todos os momentos;

Aos professores do curso pelo inestimável acréscimo de conhecimento;

À Diretora do curso Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Isabel Duarte, pelo seu apoio a todo o momento.

Aos meus orientadores Profs. Drs. António Pinho e Luís Lopes pela calma, paciência, incentivo e persistência em me indicarem o melhor caminho para a conclusão dessa jornada;

Aos professores e funcionários do Departamento de Geociências que contribuíram para a concretização desta dissertação;

Aos amigos e colegas que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desse trabalho;

E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

A utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), como ferramentas para o ordenamento do território, são cada vez mais imprescindíveis, permitindo otimizar a ocupação do espaço.

O objetivo geral desta pesquisa consiste na elaboração de uma metodologia para a quantificação e gestão dos riscos ambientais (naturais e antrópicos), com recurso a tecnologia SIG, que possibilite a sua aplicação à Zona dos Mármore. Para atingir este objetivo foi utilizada a plataforma QGIS *Geographic Information System* como instrumento de análise na avaliação de riscos na área de estudo que abarca os municípios de Sousel, Estremoz, Borba, Vila Viçosa e Alandroal, onde geograficamente se localiza a estrutura geológica designada por Anticlinal de Estremoz, e de onde se extraem os mundialmente famosos “Mármore de Estremoz”, para a elaboração de toda a cartografia de suscetibilidade.

Os procedimentos metodológicos para a elaboração das cartas de suscetibilidade para análise/avaliação do risco tiveram as seguintes fases, análise da área de estudo, síntese e integração de toda a cartografia existente, determinação dos riscos e suas variáveis identificadas no território. As diferentes cartas de suscetibilidade foram geradas por meio de técnicas de geoprocessamento em ambiente SIG.

A metodologia utilizada para a elaboração das diferentes cartas de suscetibilidade foi baseada na Análise Multicritério pelo método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) auxiliando no processo de tomada de decisão.

A metodologia experimental desenvolvida para a elaboração da carta de suscetibilidade ambiental mostrou-se eficaz, sendo passível de repetição noutros locais, orientada para o correto uso do solo e gerador de relatórios, sob a forma cartográfica e analítica, que podem ser utilizados pelas entidades de gestão do território.

**Palavras-Chave:** SIG; Ordenamento do Território; Alentejo; Rochas Ornamentais; Portugal

# **RISK ASSESSMENT AND SPATIAL PLANNING: APPLICATION TO A PRACTICAL CASE IN THE REGION OF ESTREMOZ**

## **ABSTRACT**

---

The use of Geographical Information Systems (GIS), as tools for land-use planning, are increasingly essential, allowing the optimization of space occupation.

The general objective of this research is to develop a methodology for the quantification and management of environmental risks (natural and anthropic), using GIS technology, which enables its application to the Marble Area. To achieve this aim, the QGIS Geographic Information System platform was used as an analysis tool in risk assessment in the study area, which encompasses the municipalities of Sousel, Estremoz, Borba, Vila Viçosa and Alandroal, where the geological structure known as the Anticlinal of Estremoz is geographically located, and from which the world-famous "Estremoz Marbles" are extracted, for the preparation of all the susceptibility mapping.

The methodological procedures for the elaboration of the susceptibility maps for risk analysis/assessment had the following phases: analysis of the study area, synthesis and integration of all existing cartography, determination of the risks and their variables identified in the territory. The different susceptibility maps were generated through geoprocessing techniques in a GIS environment.

The methodology used for the elaboration of the different susceptibility maps was based on Multicriteria Analysis by the Analytic Hierarchy Process (AHP) method, assisting in the decision making process.

The experimental methodology developed for the elaboration of the environmental susceptibility maps proved to be effective, being repeatable in other locations, oriented to the correct land use and generating reports, in cartographic and analytical form, which can be used by land management entities.

**Keywords:** GIS; Territorial Planning; Alentejo; Ornamental Rocks; Portugal

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1.1 – Esquema metodológico seguido para a elaboração da dissertação.	04
Figura 2.1 – Localização geográfica do Anticlinal de Estremoz.	07
Figura 2.2 – Enquadramento do Anticlinal de Estremoz.	08
Figura 2.3 – Sectores tectono-estratigráficos da zona Ossa – Morena em Portugal.	09
Figura 2.4 – Unidades estratigráficas do Anticlinal de Estremoz-Borba-Vila Viçosa.	11
Figura 2.5 – Distribuição da fracturação em várias zonas do Anticlinal.	12
Figura 3.1 – Modelo conceptual de risco.	15
Figura 4.1 – Localização das UNOR.	20
Figura 5.1 – Fluxograma com as etapas para a elaboração da cartografia.	23
Figura 5.2 – Ambiente de trabalho do QGIS – 3.10	24
Figura 5.3 - Zonas de localização de riscos.	27
Figura 5.4 – Perfil esquemático do processo de cheias e inundações.	31
Figura 5.5 – Formas de circulação da água nas vertentes.	36
Figura 6.1 – Variáveis utilizadas para a elaboração da carta de suscetibilidade a movimentos de terrenos.	44
Figura 6.2 – Carta de suscetibilidade a movimentos de terrenos.	45
Figura 6.3 – Troço da estrada EM255 que deslizou.	46
Figura 6.4 – Variáveis utilizadas para a elaboração da carta de suscetibilidade a cheias e inundações.	47
Figura 6.5 Carta de suscetibilidade a cheias e inundações.	48
Figura 6.6 – Variáveis utilizadas para a elaboração da carta de suscetibilidade a incêndios florestais.	49
Figura 6.7 – Carta de suscetibilidade a incêndios florestais.	49
Figura 6.8 – Variáveis utilizadas para a elaboração da carta de suscetibilidade a erosão hídrica do solo.	50
Figura 6.9 – Carta de suscetibilidade à erosão hídrica do solo.	51
Figura 6.10 – Variáveis utilizadas para a elaboração da carta de suscetibilidade sísmica.	52
Figura 6.11 – Carta de suscetibilidade sísmica.	53
Figura 6.12 – Carta de suscetibilidade a acidentes rodoviários.	54
Figura 6.13 – Carta de suscetibilidade a acidentes industriais.	55

Figura 6.14 – Carta de suscetibilidade à erosão hídrica do solo por influência antrópica.	56
Figura 6.15 – Carta de suscetibilidade ambiental do AE	57
Figura 6.16 – Suscetibilidade ambiental.	58
Figura 6.17 – Carta de suscetibilidade ao risco ambiental do AE, com o ponto aleatório.	59
Figura 6.18 – Esquema de conversão dos valores de Risco Ambiental.	60

## ÍNDICE DE QUADROS

---

Quadro 2.1 – Formações geológicas presentes no Anticlinal de Estremoz	10
Quadro 3.1 – Conceitos usados na análise de avaliação de risco ambiental.	13
Quadro 5.1 – Etapas de análise Multicritério.	22
Quadro 5.2 – Classes de suscetibilidade e as notas atribuídas.	23
Quadro 5.3 – Categorias de perigos/riscos incidentes numa região.	26
Quadro 5.4 – Riscos ambientais considerados para análise neste trabalho.	26
Quadro 5.5 – Notas atribuídas ao grau de suscetibilidade.	29
Quadro 5.6 – Critérios e ponderações utilizados na determinação do risco de movimento de terreno	30
Quadro 5.7 – Critérios e ponderações utilizados na determinação da suscetibilidade a Cheias e inundações.	33
Quadro 5.8 – Dados de base para o cálculo do Risco de Incêndio Florestal.	35
Quadro 5.9 – Critérios e ponderações utilizados na determinação do risco de incêndio florestal.	35
Quadro 5.10 – Variáveis e pesos utilizados na determinação do Risco de Erosão Hídrica.	37
Quadro 5.11 – Classificação do indicador Litologia.	37
Quadro 5.12 – Notas estabelecidas para os componentes de legenda.	39
Quadro 5.13 – Critérios e ponderações utilizados na determinação do risco sísmico.	41
Quadro 5.14 – Notas atribuídas ao grau de suscetibilidade.	41
Quadro 5.15 – Critérios e ponderações utilizados na determinação do risco de erosão hídrica do solo com influência antrópica.	43
Quadro 6.1 – Distribuição dos níveis de suscetibilidade da carta de suscetibilidade aos movimentos de terreno do Anticlinal de Estremoz.	45
Quadro 6.2 – Distribuição dos níveis de suscetibilidade da carta de suscetibilidade a cheias e inundações do Anticlinal de Estremoz.	47
Quadro 6.3 – Distribuição dos níveis de suscetibilidade da carta de suscetibilidade à erosão hídrica do Anticlinal de Estremoz.	51
Quadro 6.4 – Cálculo de risco ambiental.	60

## ACRÓNIMOS E SIGLAS

---

A	Autoestrada
AE	Anticlinal de Estremoz
AHP	Analytic Hierarchy Process
ANPC	Autoridade Nacional de Proteção Civil
CRIF	Carta de Risco de Incêndio Florestal
DGT	Direção Geral do Território
E	Elementos expostos
EN	Estrada Nacional
ENCNB	Estratégia Nacional de Conservação da Natureza e da Biodiversidade
ENDS	Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável
ESRI	Environmental Systems Research Institute
GRASS	Geographic Resources Analysis Support System
IC	Itinerário Complementar
IP	Itinerário Principal
IGT	Instrumentos de Gestão Territorial
IM	Instituto de Meteorologia
INF	Peso Atribuído a Cada Mapa Temático
LBA	Lei de Bases do Ambiente
MDT	Modelo Digital do Terreno
MF	Mapa Final
MT	Mapa Temático
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
OGC	Open Geospatial Consortium
OSGeo	Open Source Geospatial Foundation
OSM	Open Street Map
P	Perigosidade
PANCD	Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação
PDM	Planos Diretores Municipais
PME	Planos Municipais de Emergência
PNAC	Plano Nacional para as Alterações Climáticas
PNI	Plano Nacional de Investimentos
PNPOT	Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território
POEM	Plano de Ordenamento do Espaço Marítimo
PROT	Programas Regionais de Ordenamento do Território
PROZOM	Plano Regional de Ordenamento do Território da Zona dos Mármore
PVI	Programa de Valorização do Interior
QGIS	Quantum GIS
QREN	Quadro de Referência Estratégica Nacional
R	Risco
RA	Risco Antrópico
RN	Risco Natural
REN	Reserva Ecológica Nacional
UNDRO	United Nations Disaster Relief Coordinator
UNOR	Unidades de Ordenamento
WFS	Web Feature Service
WFS-T	Web Feature Services – Transactional
WMS	Web Map Service
V	Vulnerabilidade
ZM	Zona dos Mármore

Tudo posso naquele que me fortalece

Filipenses 4:13

DEDICATÓRIA	i
AGRADECIMENTOS	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE QUADROS	vii
ACRÓNIMOS E SIGLAS	viii
<b>I – INTRODUÇÃO</b>	<b>01</b>
1.1 OBJETIVOS	03
1.1.1 Objetivo Geral	03
1.1.2 Objetivos Específicos	03
1.2 HIPÓTESE	03
1.3 METODOLOGIA	04
1.3.1 Aquisição e tratamento dos dados	05
1.4 Estrutura da Dissertação	05
<b>II – ENQUADRAMENTO DA ÁREA DE ESTUDO</b>	<b>07</b>
2.1 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA	07
2.2 ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO E ESTRATIGRÁFICO	08
2.3 TECTÓNICA	11
<b>III – RISCO AMBIENTAL NO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E SIGs</b>	<b>13</b>
3.1 CONCEITOS UTILIZADOS NA ANÁLISE E AVALIAÇÃO DE RISCO	13
3.2 MODELO CONCEPTUAL DE RISCO	15
3.3 ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO	16
3.4 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA	17

<b>IV – QUADRO LEGISLATIVO PORTUGUÊS SOBRE O ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO</b>	18
<b>V – METODOLOGIA E CARTOGRAFIA DE ANÁLISE</b>	21
METODOLOGIA ADOTADA PARA A ELABORAÇÃO DA CARTOGRAFIA DE RISCO	21
5.1	21
5.2 SOFTWARE UTILIZADO	24
5.3 IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS NO ANTICLINAL DE ESTREMOZ	25
5.4 CARTAS DE SUSCETIBILIDADE	27
5.4.1 Cartas de Suscetibilidade Natural	28
5.4.1.1 Carta de Suscetibilidade a Movimento de Terreno	28
5.4.1.2 Carta de Suscetibilidade a Cheias e Inundações	31
5.4.1.3 Carta de Suscetibilidade a Incêndios Florestais	32
5.4.1.4 Carta de Suscetibilidade a Erosão Hídrica do Solo	36
5.4.1.5 Carta de Suscetibilidade a Ocorrência Sísmica	40
5.4.2 Cartas de Suscetibilidade ao Risco Antrópico	41
5.4.2.1 Carta de Suscetibilidade a Acidentes Rodoviários e Ferroviários	41
5.4.2.2 Carta de Suscetibilidade a Acidentes Industriais	42
5.4.2.3 Carta de Suscetibilidade à Erosão Hídrica	42
<b>VI – ANÁLISE E DISCUSÃO DE RESULTADOS</b>	44
6.1 CARTA DE SUSCETIBILIDADE DE MOVIMENTOS DE TERRENOS	44
6.2 CARTA DE SUSCETIBILIDADE A CHEIAS E INUNDAÇÕES	47
6.3 CARTA DE SUSCETIBILIDADE A INCÊNDIOS FLORESTAIS	49
6.4 CARTA DE SUSCETIBILIDADE A EROSÃO HÍDRICA	49
6.5 CARTA DE SUSCETIBILIDADE SÍSMICA	52
6.6 CARTA DE SUSCETIBILIDADE A ACIDENTES RODOVIÁRIOS E FERROVIÁRIOS	54
6.7 CARTA DE SUSCETIBILIDADE DE ACIDENTES INDUSTRIAIS	55
6.8 CARTA DE SUSCETIBILIDADE À EROSÃO HÍDRICA DO SOLO POR INFLUÊNCIA ANTRÓPICA	56

<b>VII – CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	61
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	63
<b>ANEXOS</b>	69

## I – INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da Humanidade que os riscos ambientais têm sido um fator condicionante ao quotidiano das populações. Antes de mais, deve deixar-se bem patente que o risco existe a partir do momento em que o homem, direta ou indiretamente, passa a fazer parte de um determinado ambiente, independentemente de sua escala. Portanto, é um paradoxo imaginar um ambiente em que o Homem e/ou suas potenciais atividades estejam presentes sem a possibilidade de existir o risco, o qual pode ser estimado ou mitigado, mas nunca extinguido.

Há um grande número de estudos sobre riscos ambientais no ordenamento do território, e também há vários trabalhos que relacionam os dois temas/domínios, embora normalmente estejam focados em determinado perigo. Quando se procuraram trabalhos relacionados com os conceitos de minimização do risco, gestão do risco, cartografia do risco e ordenamento do território no âmbito de apoio à proteção civil, os resultados são mais limitados (Mileu, 2016).

A avaliação do risco ambiental e a sua periodicidade, definido pelas perdas e danos potenciais (vidas humanas, prejuízos económicos diretos e indiretos, etc.), resultantes da vulnerabilidade do território a um determinado fator de risco associado à ocorrência de um evento perigoso de natureza diversa, é importante para a elaboração de uma cartografia de risco que sirva de instrumento de apoio para a elaboração dos procedimentos de um plano de emergência e de ordenamento do território.

A crescente utilização da cartografia temática e do seu reconhecimento como uma ferramenta importantíssima aos diversos ramos da ciência, como por exemplo nas áreas das Geociências e da Engenharia, tem dado uma importante contribuição para o ordenamento do território, desde a expansão das áreas urbanas e industriais, mitigação dos riscos naturais e gestão do meio físico.

Por outro lado, o modo como a cartografia de risco é concebida e utilizada nos processos de ordenamento do território constitui um tema pouco explorado, mas de grande relevância e importância em virtude das possíveis implicações na ocupação e gestão do território.

A política pública de ordenamento de território pondera a harmonização dos interesses e a organização espacial das atividades humanas no território, numa ótica de proteção e valorização sustentável dos recursos territoriais a médio e longo prazo.

Estas políticas, têm sido desenvolvidas em Portugal desde os meados do século XX, tendo-se verificado um aumento no final do mesmo com a produção em larga escala dos Planos Diretores Municipais (PDM) na década de 1990 e com o início da conceção dos primeiros Planos Municipais de Emergência (PME). Vários diplomas jurídicos e instrumentos de planeamento surgiram integrando e aprimorando a prevenção de riscos nos seus objetivos, como foram o caso da Reserva Ecológica Nacional (REN), o Domínio Público Hídrico, a Lei de Bases do Ambiente (LBA) ou os Planos de Ordenamento de Orla Costeira (POOC), e mais recentemente com o Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT), o Plano Nacional da Água ou a aplicação e/ou transposição para o quadro legal nacional da Diretiva Quadro da Água e da Diretiva para a Redução e Gestão dos Riscos de Inundações, entre outros (Frias, 2013).

Neste contexto, o presente trabalho pretende servir como ferramenta para a avaliação dos riscos naturais e antrópicos na designada Zona dos Mármorez (ZM), a qual abarca os concelhos de Estremoz, Borba e Vila Viçosa e que inclui a jazida de mármorez mais importante em território

português, visando a sua aplicabilidade no planeamento/ordenamento da atividade extrativa e do território com recurso aos SIG, com o intuito de responder a uma das orientações prioritárias previstas no PNPOT, no contexto da avaliação/análise e prevenção de riscos.

Numa zona de pedreiras, nos taludes de escavação, podem ocorrer deslizamentos, tombamentos e queda de blocos, entre outros movimentos de terrenos e massas minerais, os quais podem causar perdas de vidas, danos em equipamentos e estruturas, afetando as atividades económicas. Quando ocorrem, estes eventos, devem-se a um desadequado planeamento da lavra e do abandono de explorações sem o cumprimento das normas de segurança e da deficiente, ou mesmo ausente, avaliação da estabilidade dos taludes das cavidades.

Um ordenamento desajustado e um plano de emergência inadequado com objetivo de dar resposta aos desastres naturais e antrópicos, constituem um alargamento do risco no que se refere à segurança das populações. Mesmo que se aperfeiçoem os processos de revisão dos PDM e dos PME deve ter-se em conta a grande necessidade da conceção atempada de novas cartas de risco e a atualização das já existentes.

Assim sendo, haverá uma necessidade crescente na identificação e avaliação dos riscos ocorrentes numa determinada zona, visto que o perigo é inevitável pelo que os respetivos cuidados devem ser implementados na prevenção e na mitigação do risco, minimizando danos maiores, por vezes catastróficos.

Neste contexto, o presente trabalho poderá fornecer de forma sistemática um conhecimento mais detalhado da região permitindo uma visão integrada das informações, onde estas poderão refletir a organização espacial das características do meio físico. Isto permitirá uma redução substancial nas etapas preliminares do planeamento e ordenamento da atividade extrativa e na análise dos riscos naturais e antrópicos

No âmbito de promoção de políticas públicas municipais destinadas à gestão e prevenção de riscos ambientais na indústria extrativa do mármore no Anticlinal de Estremoz (AE), surge um problema relevante: como ultrapassar as dificuldades causadas pelos riscos ambientais no ordenamento do território para uma boa gestão municipal e que sirva de apoio aos PDM e PME?

Tal inquietação norteia a pesquisa e o procedente trabalho que tem como objetivo propor às instâncias públicas uma melhor gestão dos riscos ambientais no ordenamento do território, de modo a promover-se uma política pública municipal de prevenção de acidentes e a mitigação dos seus efeitos em prováveis desastres de maior proporção.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Como já se referiu, esta dissertação, tem como objetivo a elaboração de uma metodologia para a quantificação e gestão dos riscos ambientais, com recurso a tecnologia dos SIG (Sistema de Informação Geográfica), que possibilite a sua aplicação à Zona dos Mármoreis.

A crescente importância da influência da sociedade na gestão dos riscos naturais, leva-nos a investigar a adequação de novas estratégias de atuação, nomeadamente a adoção de medidas de prevenção, capazes de mitigar perdas e danos económicos e sociais, à escala regional e local.

O levantamento cartográfico, a gestão de dados relativos a vários descritores e a representação cartográfica das zonas de diferente suscetibilidade perante a ocorrência de um determinado processo (causa) com dada intensidade, em ambiente SIG, permitirá estabelecer modelos de gestão territorial, otimizando meios e recursos. Criar-se-á um modelo dinâmico, em constante atualização, para gestão dos vários processos de perigosidade natural no desenho de modelo territorial de ordenamento do território.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Aplicação dos SIG no ordenamento da atividade extrativa e do território;
- Elaborar toda a cartografia de risco em formato digital e georreferenciada de forma a ser um instrumento útil nos planos de gestão e ordenamento do território e nos planos municipais de emergência e proteção civil;
- Avaliar e analisar os riscos naturais e antrópicos provenientes da atividade extrativa e gerar cartas de suscetibilidade utilizando os SIG.

## **1.2 HIPÓTESE**

Partindo do pressuposto que os riscos ambientais foram criados e/ou intensificados em função do quotidiano e da dinâmica territorial na região, bem como pela má gestão ambiental e um ordenamento do território inadequado, admite-se como hipótese principal deste trabalho a aplicação dos elementos das políticas públicas promovidas pelos municípios bem como a aplicação e atualização da cartografia de risco do AE, para o controle e gestão dos riscos e a otimização do usufruto do território.

### 1.3 METODOLOGIA

A estrutura metodológica consiste nos procedimentos habituais inerentes à investigação científica, entre eles, a compilação e o diagnóstico de informações inerentes ao tema, recolha e interpretação dos dados e análise e síntese dos resultados.

Conforme os objetivos traçados, foi adotada uma metodologia (figura 1.1) que abrange o seguinte:

1. Análise de livros, artigos científicos, normas e leis relacionadas ao tema, relatórios, teses, entre outros, conducentes à redação de um texto referente ao “estado da arte” relativamente ao tema;
2. Realização de pesquisas bibliográficas sobre risco ambiental e cartografia de risco em fontes bibliográficas, como é o caso por exemplo, do trabalho publicado por Julião et al. (2009);
3. Pesquisa e recolha de todo o material cartográfico em papel e em formato digital (*shapefile*);
4. Seleção da metodologia a usar na elaboração das cartas de suscetibilidade ao risco ambiental e a respetiva aplicação a um caso prático.

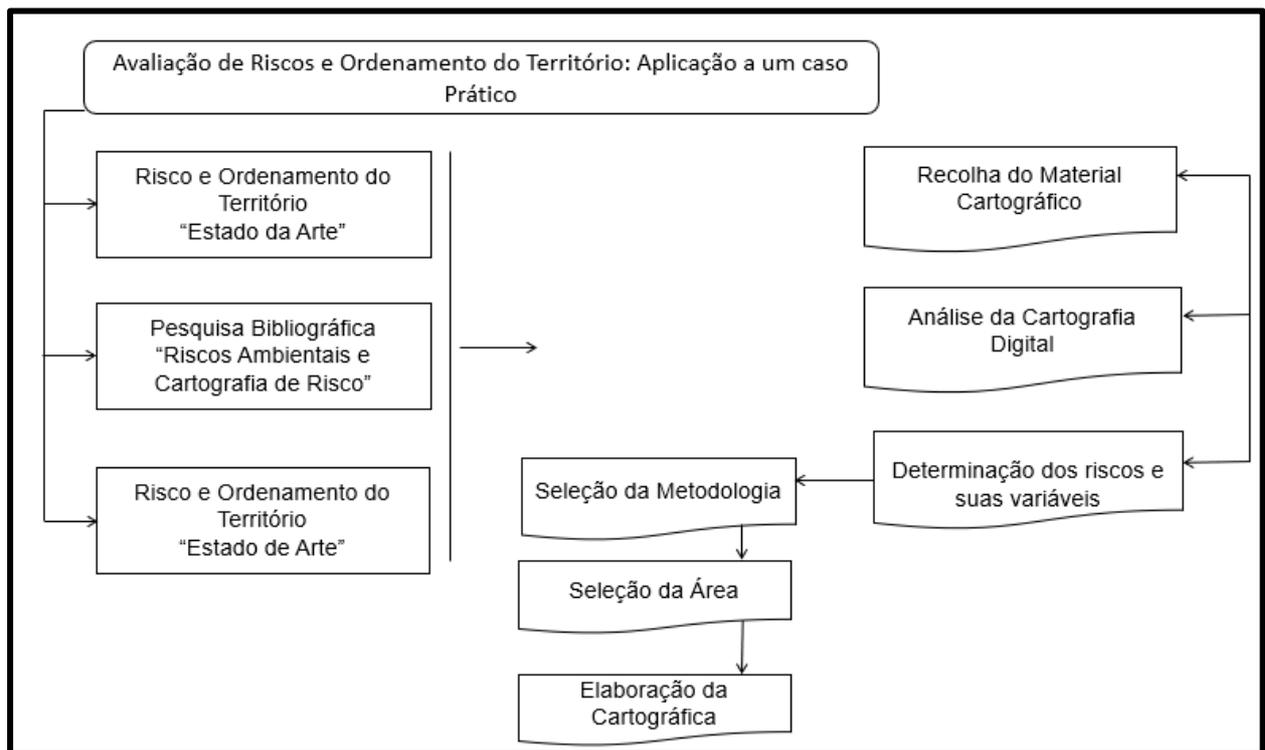


Figura 1.1 – Esquema metodológico seguido para a elaboração da dissertação.

### 1.3.1 Aquisição e tratamento dos dados

Após uma exaustiva pesquisa bibliográfica que incidiu na definição do conceito de risco ambiental e nos diferentes tipos de risco e fatores desencadeantes, de modo a se perceber os seus efeitos e a forma como podem afetar as populações, fez-se uma análise da legislação vigente e dos planos de proteção civil e de ordenamento do território.

Com base na informação bibliográfica e nos dados vetoriais e *raster* da região, determinou-se a área do AE com fragilidade ambiental, e elaboraram-se as cartas de suscetibilidade de risco ambiental, pelo método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) que será explicado na secção 5.1.

A geomorfologia da região foi obtida a partir da Carta Geológica da Direção Geral de Minas e Serviços Geológicos – Cartas de Rochas Carbonatadas de Estremoz (Carvalho et al., 2008), à escala 1:25.000.

A informação relativa a litologia foi recolhida dos trabalhos de Gonçalves (1972) e Vintém et al., (2003), e os restantes dados foram obtidos na Webgrafia, nomeadamente, o Censos 2011, consultado no site do Instituto Nacional de Estatística.

Assim sendo, após a recolha dos dados bibliográficos, o seu devido tratamento e transformação dos dados vetoriais e *raster*, recorreu-se ao software QGIS *Geographic Information System*, para o cruzamento da informação e conseqüentemente para a elaboração das respetivas cartas utilizando várias ferramentas que este *software* dispõe para o efeito.

## 1.4 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação está estruturada em sete capítulos e um anexo. A estrutura proposta tem como objetivo organizar os diversos assuntos, de forma a permitir uma diferenciação das análises realizadas, a expor a metodologia e procedimentos propostos e a posterior integração das informações, tendo em consideração as características da área do estudo.

O **capítulo 1, Introdução**, faz apresentação da temática principal do trabalho, os principais problemas ocorrentes no AE e a apresentação dos elementos que justificam a elaboração desta dissertação. Também integram o capítulo, a descrição da hipótese, os objetivos que se pretendem alcançar, a metodologia a seguir e a estrutura da dissertação, onde se faz uma descrição dos diversos capítulos e do anexo.

No **capítulo 2, Enquadramento da Área de Estudo**, é feita uma breve apresentação e caracterização do AE. Faz-se uma abordagem quanto a localização geográfica, assim como o enquadramento geológico e estratigráfico e por último, faz-se menção à tectónica da região.

No **capítulo 3, Risco Ambiental no Ordenamento do Território**, é apresentado o modelo conceptual de risco, onde são explicados e discutidos os conceitos ligados ao risco ambiental e ordenamento do território, assim como, o SIG para o ordenamento do território.

No **capítulo 4, Quadro Legislativo Português Sobre Ordenamento do Território**, é feito um resumo da principal legislação sobre riscos ambientais, onde é apresentada a principal

legislação que regula a atividade da proteção civil e do plano de emergência, bem como aquela que intervém na prevenção de riscos no ordenamento do território.

No **capítulo 5, Metodologia e Cartografia de Análise**, é feita uma introdução sobre avaliação/análise do risco ambiental. Na secção *Metodologia Adaptada para a Elaboração da Cartografia de Risco* é descrita a metodologia utilizada para a elaboração de toda a base cartográfica bem como, o desenho metodológico do modelo baseado na metodologia AHP. Na secção *Identificação dos Riscos no AE*, é feito um levantamento dos riscos a estudar e de toda a informação consultada para aplicação do caso de estudo. Na secção *Cartas de Suscetibilidade* são identificados todos os elementos de risco para a elaboração das referidas cartas temáticas e de suscetibilidade.

No **capítulo 6, Análise e Discussão de Resultados**, apresentam-se os resultados obtidos da cartografia síntese e uma análise compósita da suscetibilidade.

No **capítulo 7, Considerações Finais**, são apresentadas as principais ilações e reflexões mais relevantes do estudo, e são elencadas algumas sugestões que poderão servir de base para futuras investigações.

## II – ENQUADRAMENTO DA ÁREA DE ESTUDO

### 2.1 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA

O Anticlinal de Estremoz (AE), subunidade geológica identificada no Sector de Estremoz – Barrancos da Zona de Ossa – Morena (Oliveira et al., 1991, Lopes, 2003), localiza-se no Alentejo, mais propriamente no distrito de Évora. Tem uma forma elíptica com o eixo maior com cerca de 40 km de extensão e o eixo menor com 7 km, e está orientado no sentido NW-SE, que começa em Sousel e termina em Alandroal, tal como ilustra a figura 2.1.

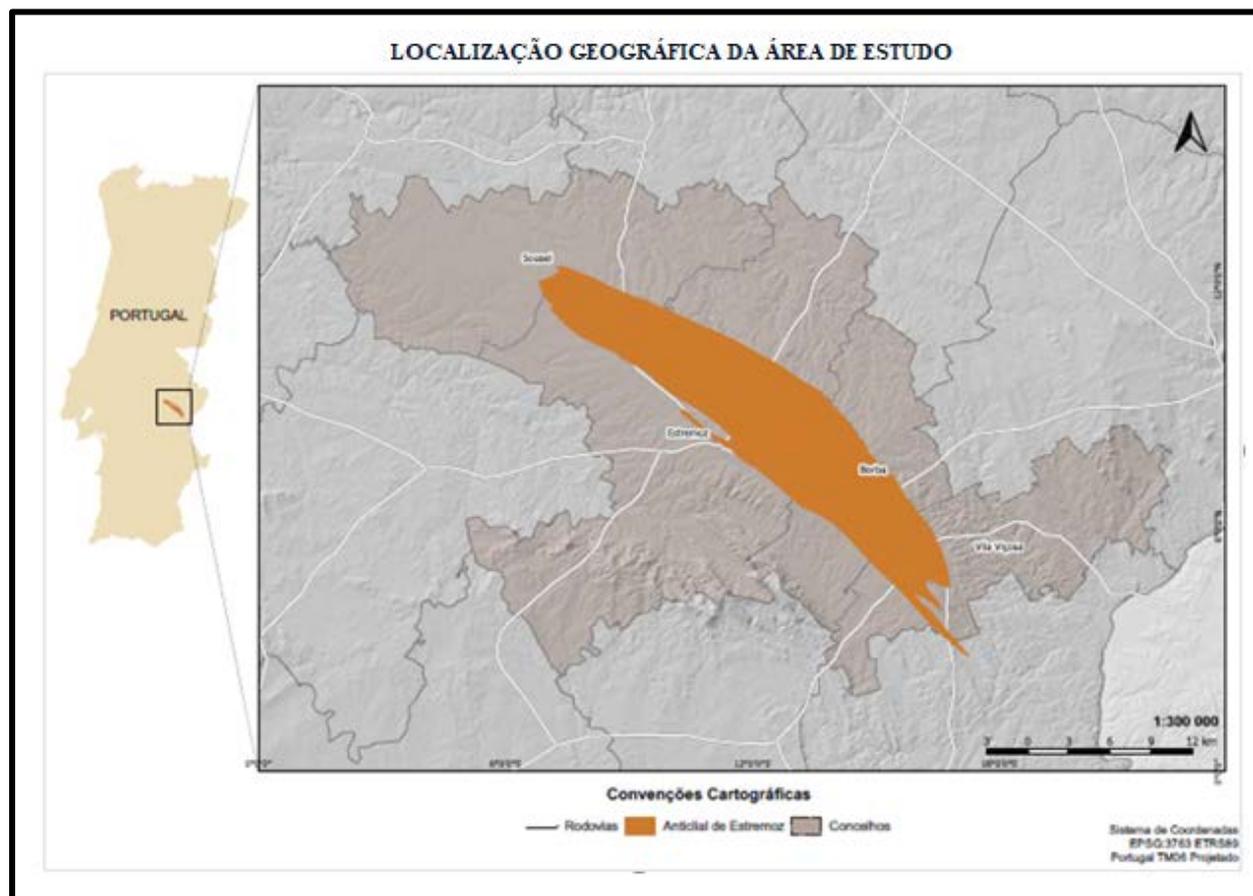


Figura 2.1 – Localização geográfica da área de estudo.

Geograficamente, esta estrutura está localizada entre as latitudes 38°44'N e 38°51'N e entre as longitudes 7°23'W e 7°36'W. As povoações mais importantes relacionadas com a faixa marmórea do AEC são Estremoz, Vila Viçosa, Borba, Rio de Moinhos e Bencatel. Relativamente à altitude, o anticlinal apresenta cotas que variam entre 300 m, nas zonas mais baixas, e 500 m nos locais mais altos, sendo frequentes cotas em torno dos 400 m. Uma análise mais pormenorizada põe em destaque que a Formação Dolomítica corresponde a um planalto, o Complexo Vulcano-Sedimentar-Carbonatado de Estremoz (onde se incluem os mármore) a uma zona mais baixa, periférica, sendo o critério geomorfológico um bom indicador do limite geológico entre estas duas formações. Por sua vez, o Pré-câmbrico corresponde a duas zonas com cotas mais baixas no interior da Formação Dolomítica.

Esta região apresenta uma boa comunicação rodoviária, sendo atravessada por várias estradas nacionais e municipais além de caminhos que ligam as povoações existentes. Como principais vias de comunicação para o exterior, destacam-se a Autoestrada A6 (Lisboa-Elvas) e a EN4.

Em termos geográficos o anticlinal está representado nas folhas número 426, 440 e 441 da Carta Militar, à escala 1:25.000, dos Serviços Cartográficos do Exército. O Anticlinal de Estremoz encontra-se cartografado nas cartas geológicas 32-D Sousel, 36-B Estremoz, 36-D Redondo e 37-C Juromenha, dos Serviços Geológicos de Portugal, à escala 1:50.000 (atual LNEG). Em 1997 foram publicadas cartas geológicas temáticas do Anticlinal às escalas 1:25.000 e 1:10.000, por parte do Instituto Nacional de Engenharia Tecnologia e Inovação (INETI, atual LNEG), (Moreira & Vintém, 1997), o que constituiu um avanço importante no conhecimento na cartografia geológica de detalhe do Anticlinal. Mais tarde Lopes (2003), Henriques et al. (2006) e Carvalho et al. (2008) retomaram os trabalhos de cartografia detalhada aplicada à indústria extrativa de mármore no anticlinal de Estremoz.

## 2.2 ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO E ESTRATIGRÁFICO

O Anticlinal de Estremoz (figura 2.2) compreende unidades geológicas distribuídas, por idade, desde o Pré-câmbrico ao Silúrico. O seu conjunto constitui uma subunidade tectono-estratigráfica do sector de Estremoz – Barrancos, inserida numa outra, de maiores dimensões e de âmbito pan-europeu, denominada por Zona de Ossa – Morena, que é uma das principais unidades tectono-estratigráficas do orógeno hercínico desenvolvido entre o Devónico e o Carbónico (Ribeiro et al., 1979; Oliveira et al., 1991).

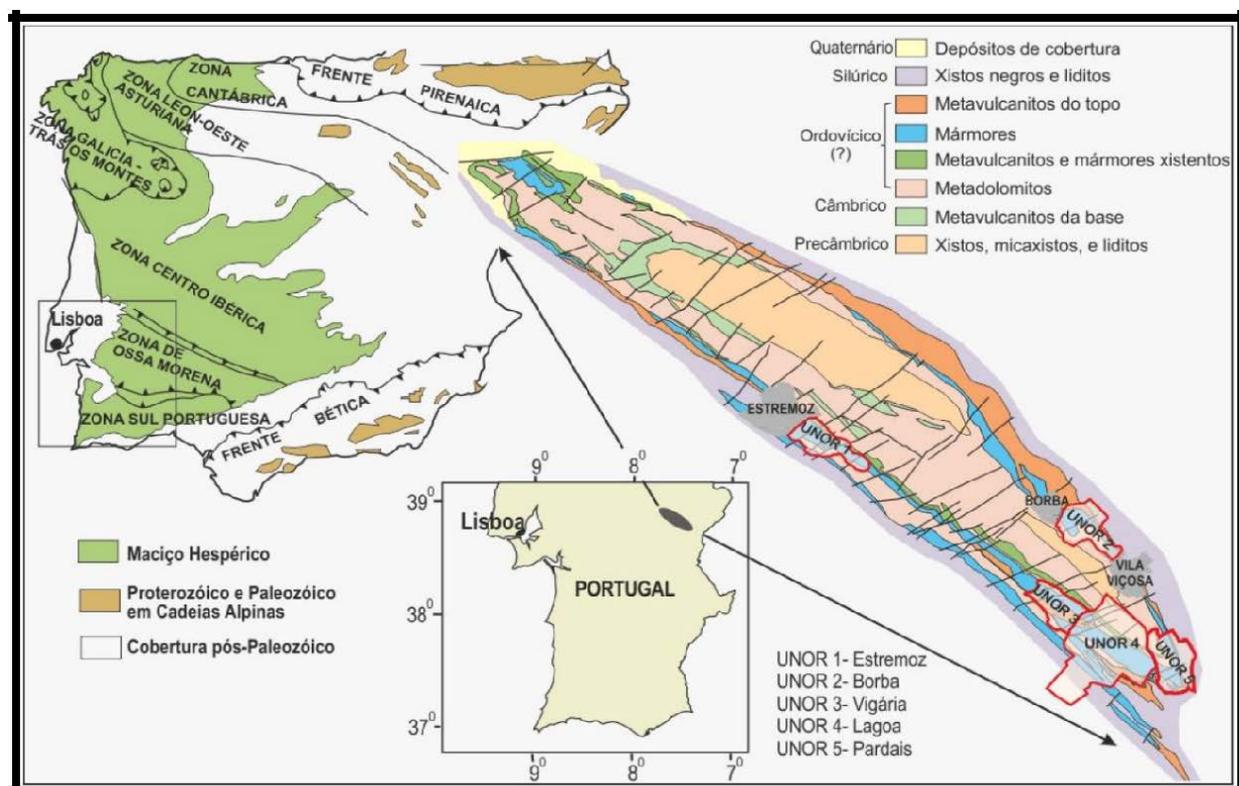


Figura 2.2 – Enquadramento do Anticlinal de Estremoz (Moreira & Vintém, 1997).

Os mármore explorados como rocha ornamental no Anticlinal de Estremoz fazem parte do Complexo Vulcano – Sedimentar – Carbonatado de Estremoz (Oliveira *et al.*, 1991), cuja base é constituída pela Formação Dolomítica, com idade atribuída ao Câmbrico e, no topo, por rochas xistosas com intercalações de liditos, que remontam ao Silúrico (figura 2.3).

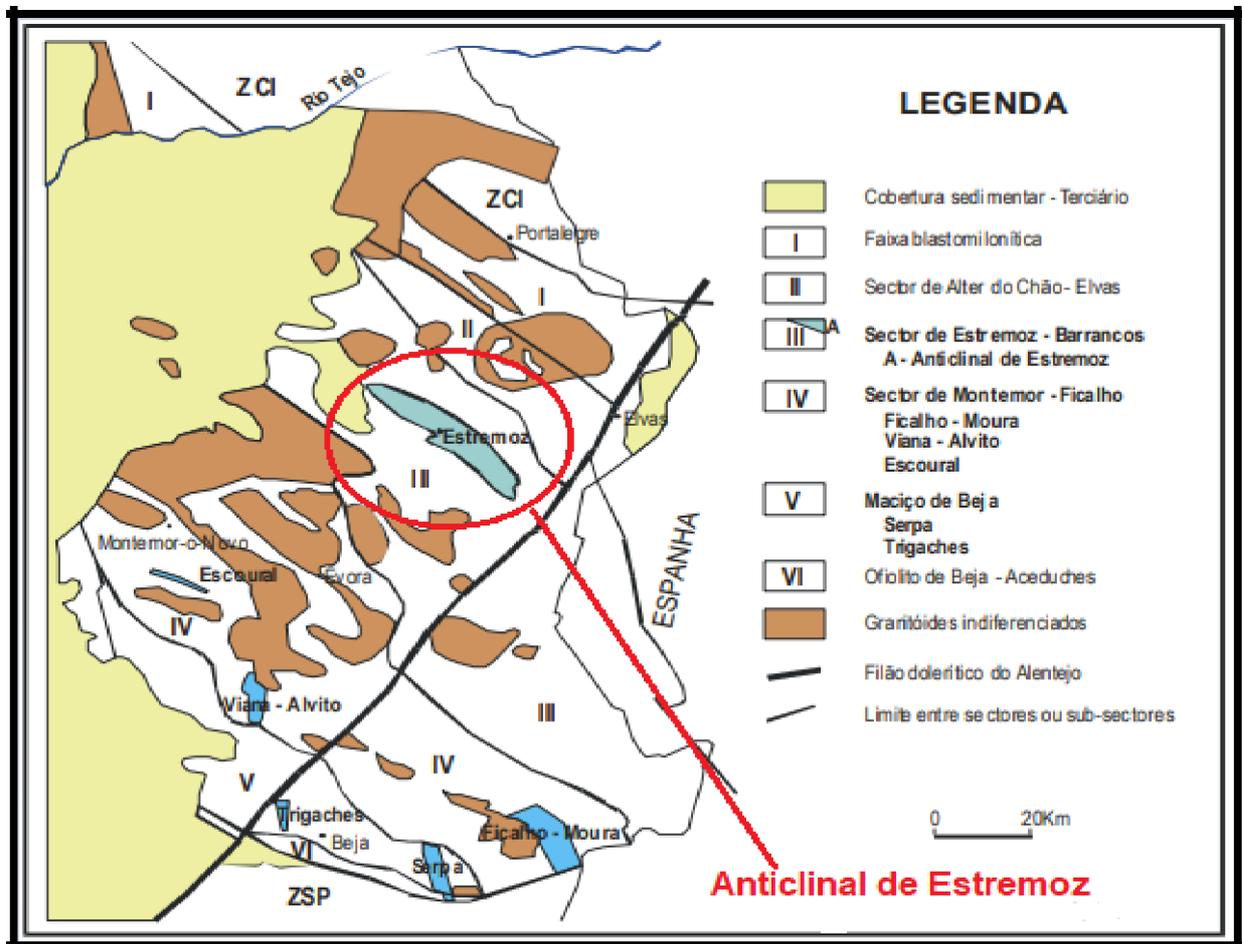


Figura 2.3 – Sectores tectono-estratigráficos da zona Ossa – Morena em Portugal. Adaptado de Oliveira *et al.* (1991).

As formações que integram a zona em estudo estão representadas no Quadro 2.1.

Quadro 2.1 – Formações geológicas presentes no Anticlinal de Estremoz (adaptado de Gonçalves, 1974).

IDADE	LITOLOGIAS
Pré-Câmbrico superior (PE)	Xistos negros e xistos arenito – grauvacóides. Com intercalações, por vezes, de quartzitos negros e liditos. Este conjunto encontra-se fortemente dobrado e aflora na parte axial do anticlinal. Designam-se por “Xistos de Mares”.
Câmbrico Inferior (Cb1)	Conglomerado de base, silificado em elementos que podem atingir os 40 cm de diâmetro. Assentam em discordância com os “Xistos de Mares”. Afloram nos flancos do anticlinal.
	Calcários cristalinos de grão fino e muito xistificados na parte inferior, alternando ou passando lateralmente a dolomitos primários. Dolomitos e calcários dolomitizados denominados na região de “pedra cascalva”.
	Mármore calcíticos de grão médio a fino, cor clara variando entre o branco, creme, rosa e cinzento. Estes mármore apresentam-se geralmente pouco xistificados. Em algumas zonas estes mármore encontram-se dolomitizados à superfície, através de dolomitização recente e secundária, que foi condicionada pela xistosidade e pela fracturação. A estas zonas de dolomitos secundários dá-se o nome de “Olho de mocho”.
Silúrico (S)	Xistos com intercalações de liditos e xistos grafitosos. Trata-se de xistos luzentes, cinzentos-esverdeados ou cor de borra de vinho, com quartzo alterado com grauvaques. Assenta diretamente sobre a série carbonatada câmbrica. Na base desta série existem metavulcanitos que se apresentam a ladear o maciço calcário ou associados a estes nas zonas de sinclinal.
Devónico (D) (médio ou superior)	Conglomerados sobrepostos por xistos, alternando estes com grauvaques.
Plio – Plistocénico (PQ)	Areias e cascalheiras de matriz avermelhada.
Plistocénico	Calcário lacustre, por vezes brechóides, que assentam em discordância sobre os terrenos antigos. Estes afloramentos situam-se na periferia do maciço calcário.
Rochas filonianas	Filões, essencialmente doleríticos com diversos estados de alteração. Apresentam em geral orientações NE-SW e ENE-WSW.

A idade do Complexo Vulcano – Sedimentar – Carbonatado de Estremoz, onde se incluem os mármore, ainda é um assunto que ocasiona discordância entre os vários autores que têm vindo a estudar esta zona, devido à ausência de fósseis (Carvalhosa *et al.* (1987). A discussão sobre este tema não é pertinente para o presente trabalho e por isso não será aqui desenvolvida.

Na Figura 2.4 apresenta-se a correlação entre estas unidades e as descritas por Oliveira *et al.* (1991), verificando-se que existe uma dúvida sobre a idade de formação dos mármore (Câmbrico ou Ordovícico?).

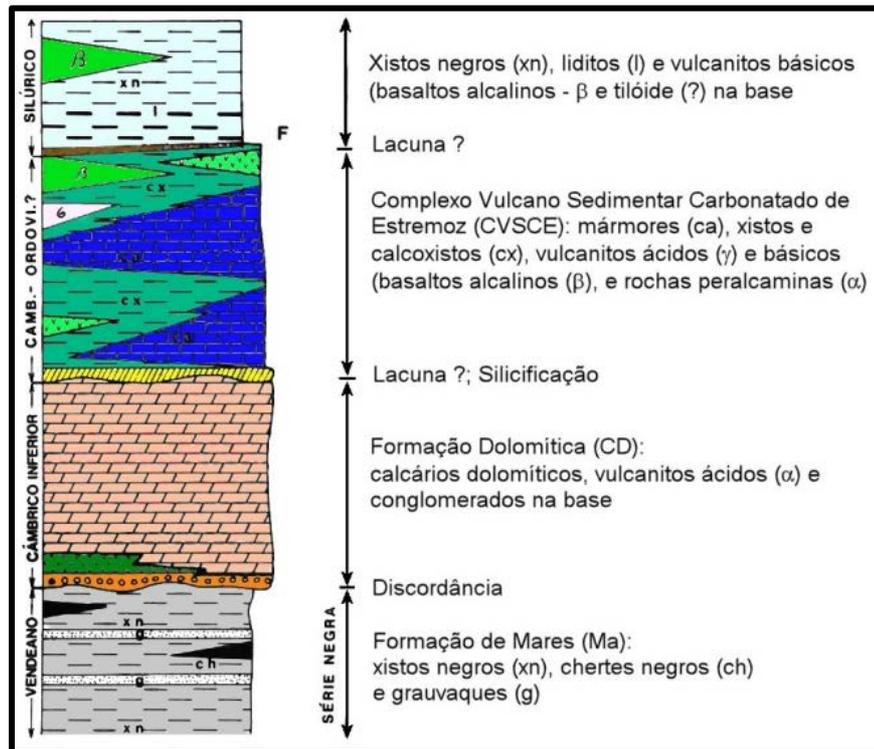


Figura 2.4 – Unidades estratigráficas do Anticlinal de Estremoz-Borba-Vila Viçosa. Adaptado de Oliveira et al. (1991).

### 2.3 TECTÓNICA

Segundo Carvalhosa *et al.*, (1987), devido à Orogenia Hercínica, o anticlinal de Estremoz foi afetado por duas fases de dobramentos sequenciais. A primeira fase de dobramentos (F1) resultou em dobras isoclinais apertadas, de plano axial N-S e NNW-SSE, localmente E-W, inclinando cerca de 20° para ENE com eixo sub-horizontal. Na segunda fase (F2) as dobras resultantes apresentam orientação NW-SE, com inclinação dos planos axiais que podem atingir 70° a 80° para SW (com a atitude média de N30W, 65° SW) e com eixos mergulhantes entre 20° e 40° para SE e NW.

De acordo com Ladeira (1981) e Reynaud & Vintém (1992), todo o maciço sofreu tensões tectónicas significativas que provocaram, além dos dobramentos, intensa compartimentação. Esta fracturação apresenta as seguintes direções mais importantes:

- 1) *NNE–SSW* – as fraturas NNE–SSW apresentam inclinações predominantemente verticais, em alguns casos, associadas a dolomitização secundária (“olho de mocho”).
- 2) *ENE–WSW* – estas fraturas também subverticais preenchidas, em regra, por filões doleríticos (comumente designados por “cabos reais”).
- 3) *Sub-horizontal* (inclinação máxima de 30°) – fraturas sub-horizontais que podem apresentar inclinações máximas, da ordem dos 30° e direções ENE-WSW ou NNE-SSW.

A fracturação nas diversas zonas do Anticlinal é bastante variável, tal como se pode observar na figura 2.5 referente ao estudo levado a cabo por Ladeira (1981), embora se note uma

certa uniformidade nas famílias de fraturas associadas à estratificação (NW–SE) e à direção preferencial da instalação de filões (ENE–WSW).

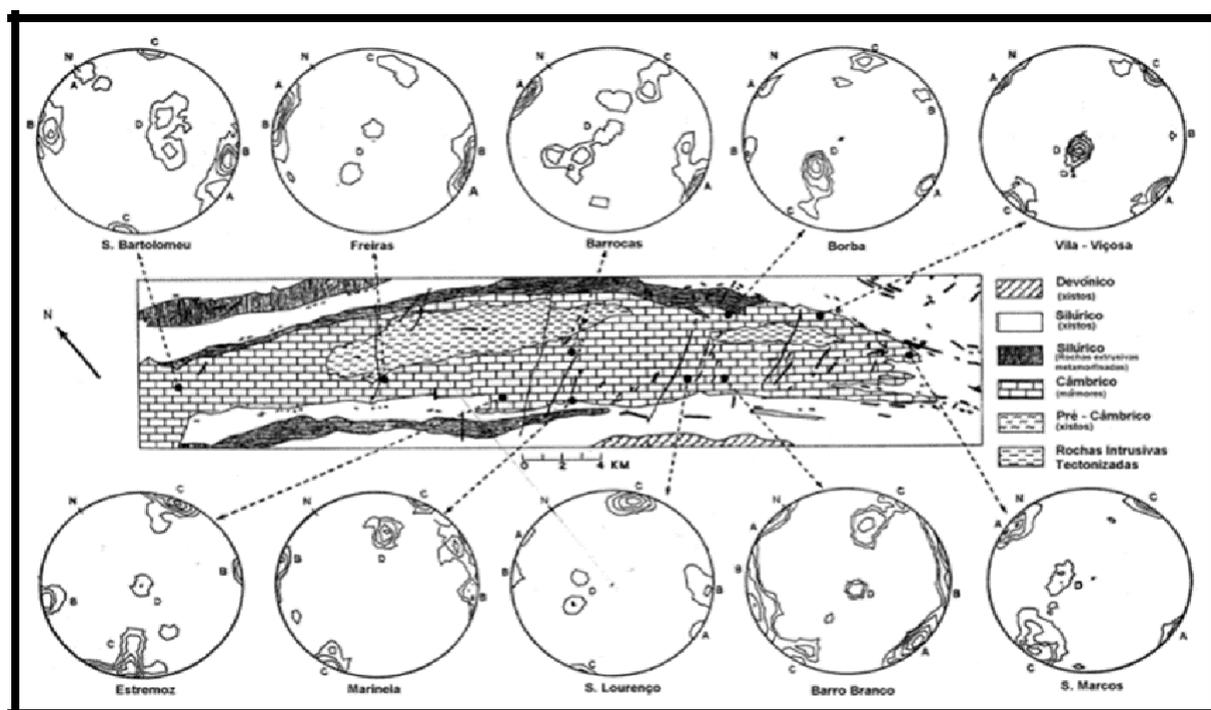


Figura 2.5 – Distribuição da fracturação em várias zonas do Anticlinal. Adaptado de Ladeira (1981).

No mármore, a fracturação é afetada pela homogeneidade. Portanto, quanto mais homogêneo e fino for o mármore maior a probabilidade de encontrá-lo mais fraturado. Na eventualidade de apresentar intercalações de rochas pelíticas (intercalações de xistos) e/ou grão médio, a fracturação presente será menor, pois tais características permitirão uma maior adaptação à deformação, evitando a ruptura quando sujeitos aos campos de tensão tardios que ocorreram na região (Lopes, 1995).

Gonçalves (1972), divide a região em três zonas de acordo com os aspetos económicos do mármore como rocha ornamental. Assim:

**Com interesse económico.** Ocorrem três faixas de mármore com interesse económico, uma das quais (que corresponde à faixa onde se erguem os vértices geodésicos São Lourenço e Mouro) constitui o núcleo de um sinclinal de 2ª ordem. As restantes situam-se nos flancos do anticlinório, estrutura dobrada de grande amplitude que é formada por uma série de dobras anticlinais e sinclinais que, no seu todo, reproduz a forma de um antiforma anticlinal;

**Sem interesse económico.** Formação onde ocorre "pedra cascalva" (mármore dolomítico de idade Cambria). Esta rocha resultou de uma dolomitização, quase contemporânea da sedimentação, tal como sugere a sua completa dolomitização.

**Com interesse económico provável.** Zonas onde ocorre mármore dolomítico do tipo "olho-de-mocho" (o nome deriva do aspecto característico conferido pelos numerosos geodes e da cor acastanhada), dado que esta rocha é formada a partir dos mesmos calcários que deram origem aos mármore calcíticos.

### III – RISCO AMBIENTAL NO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E SIGs

#### 3.1 CONCEITOS UTILIZADOS NA ANÁLISE E AVALIAÇÃO DE RISCO

Os conceitos usados na análise e avaliação de risco ambiental, têm merecido inúmeras definições por parte de muitos autores. Por exemplo, Pine (2008), define o risco como “o produto da probabilidade de ocorrência de um processo perigoso e das consequências adversas a esse evento”. Do mesmo modo, a Agência de Proteção do Ambiente dos Estados Unidos da América (EPA, 2020) define como a “probabilidade de causar efeitos nocivos para a saúde humana e sistemas ecológicos”.

Em Portugal, o Decreto-Lei n.º 254/2007 de 12 de julho do Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, define risco como a “probabilidade de ocorrência de um efeito específico dentro de um período determinado ou em circunstâncias determinadas”. Por outro lado, os manuais técnicos recorrem à definição de Julião et al., (2009), que define o risco como “a probabilidade de ocorrer um evento (ou ação) perigoso e a correspondente estimativa dos seus danos sobre pessoas bens ou ambiente, expressos em lesões corporais e/ou prejuízos materiais e funcionais, diretos ou indiretos”.

Apesar do conceito variar de autor para autor, a tendência mundial é chegar a uma definição simples e padronizada. Neste trabalho utilizam-se as definições adotadas pelo “Guia Metodológico para a Produção de Cartografia Municipal de Risco e para Criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de Base Municipal” produzido pela Autoridade Nacional de Proteção Civil, em 2009 (Julião et al., 2009), conforme mostra o quadro 3.1.

Quadro 3.1 – Conceitos usados na análise de avaliação de risco ambiental (extraído de Julião et al., 2009).

CONCEITO	DEFINIÇÃO	OBSERVAÇÕES
<b>Perigo</b>	Processo (ou ação) natural, tecnológico ou misto suscetível de produzir perdas e danos identificados.	O conceito aplica-se à totalidade dos processos naturais, tecnológicos e mistos.
<b>Severidade (Sv)</b>	Capacidade do processo ou ação para danos em função da sua magnitude, intensidade, grau, velocidade ou outro parâmetro que melhor expresse o seu potencial.	O conceito reporta, exclusivamente, a grandeza física do processo ou ação e não as suas consequências (estas dependem também da exposição).
<b>Suscetibilidade (S)</b>	Incidência espacial do perigo. Representa a propensão para uma área ser afetada por um determinado perigo, em tempo indeterminado, sendo avaliada através dos fatores de predisposição para a ocorrência dos processos ou ações, não contemplando o seu período de retorno ou a probabilidade de ocorrência.	Representável cartograficamente através de mapas de zonamento, sobretudo nos casos dos processos naturais e mistos identificados.

CONCEITO	DEFINIÇÃO	OBSERVAÇÕES
<b>Perigosidade ou Probabilidade do Perigo (P)</b>	Probabilidade de ocorrência de um processo ou ação (natural, tecnológico ou misto) com potencial destruidor (ou para provocar danos) com uma determinada severidade, numa dada área e num dado período.	Representável cartograficamente de mapas de zonamento, nos casos dos processos naturais e mistos identificados. A probabilidade de ocorrência é quantificada e sustentada cientificamente.
<b>Exposição (E) Elementos expostos Elementos em risco</b>	População, propriedade, estruturas, infraestruturas, atividades económicas, etc., expostos (potencialmente afetáveis) a um processo perigoso natural, tecnológico ou misto, num determinado território.	Expressão cartográfica com representação pontual, linear e zonal.
<b>Elementos expostos Estratégicos, vitais e/ou sensíveis (EEEVS)</b>	Conjunto de elementos expostos de importância vital e estratégica, fundamentais para a resposta à emergência (rede hospitalar e de saúde, rede escolar, quartéis de bombeiros e instalações de outros agentes de proteção civil e autoridades civis e militares) e de suporte básico às populações (origem e redes principais de abastecimento de água, rede elétrica, centrais e retransmissores de telecomunicações).	Expressão cartográfica com representação pontual, linear e zonal.
<b>Vulnerabilidade (V)</b>	Grau de perda de um elemento ou conjunto de elementos expostos, em resultado da ocorrência de um processo (ou ação) natural, tecnológico ou misto de determinada severidade. Expressa numa escala de 0 (sem perda) a 1 (perda total).	Reporta-se aos elementos expostos. Pressupõe a definição de funções ou matrizes de vulnerabilidade reportadas ao leque de severidades de cada perigo considerado.
<b>Valor (dos elementos expostos) (VE)</b>	Valor monetário (também pode ser estratégico) de um elemento ou conjunto de elementos em risco que deverá corresponder ao custo de mercado da respetiva recuperação, tendo em conta o tipo de construção ou outros fatores que possam influenciar esse custo. Deve incluir a estimativa das perdas económicas diretas e indiretas por cessação ou interrupção de funcionalidade, atividade ou laboração.	Reporta-se aos elementos expostos.
<b>Consequências ou Dano Potencial (C)</b>	Prejuízo ou perda expectável num elemento ou conjunto de elementos expostos, em resultado do impacto de um processo (ou ação) perigoso natural, tecnológico ou misto, da determinada severidade ( $C = V * VE$ ).	Reporta-se aos elementos expostos.
<b>Risco (R)</b>	Probabilidade de ocorrência de um processo (ou ação) perigoso e respetiva estimativa das suas consequências sobre pessoas, bens ou ambiente, expressas em danos corporais e/ou prejuízos materiais e funcionais, diretos ou indiretos ( $R = P * C$ ).	Produto da perigosidade pela consequência.

### 3.2 MODELO CONCEPTUAL DE RISCO

Neste trabalho o modelo conceptual adotado foi o estabelecido pela *United Nations Disaster Relief Co-ordinator* (UNDRO, 1979), conforme a figura 3.1.

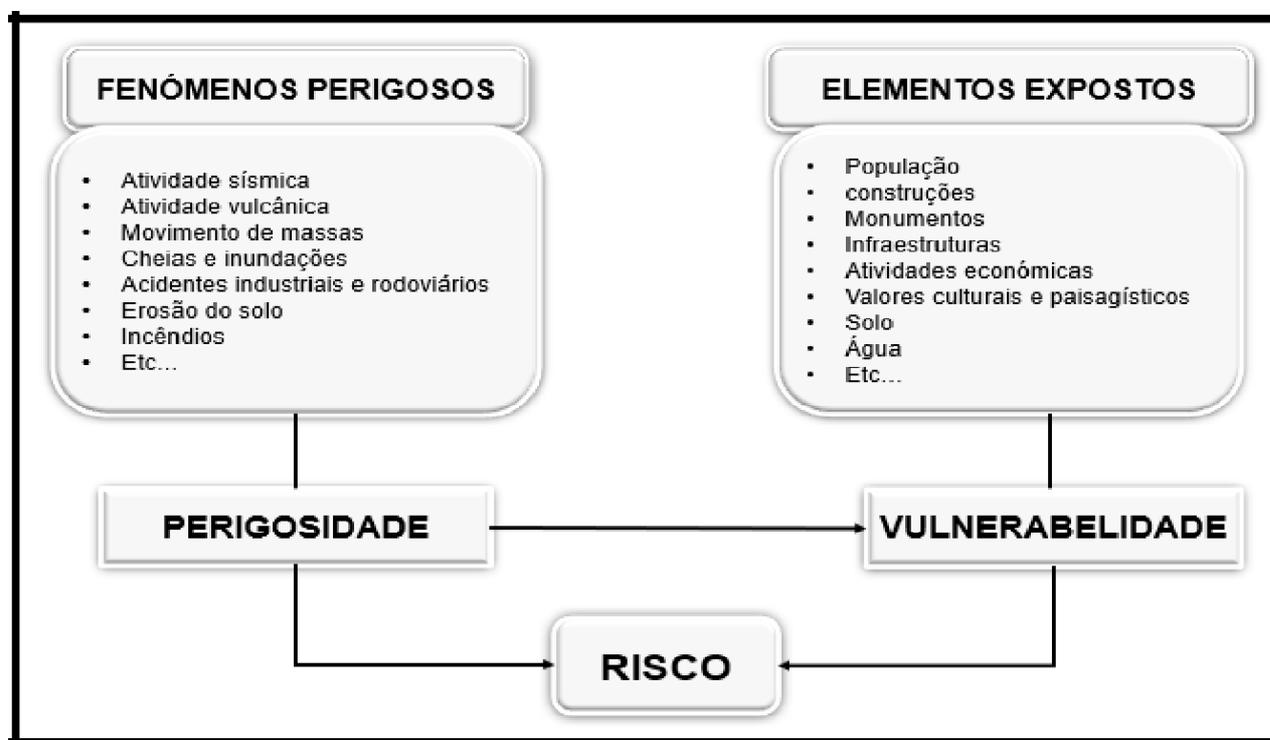


Figura 3.1 – Modelo conceptual de risco (adaptado de Zêzere et al, 2003)

De entre os elementos que compõem o modelo conceptual de risco apresentado, a vulnerabilidade é a que apresenta maior preocupação para o ordenamento do território, no que concerne a políticas preventivas. Nesse sentido, a avaliação e o zonamento da vulnerabilidade devem preceder a seleção dos melhores locais para implantação de estruturas e infraestruturas, em escalas regional e local.

Zêzere et al. (1999), refere que a avaliação quantitativa do risco é obtida pelo produto da perigosidade pela vulnerabilidade e pelo valor dos elementos em risco, ou seja,  $R = P \times V \times VE$ . Segundo este autor, o grau de risco pode ser alterado, caso se verifique uma modificação em algumas das componentes do risco referidas anteriormente, podendo o risco ser nulo, caso algumas destas componentes não existissem.

Onde:

R – Risco

P – Perigosidade

VE – Valor dos Elementos expostos

V – Vulnerabilidade

### 3.3 ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO

O termo ordenamento do território teve a sua origem em França nos meados do século XX, nomeadamente, na década de 40, sendo designada de “*aménagement du territoire*”, na altura utilizada para serviços de relocalização de polos/centros indústrias. Contudo, a sua implementação oficial remonta à década de 1950, quando a restauração das infraestruturas do pós-guerra ainda era muito ativa, o ministro da Reconstrução e do Urbanismo da França definiu o ordenamento do território como “(...) a procura, no território francês, de uma melhor distribuição da população de acordo com os recursos naturais e atividades económicas” (Correia, 1989).

Em relação ao conceito de ordenamento do território é difícil dar uma definição exata. Segundo Pujadas & Front, (1998), o ordenamento do território por ser uma ciência recente, ainda não possui um conceito específico e consensual, aceitando as diferentes interpretações que recebe. Visto que “não há um reflexo preciso do que exatamente consiste esse conceito” (Alves, 2007). Por outro lado podendo assumir diferentes significados de país para país (Morphet, 2011).

Para Oliveira (2009), o ordenamento do território é, “(...) a aplicação de todas as políticas públicas (ou seja, económico-sociais, urbanísticas e ambientais) ao território, com vista a proporcionar um desenvolvimento harmonioso e equilibrado”.

A 6ª conferência Europeia dos Ministros responsáveis pelo Planeamento Regional em maio de 1984, fez emergir a Carta Europeia do Ordenamento do Território, que determinou o início de um novo modelo de ordenamento do território para a Europa (Vergílio, 2011). Por outro lado, esta carta também foi adotada pelo governo português. Em virtude desta resultou o seguinte conceito de ordenamento do território: “o ordenamento do território é a tradução espacial das políticas económica, social, cultural e ecológica da sociedade. (...) É, simultaneamente, uma disciplina científica, uma técnica administrativa e uma política que se desenvolve numa perspetiva interdisciplinar e integrada tendente ao desenvolvimento equilibrado das regiões e à organização física do espaço segundo uma estratégia de conjunto. (...) Deve ser conduzido de modo a assegurar a participação das populações interessadas e dos seus representantes políticos; deve assegurar a coordenação das diferentes políticas sectoriais e a sua integração numa abordagem global; deve ter em conta a existência de especificidades territoriais (...) que por vezes ultrapassam fronteiras administrativas e territoriais, assim como a organização administrativa dos diferentes países; deve analisar e tomar em consideração as tendências e o desenvolvimento a longo prazo dos fenómenos e intervenções económicas, ecológicas, sociais, culturais e ambientais” (DGOT, 1988).

Dessa forma podemos elencar os objetivos fundamentais do ordenamento do território, saídos da Carta Europeia Sobre Ordenamento do Território, na qual o DGOT (1988) adotou, a saber:

- O desenvolvimento socioeconómico equilibrado das regiões;
- A melhoria da qualidade de vida;
- A gestão responsável dos recursos naturais e a proteção do ambiente;
- A utilização racional do território;
- A implementação dos objetivos do ordenamento do território;

- A coordenação entre os diferentes setores;
- A coordenação e cooperação entre os diversos níveis de decisão e obtenção de recursos financeiros;
- A participação das populações.

### 3.4 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Um Sistema de Informação Geográfica (SIG) é uma ferramenta computacional que integra vários tipos de informação e a manipulação das mesmas, adaptadas espacialmente para analisar problemas de natureza espacial, quer a nível global como regional ou local (Fortes, 2007).

Nas últimas décadas a definição dos SIG sofreu alterações profundas devido ao avanço da tecnologia que abarcou tanto o *hardware* como o *software*. Atualmente, as barreiras do conceito SIG parecem ser da imaginação e engenho dos utilizadores e programadores. Segundo Maguire et al. (1991), os SIG são mais difíceis de definir do que se pode imaginar. Em todas as definições, existentes há um fator comum, que os SIG lidam com a informação de natureza georreferenciada na superfície terrestre.

De acordo com Antenucci et al. (1991), um SIG pode ser definido como um sistema computacional, projetado para apoiar a captura, gestão, manipulação, análise e apresentação de dados georreferenciados especialmente, para a solução de problemas de planeamento. Também se pode definir “SIG” como o sistema computacional capaz de resolver problemas ligados a recolha, armazenamento, manipulação, análise, visualização e exibição de informações geográficas, segundo o Departamento de Geografia da Universidade de San Diego, EUA, (SDSU Geography, 2002).

Os SIG têm uma enorme e potencial utilização, podendo realizar análises de forma ágil para todas as áreas do conhecimento mediante o uso de mapas, permitindo a integração de informações representativas de diversos aspetos do estudo de uma região numa única base de dados tais como, informações provenientes do meio físico-biótico, de dados demográficos, de dados cartográficos, de cadastros urbano e rural, imagens satélite e modelos digitais do terreno, oferecendo também os mecanismos necessários para congregar as diversas informações, com a ajuda de algoritmos de manipulação e análise, tal como para consultar, recuperar e visualizar o conteúdo de base de dados geográficos, podendo assim gerar relatórios e documentos gráficos de diversos tipos sobre o território.

Em suma, os SIGs apresentam-se como uma ferramenta indispensável nas várias etapas/atividades de análise e gestão dos riscos ambientais e ordenamento do território de apoio aos PME e PDM. Por outro lado, o Decreto-Lei nº 10/2009 de 29 de maio da Assembleia da República, 2009 refere que a elaboração dos instrumentos de gestão territorial carece de informação georreferenciada atualizada e fidedigna. O reforço desta ideia é estabelecido no nº 2 do art. 6º “A informação gráfica e alfanumérica que integra o conteúdo dos instrumentos de gestão territorial é, sempre que possível, estruturada em sistemas de informação geográfica.

#### **IV – QUADRO LEGISLATIVO PORTUGUÊS SOBRE O ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO**

Em Portugal, o Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT) é a principal ferramenta a nível nacional de ordenamento do território, responsável por garantir a consistência dos processos de ordenamento e planeamento homogêneo em todo o território nacional. Por outro lado, a política de ordenamento do território em Portugal é recente, marcada por uma série de acontecimentos desde a década de 1990, com respeito à elaboração de Instrumentos de Gestão Territorial (IGT). O Decreto-Lei nº 99/2019 de 5 de setembro é o mais recente que revoga o Decreto-Lei nº 58/2007 de 4 de setembro. O Decreto-Lei nº 99/2019 de 5 de setembro, no seu artigo 2º estão elencados o seu princípio de programação e execução, a saber:

1. A elaboração de estratégias, de programas e de planos territoriais ou com incidência territorial é condicionada pelo quadro de referência do PNPOT, nomeadamente os princípios da coesão territorial e da competitividade externa, os desafios e opções estratégicas e o modelo territorial constantes do relatório, bem como as medidas de política, os compromissos e as diretrizes constantes do programa de ação;
2. A concretização das medidas preconizadas no programa de ação é assegurada através de financiamento público, com recurso a fundos nacionais e europeus;
3. O PNPOT que se articula com o Plano Nacional de Investimentos (PNI), o Programa de Valorização do Interior (PVI) e o Plano de Ordenamento do Espaço Marítimo (POEM) mas é funcional e estruturalmente independente, constitui o referencial territorial orientador na definição da Estratégia Portugal 2030, bem como para a elaboração do PNI 2030, no âmbito do qual serão concretizados os projetos estruturantes que servem de base às opções estratégicas e modelo territorial do PNPOT e detalhada a programação operacional dos investimentos a realizar.

Em suma, o papel do PNPOT é de identificar os desafios/problemas de ordenamento territorial existentes, formular diretrizes e estratégias a serem implementadas e estabelecer ligações entre outros planos estratégicos, instrumentos de gestão territorial e o próprio território. Dentre esses planos estratégicos podemos destacar o Quadro de Referência Estratégica Nacional (QREN), a Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável (ENDS), a Estratégia Nacional de Conservação da Natureza e da Biodiversidade (ENCNB), a Estratégia Nacional para o Mar, o Plano Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC), o Plano Nacional de Emprego e o Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação (PANCD).

As orientações para os instrumentos de gestão territorial que consta em Diário da República de 5 de setembro de 2019 (Decreto-Lei nº 99/2019), estão subdivididas em duas secções:

- A primeira diz respeito às orientações para a coordenação e articulação para o Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território, para os Programas Setoriais, Especiais e Regionais bem como para os Programas e Planos Intermunicipais e Municipais;
- A segunda inclui orientações sobre o conteúdo para os Planos Regionais de Ordenamento do Território (PROT) e os Planos Diretores Municipais, pois estes

instrumentos são fundamentais para a implementação das orientações e diretrizes de organização e funcionamento territorial produzidas pelo do PNPOT.

Carmo (2014), diz que “o PROT está diretamente ligado ao exercício administrativo, ou seja, forma como são coordenadas e implementadas as políticas públicas e os diversos agentes que lhe estão associados. Os PROT são instrumentos recentes, e que ainda não existem em diversos territórios nacionais. Não possuem a devida atenção que lhes devia dar, pois a sua fraca valorização é o grande fator da não resolução de certos problemas que encontramos no nosso país”.

Para o Anticlinal de Estremoz, foi elaborado um Plano Regional de Ordenamento do Território da Zona dos Mármore (PROZOM) abarca os municípios de Alandroal, Borba, Estremoz e Vila Viçosa, visando a racionalização da atividade extrativa, a gestão dos subprodutos e a recuperação paisagística das áreas com explorações abandonadas (Resolução do Conselho de Ministros nº 86/94, 21 de Setembro), tendo sido o respetivo prazo de elaboração prorrogado pela Resolução do Conselho de Ministros nº 10/96 de 24 de janeiro.

A principal finalidade do PROZOM é promover a organização territorial a uma escala supramunicipal de forma sustentável, mas sem, no entanto, comprometer a viabilidade económica da região, tendo em conta o elevado rendimento das pedreiras que permite o desenvolvimento da região. São objetivos principais do PROZOM:

- a) Garantir uma exploração racional do mármore;
- b) Proteção e valorização de outros recursos naturais, nomeadamente os recursos hídricos, os solos agrícolas e as estruturas ecológicas;
- c) Reorganizar as redes internas de infraestruturas e de acessibilidade e sua respetiva articulação;
- d) Garantir o adequado aproveitamento de subprodutos resultantes da exploração;
- e) Promover e incentivar a recuperação progressiva da zona afetada;
- f) Definir atividades alternativas mediante um adequado zonamento e estabelecer regras para a utilização do espaço, ajustadas com os planos municipais de ordenamento do território, conciliando a importância da atividade extrativa com as restantes atividades económicas e a valorização ambiental da zona;
- g) Impedir a contínua degradação ambiental dentro da área cativa.

O PROZOM estabeleceu cinco Unidades de Ordenamento (UNOR) na Zona dos Mármore, de qualidade/padrão diversificadas e complementares no que respeita ao uso, funções e atividades, e que deveriam ter sido objeto de um ordenamento específico. Apresentam diferentes graus de sensibilidade ambiental, ligadas, por um lado, à presença ou proximidade de importantes valores ecológicos e arqueológicos, e por outro, à sua proximidade relativamente a zonas muito frequentadas (aglomerados populacionais ou vias de comunicação importantes).

O PROZOM definiu que as UNORs sejam submetidas a Estudos Globais, de maneira a efetuarem-se Planos de Pormenor para os núcleos extrativos. No âmbito do PROZOM as cinco UNOR (figura 4.1), definidas são:

- UNOR 1 (Estremoz);
- UNOR 2 (Borba/Barro Branco/Ruivina);
- UNOR 3 (Vigária);
- UNOR 4 (Lagoa);
- UNOR 5 (Pardais).

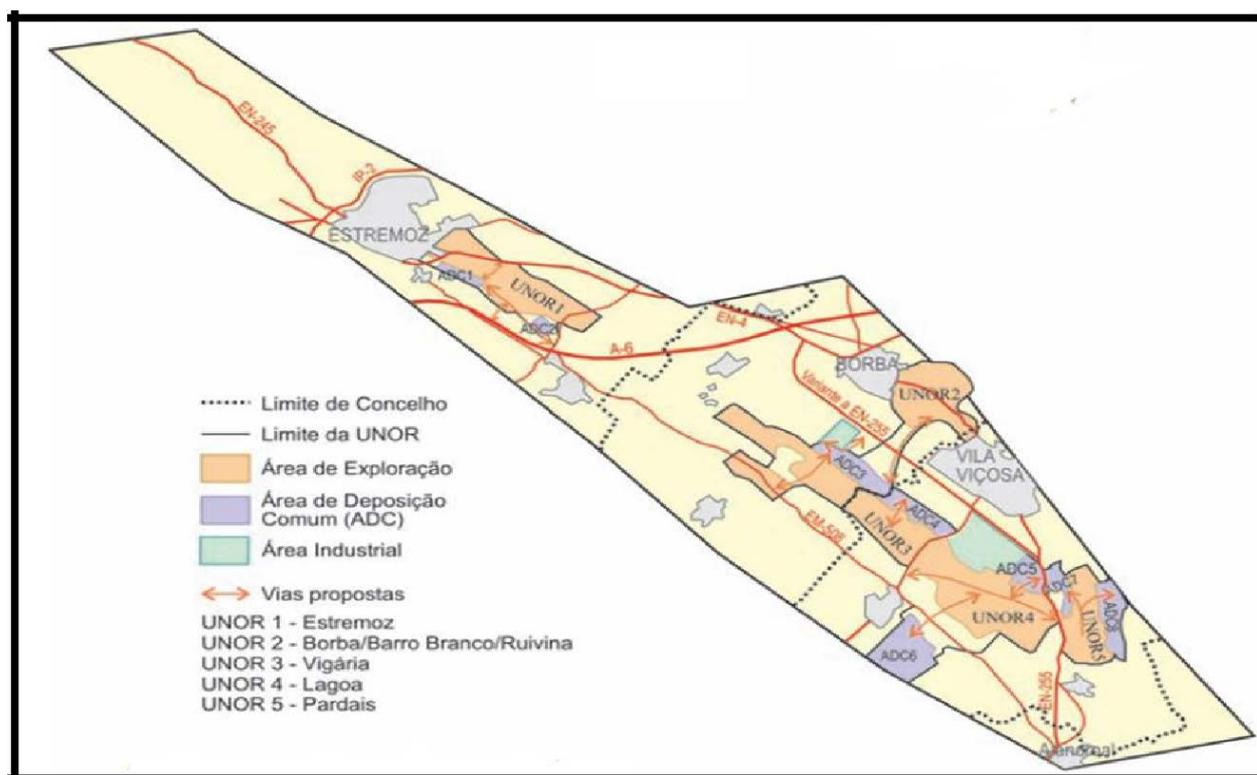


Figura 4.1 – Localização das UNOR (Carvalho et al., 2008).

As UNOR orientam-se pelos seguintes princípios gerais:

- A concretização dos princípios e regras do PROZOM na área abrangida pelas UNOR é efetuada através de Planos de Pormenor;
- A alteração com aumento da área coberta e a ampliação das unidades industriais existentes é proibida até à entrada em vigor dos planos de pormenor previstos na alínea a);
- Os planos de pormenor das zonas industriais existentes mantêm-se em vigor.

## V – METODOLOGIA E CARTOGRAFIA DE ANÁLISE

Do ponto de vista metodológico, não há regras para a realização da avaliação/identificação de riscos. Segundo a Comissão Europeia (1996), quando se tenciona avaliar/identificar os riscos, deve-se ter em conta dois princípios fundamentais, a saber:

- Estruturar a operação de tal forma que todos os perigos e riscos relevante sejam levados em consideração;
- Detetar o risco, para avaliar se realmente pode ser eliminado.

Seja qual for a metodologia a ser adotada, o procedimento deve ser comum e incluir os seguintes aspetos (adaptado de Comissão Europeia, 1996, citado por Mendonça, 2013):

- Observar o entorno do local de trabalho;
- Identificar as atividades no local de trabalho;
- Ter em conta os trabalhos realizados no local de trabalho;
- Observar dos trabalhos em andamento;
- Avaliar os padrões de trabalho;
- Ter em conta os elementos externos que podem afetar o local de trabalho;
- Rever os elementos psicológicos, sociais e físicos que podem influenciar a ocorrência de stress no trabalho.

### 5.1 METODOLOGIA ADOTADA PARA A ELABORAÇÃO DA CARTOGRAFIA DE RISCO

A metodologia utilizada para a elaboração das diferentes cartas de suscetibilidade para avaliação/identificação do risco foi baseada na análise multicritério. Para Moura (2007), a análise multicritério como ferramenta de SIG, é capaz de classificar e apresentar uma informação especializada e a sua relação interna com o meio físico, sendo muito apropriada para o emprego das geotecnologias na criação de mapas síntese, com o objetivo de detetar áreas com maior predisposição à ocorrência de desastres naturais ou antrópicos. Ela pode basear-se na aplicação de funções de pertinência de conjuntos, tais como o *fuzzy* (é uma forma lógica convenientemente utilizada no tratamento de incertezas, capaz de traduzir em termos matemáticos um conjunto de informação expressa por regras linguísticas, cuja a sua implementação é computacional para dar resposta a um dado problema), média ponderada e do método do processo analítico hierárquico - *Analytic Hierarchy Process* (AHP), auxiliando no processo de tomada de decisão (Barin et al., 2010).

Tendo em vista a necessidade de se reduzir a subjetividade no processo de atribuição de pesos aos fatores selecionados como critérios de informação desta pesquisa e defini-los quantitativamente, foi escolhida a técnica AHP, que corresponde a uma ferramenta de calculo e ponderação de pesos por dimensão ou indicador. Sendo uma metodologia simples e confiável, o que permite o uso de dados qualitativos e/ou quantitativos mensuráveis de diferentes variáveis para a produção de um mapa síntese. Esta metodologia foi proposta por Saaty (1980), na década de 70, vindo progressivamente a ser testada e adaptada para a gestão dos riscos ambientais.

A AHP pode ser definida como um método de apoio à tomada de decisão baseada na análise de alternativas para a resolução de um determinado problema (Fidalgo, 2003; Valente, 2005).

Entretanto, segundo Moura (2007), o investigador ao tomar como referência a AHP deve basear-se em critérios como:

- Seleção das principais variáveis para caracterizar determinados tipos de fenômenos;
- Representação da realidade com base em variáveis diferentes;
- A utilização/divisão das variáveis utilizadas no estudo;
- Combinar e validar as variáveis utilizadas no estudo.

Segundo Rodrigues et al., (2002), toda a tomada de decisões de caráter espacial e de multicritério necessita de uma articulação entre os objetivos do ou dos decisores e a identificação dos atributos importantes na determinação do grau em que esses objetivos serão alcançados. Um atributo é usado para medir o desempenho em relação a um objetivo. O objetivo e os atributos correspondentes, por constituírem um sistema hierárquico de critérios de avaliação para um dado problema de decisão, devem ser ponderados de forma a permitir quantificar a importância relativa de cada um em relação ao seu contributo na obtenção de um índice global.

Para Soares (2003), a análise multicritérios é desenvolvida em etapas, e estão representadas no quadro 5.1.

Atendendo a análise multicritério, foram determinados pesos (0 – 100%) para cada variável de modo a aferir o grau de importância e correlação com o fenômeno considerado, e notas (1 a 5) e cores para as diferentes classes de legenda (quadro 5.2), de modo que quanto maior a pontuação, maior a suscetibilidade ambiental.

Quadro 5.1 – Etapas de análise Multicritério (extraído de Soares, 2003).

1ª Etapa	Formulação do problema	De um modo bastante simples, corresponde à definição do que se quer decidir.
2ª Etapa	Determinação das ações ou alternativas potenciais	Os atores envolvidos na tomada de decisão devem constituir um conjunto de ações que atendam ao problema colocado.
3ª Etapa	Definição dos critérios de avaliação	Elaboração de um conjunto de critérios que permita avaliar os efeitos causados pela ação ao meio ambiente. Esta é uma tarefa longa, com sucessivas aproximações entre os objetivos desejados e a possibilidade de atendimento com os recursos financeiros, tempo e conhecimentos disponíveis.
4ª Etapa	Avaliação das alternativas	Esta etapa é, geralmente, formalizada pela construção de uma matriz de avaliações ou tabela de performances, na qual as linhas correspondem às ações ou alternativas a avaliar e as colunas representam os respetivos critérios de avaliação previamente estabelecidos.
5ª Etapa	Determinação de pesos dos critérios e limites de discriminação	Os pesos traduzem numericamente a importância relativa de cada critério, revelando as preferências dos decisores (Prato, 2003). A ponderação de critérios pode ser realizada com o uso de várias técnicas como: hierarquização de critérios, notação, distribuição de pesos, taxa de substituição, regressão múltipla, jogos de cartas, dentre outros (Soares, 2003).
6ª Etapa	Agregação dos critérios	Após o preenchimento da matriz de avaliação, os critérios são agregados, segundo um modelo matemático definido, associando as avaliações dos diferentes critérios para cada ação ou alternativa. As ações serão em seguida comparadas entre si por um julgamento relativo de seus valores.

Quadro 5.2 – Classes de suscetibilidade e notas atribuídas.

Cores	Classes	Notas
	Muito Baixa	1
	Baixa	2
	Média	3
	Alta	4
	Muito Alta	5

Os mapas temáticos referentes às variáveis, foram gerados com o objetivo de as analisar espacial e individualmente de acordo com a sua situação no momento. Com base no método de álgebra de mapas (equação 5.1), foram gerados os mapas finais.

$$MF = (INF. * MT1) + (INF. * MT2) + (INF. * MT3) \dots + (INF. * MT\infty) \quad (5.1)$$

Onde MF é o Mapa Final, INF é o peso atribuído a cada mapa temático cuja soma deve ser igual a 100% e MT é o Mapa Temático.

Segundo Júnior (2007), as análises multicritérios, como meio de processamento de informações, podem ser utilizadas para os mais diversos tipos de problemas, uma vez que os julgamentos podem ser de forma matemática, já que problemas complexos que consideram dados qualitativos e quantitativos são divididos na forma de uma hierarquia de decisão, com base na importância de um determinado critério analisado, com relação a outro.

Em suma, a proposta metodológica apresentada para elaboração da carta de suscetibilidade ambiental do AE, compõe-se das seguintes fases de estudo (figura 5.1).

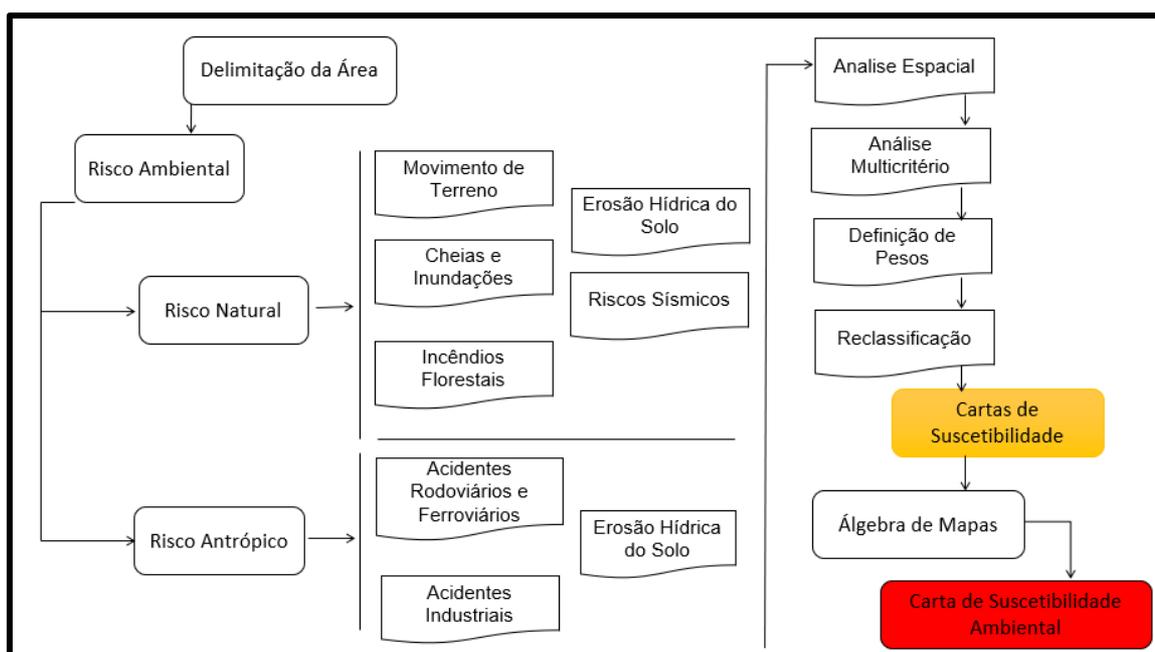


Figura 5.1 – Fluxograma com as etapas para a elaboração da cartografia.

## 5.2 SOFTWARE UTILIZADO

Para a realização deste trabalho foi utilizado o software Quantum GIS versão QGIS-OSGeo4W-3.10.2 (figura 5.2).

O QGIS é um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de Código Aberto certificado pela Licença Pública Geral GNU. O QGIS é um projeto oficial da Open Source Geospatial Foundation (OSGeo), disponível para Linux, Unix, Mac OSX, Windows e Android e suporta uma variedade de formatos e funções vetoriais, *raster* e bases de dados (QGIS, 2021).

O QGIS oferece uma excelente integração com o Python, uma linguagem de programação (*scripts*) projetada para personalizar e/ou automatizar funções de SIG. *Python* é permanentemente classificado como a linguagem de programação de SIG mais popular que existe atualmente, já que o ArcGis da *ESRI* também o adota para os seus recursos de programação. Existem inúmeras versões diferentes do QGIS disponíveis para *download*. O *software* possui boas ferramentas de análise espacial, de geoprocessamento, análise geométrica e várias funções para a gestão de dados.

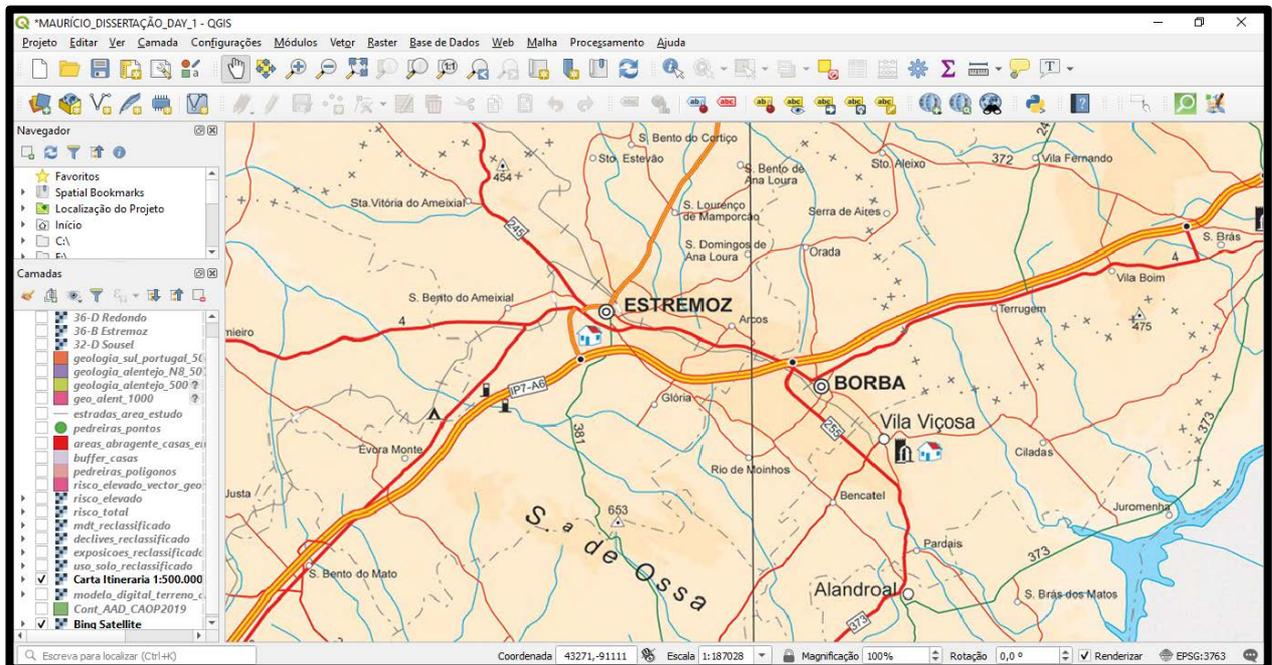


Figura 5.2 – Ambiente de trabalho do QGIS – 3.10.

Sempre que surge uma nova versão, o QGIS disponibiliza um número maior de recursos através de funções e *plug-ins*. Algumas das suas funcionalidades de base são:

- Suporta camadas Raster e Vetoriais;
- Boa colaboração com o GRASS SIG (Geographic Resources Analysis Support System - “Sistema de Suporte a Análise de Recursos Geográficos”);
- Infraestrutura que possibilita a extensibilidade através de *plug-ins*;
- Ferramentas de digitalização;
- Ferramentas de geoprocessamento;
- Compositor para impressão de mapas;
- Integração com a linguagem *Python*;
- Trabalhos com OGC (WMS, WFS, WFS-T).

### 5.3 IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS NO ANTICLINAL DE ESTREMOZ

Na pesquisa sobre este tema, adotou-se o termo “risco ambiental” porque se entende que as condições de risco não são separadas daquelas que ocorrem no meio envolvente – o ambiente, e em sentido lato – são provocadas pelo homem (social e tecnológico). Consequentemente, o risco ambiental torna-se um termo sintético que engloba os demais, porém estes não devem ser esquecidos ou ignorados. Conforme Veyret & Meschinet de Richemond (2007), os riscos ambientais “derivam de uma associação entre os riscos naturais e os riscos provenientes de processos naturais exacerbados pela atividade humana e pela ocupação do território”.

Como afirmam Veyret & Meschinet de Richemond (2007), não existe risco sem que haja uma população (ser social) ou indivíduo (ser biológico) que o reconheça e que possa sofrer os seus efeitos. Correm-se riscos, que podem ser assumidos, recusados, estimulados, avaliados, calculados. O risco é o reflexo de uma ameaça, de um perigo para quem está exposto a ele e o percebe como tal”. Por analogia, podemos dizer que o risco é um objeto social, seja à grande (sociedade) ou pequena (comunidade/indivíduo) escala.

Segundo, o Guia Metodológico (Julião et al., 2009) agrupa os riscos em 3 categorias, que serão adotadas para este trabalho:

- **Riscos Naturais**, os que são derivados da ação e/ou atividade dos sistemas naturais (e.g., sismos, movimentos de massa em vertentes, erosão do litoral, cheias e inundações);
- **Riscos Tecnológicos**, os decorrentes de acidentes, os quais muitas vezes ocorrem de forma inesperada e não planejados, devido a atividade humana (e.g., cheias e inundações por rutura de barragens, acidentes no transporte de mercadorias perigosas, emergências radiológicas, poluição marítima);
- **Riscos Mistos**, aqueles que são resultantes da combinação de ações contínuas da atividade humana nos sistemas naturais (e.g., incêndios florestais).

O quadro 5.3 pretende elencar os perigos que potencialmente poderão afetar uma região, sendo entendidos como eventos ou situações de carácter natural ou tecnológico ou misto, com potencial para causar algum impacto negativo na comunidade. Deste modo a identificação/avaliação dos perigos é uma das primeiras etapas na análise do risco.

O Anticlinal de Estremoz constitui uma região com características excepcionais para a exploração mineral, cuja determinação decorre da localização deste recurso primordial e pela importância que esta atividade tem no alavancar da economia regional.

Após a análise da área de estudo, da cartografia existente e da definição das escalas de risco, foi feita a separação dos riscos ambientais, considerados relevantes para o Anticlinal de Estremoz (Zona dos Mármore), em riscos naturais e em riscos antrópicos, apresentados no quadro 5.4. Posteriormente procedeu-se à construção de cada uma das cartas de suscetibilidade ao risco (que será explicado no ponto 5.4), para a zona, recorrendo às funcionalidades do *software* QGIS 3.10.2.

Quadro 5.3 – Categorias de perigos/riscos incidentes numa região (extraído de Julião et al., 2009).

<b>Categorias</b>	<b>Designações</b>
<b>Riscos Naturais</b>	
Condições Meteorológicas Adversas	Nevoeiros
	Nevões
	Ondas de Calor
	Ondas de Frio
	Secas
Hidrologia	Tempestade
	Cheias e Inundações Urbana
	Cheias de Inundações Rápidas (Aluvião)
	Cheias e Inundações Progressiva (precipitação intensa)
Geodinâmica Interna	Inundações e Galgamentos Costeiros
	Inundação por Tsunami
Geodinâmica Externa	Sismos
	Movimentos de Massa de Vertentes (Deslizamento e outros)
	Erosão Costeira: Destruição de Praias e Sistemas
	Erosão Costeira: Recuo e Instabilidade de Arribas
Riscos Tecnológicos	Colapso de Cavidades Subterrâneas Naturais
Transportes	Acidentes Rodoviários e Aéreos
	Acidentes no Transporte Terrestre Marítimo de Mercadorias Perigosas
	Acidentes no Transporte Terrestre Marítimo de Produtos Perigosos
Vias de Comunicação e Infraestruturas	Colapso de Túneis, Pontes e outras Infraestruturas
	Cheias e Inundações por Rotura de Barragens
	Colapso de Galerias e Cavidades de Minas
Atividade Industrial e Comercial	Acidentes em Áreas e Parques Industriais
	Acidentes que Envolvam Substâncias Perigosas (Diretiva Seveso II)
	Degradação e Contaminação dos Solos com Substâncias NBQ
	Acidentes em Instalações de Combustíveis, Óleos e Lubrificantes
	Acidentes em Estabelecimentos de Armazenagem de Produtos Explosivos
	Incêndios e Colapsos em Centros Históricos e em Edifícios com Elevada Concentração Populacional
	Incêndios em Túneis
	Poluição Marítima
Falta Generalizada de Energia	
<b>Riscos Mistos</b>	
Relacionados com a Atmosfera	Incêndios Florestais
Relacionados com a Água	Degradação e Contaminação de Aquíferos
	Degradação e Contaminação de Águas Superficiais
<b>Outras</b>	<b>Epidemias</b>

Quadro 5.4 – Riscos ambientais considerados para análise neste trabalho.

<b>Categorias</b>	<b>Designação</b>
Riscos Naturais	Movimentos de terrenos
	Cheias e Inundações
	Incêndios florestais
	Erosão Hídrica do Solo
	Sismos
Riscos Antrópicos	Acidentes rodoviários e ferroviários
	Acidentes industriais
	Erosão do Solo

## 5.4 CARTAS DE SUSCETIBILIDADE

Consideram-se áreas suscetíveis a riscos ambientais os locais que, embora não apresentem risco instantâneo de perdas materiais ou de vidas humanas, mas que apresentam condições naturais ou antrópicas que indicam uma predisposição à ocorrência de acidentes devido a algum episódio imprevisto.

Sampaio et al. (2013) definem mapas de suscetibilidade como aqueles capazes de apresentar informações sobre a tendência de um evento que pode ocorrer em uma determinada área.

Assim, o estudo das áreas suscetíveis a riscos ambientais, visa identificar áreas onde não há riscos iminentes de perda de materiais ou de vidas humanas, mas que possuem condições favoráveis para a ocorrência de grandes desastres. Condições estas que podem ser originadas pela fragilidade física do local ou por interferência antrópica.

Por conseguinte, tal como indica no Guia metodológico elaborado por Julião et al., 2009, a elaboração da cartografia de risco de âmbito municipal compreenderá a criação de um SIG, no qual é possível produzir as seguintes peças cartográficas.

- Cartas de suscetibilidade para cada perigo identificado no domínio municipal;
- Carta municipal de elementos expostos;
- Carta de localização de risco para cada perigo identificado no domínio municipal.

Deste modo este processo pode ser representado como indica na figura 5.3

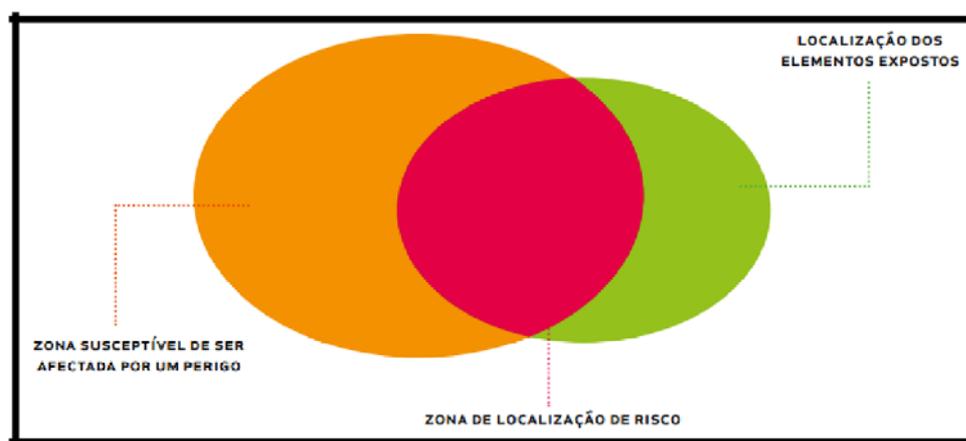


Figura 5.3 – Zonas de localização de riscos.

Segundo a Julião et al. (2009), a definição dos diplomas técnicos para a elaboração da cartografia municipal de risco estabelece um conjunto de objetivos cartográficos alcançáveis, com foco na avaliação da **suscetibilidade** e na cartografia dos **elementos expostos**.

Segundo o raciocínio do que foi exposto, o **Risco** será, pois, o produto da **suscetibilidade** pelo **elemento exposto** (equação 5.2):

$$R=S*EE \quad (5.2)$$

Deste modo, elaborou-se para a área de estudo a cartografia das zonas suscetíveis a riscos ambientais, depois transferiu-se esta informação para os mapas temáticos que cruzados entre si possibilitaram a elaboração do mapa final de suscetibilidade.

#### **5.4.1 Cartas de Suscetibilidade Natural**

##### **5.4.1.1 Carta de Suscetibilidade a Movimentos de Terrenos**

Para a elaboração da carta de suscetibilidade a movimento de terreno do AE, foram tidos em conta os seguintes critérios de perigosidade:

#### **DECLIVE**

O declive é o mais importante fator condicionante dos movimentos de terreno, dado que é o principal fator geométrico que aparece na análise de estabilidade, sendo o maior determinante da taxa de percolação do terreno. O mapa de declive é um produto do MDT gerado pelo SIG, este mapa representa a inclinação do terreno. Os valores de declive adotados foram agrupados em 5 classes (quadro 5.6).

#### **USO/OCUPAÇÃO DO SOLO**

Filho & Virgili (2004), afirmam que “uma série de propriedades dos solos influência a suscetibilidade a movimentos de massa, tais como o seu peso específico, porosidade, compressibilidade, textura, coesão, angulo de atrito, espessura, condutividade hidráulica, histórico de tensões, entre outros”, essas propriedades associadas a atividade humana torna o solo ainda mais frágil a ocorrência de acidentes. Para a elaboração da carta de uso/ocupação dos solos utilizou-se as cartas da DGT em formato digital, dando uma atenção especial às principais atividades realizadas na região como a agricultura/pastagem e a indústria extrativa do mármore.

#### **ÍNDICE DE CHUVA**

A precipitação é reconhecida como o principal agente na deflagração de movimentos de terreno. Tanto as precipitações rápidas bem como as menos intensas e de maior duração podem desencadear esse processo. Para a elaboração do mapa de índice de chuva da região utilizou-se as cartas da DGT em formato digital onde se estabeleceram 5 classes (quadro 5.6).

#### **EXPOSIÇÃO DE VERTENTES**

O mapa de exposição do terreno é um produto derivado do MDT e representa a direção angular do terreno em relação ao norte Geográfico. Calcula-se a partir do ângulo existente entre o norte geográfico e a projeção sobre o plano horizontal do vetor normal à superfície, os valores variam de 1° a 360°.

#### **CURVATURA DAS VERTENTES**

O mapa da curvatura das vertentes é um produto derivado do MDT e representa o grau de concavidade/convexidade do terreno. Esta variável derivada do MDT está definida por um intervalo

de valores dependendo da zona. Nas zonas côncavas o fluxo se concentra, enquanto nas zonas convexas se dispersa.

## **HIPSOMETRIA**

A altitude como fator determinante é um produto derivado do MDT aonde se agrupam os valores topográficos em classes. O mapa hipsométrico contribui essencialmente para a análise morfométrica da área em estudo. Para o mapa hipsométrico foram estabelecidas cinco classes de elevação como as mais representativas para a área de estudo, sendo que as cotas variaram de 300 m a 500 m com equidistâncias de 100 m (quadro 5.6).

Dessa forma para cada um dos critérios escolhidos foram atribuídos pesos (0-100%) em relação ao seu grau de relevância perante a suscetibilidade aos processos geodinâmicos observados e para as classes de cada um dos temas foram dadas notas de (1 a 5), em relação ao grau de suscetibilidade a movimentos de vertentes (quadro 5.5). A representação dos pesos e notas atribuídos aos critérios e classes estão expressos no quadro 5.6.

Quadro 5.5 – Notas atribuídas ao grau de suscetibilidade.

Notas	Grau de suscetibilidade a movimento de vertente
1	Muito Baixo
2	Baixo
3	Médio
4	Alto
5	Muito Alto

Quadro 5.6 – Critérios e ponderações utilizados na determinação do Risco de Movimento de terreno

Critérios e peso de cada um na determinação do risco	Peso (%)	Amplitude de valores (classes)	Contribuição de cada classe para o valor de risco de cada critério
Declive	43	0 – 10%	1
		10% – 20%	2
		20% – 30%	3
		30% – 40%	4
		>40%	5
Hipsometria	12	100 – 200	1
		200 – 300	2
		300 – 400	3
		400 – 500	4
		>500	5
Índice de Chuva	9	400 mm – 500 mm	1
		500 mm – 600 mm	2
		600 mm – 700 mm	3
		700 mm – 800 mm	4
		800 mm – 1000 mm	5
Exposição das Vertentes	15	-1 Plano	1
		315° - 45°	2
		45° - 135°	3
		135° - 225°	5
		225° - 135°	4
Curvatura das Vertentes	15	<-0,10	5
		-0,10 – 0,10	0
		>0,10	5
Uso/ocupação do solo	6	Mata	1
		Solo exposto	2
		Agricultura	3
		Linhas de água	4
		Área urbana/atividade mineira	5

Do cruzamento das variáveis de perigosidade elaborou-se a cartografia de suscetibilidade a movimento de terreno em ambiente QGIS 3.10.2, apresentadas no capítulo de Análise e Discussão dos Resultados.

### 5.4.1.2 Carta de Suscetibilidade a Cheias e Inundações

A enchente ou cheia é a elevação temporária do nível da água em um canal de drenagem em consequência do aumento da vazão ou descarga. Por sua vez, a inundação consiste no processo de transbordamento das águas num canal de drenagem para as áreas marginais ou planícies de inundação quando a enchente atinge cotas acima do nível máximo do leito do rio. A figura 5.1 apresenta um perfil esquemático do processo, segundo IPT (2004).



Figura 5.4 – Perfil esquemático do processo de cheias e inundações (IPT, 2004).

Dias et al., (2004) realizam a cartografia de áreas de riscos de enchentes através da manipulação de bases digitais e definem pesos para os parâmetros influenciadores no cruzamento das bases: Geomorfologia (peso 27%), Declividade (peso 25%), Solos (peso 20%), Uso e Ocupação do Solo (peso 15%), Proximidades (peso 13%). A suscetibilidade às inundações foi definida por meio da correlação dos parâmetros definidos por Dias et al. (2004). Para a elaboração da carta de suscetibilidade a cheias e inundações do AE, foram tidos em conta os critérios de perigosidade estabelecidos por Dias et al., (2004).

### **GEOMORFOLOGIA**

O estudo geomorfológico do AE é essencial, pois permite que se faça uma análise detalhada das formas de relevo, podendo auxiliar na identificação das áreas suscetíveis a inundação. O anticlinal de Estremoz caracteriza-se geomorfológicamente por apresentar uma superfície ondulada, resultante de uma aplanção imperfeita produzida pela erosão, erguendo-se no seio da peneplanície constituída por formações xistentas do silúrico (ERHSA, 2000).

Para a cartografia geomorfológica utilizaram-se dados obtidos a partir da carta geológica da Direção Geral de Minas e Serviços Geológicos. Serviços de Fomento Mineiro. Cartografia Temática do Anticlinal de Estremoz (Carvalho, 2008), à escala 1:25.000. Para tal considerou-se três padrões de formas (pelo autor): os aterros/peneplanícies, as escavações e os relevos residuais. Os xistos, micaxistos, quartzitos negros e liditos do Pré-Câmbrico foram classificados como aterros/peneplanícies; calcários cristalinos, calcários cristalinos cobertos (vulgo olho do mocho) e terra rossa como escavações; e os dolomitos cristalinos (vulgo pedra cascalva) como relevos residuais.

## **DECLIVE**

A inclinação do terreno tem uma influência direta na acumulação de água no terreno. As áreas planas apresentam maior probabilidade de inundação em relação as zonas mais íngremes. Utilizou-se o mapa de declives elaborado anteriormente para a carta de suscetibilidade a movimento de terreno.

## **SOLOS**

O tipo de solo presente na região pode afetar a permeabilidade da água e a drenagem superficial. No entanto, para a elaboração da carta de solos usou-se a classificação dos solos existentes na região do Alentejo.

## **USO/OCUPAÇÃO DO SOLO**

A forma de uso/ocupação do solo afeta infiltração e o escoamento superficial da água. As áreas com maior impermeabilidade tendem a acumular mais água na superfície em relação as áreas com cobertura vegetal, devido a sua baixa compactação. Utilizou-se o mapa de uso/ocupação do solo elaborado anteriormente para a carta de suscetibilidade a movimento de terreno.

## **PROXIMIDADE DA REDE HIDROGRÁFICA**

Se a área plana de um determinado local estiver próxima à rede de drenagem, é mais propensa a inundações. Com base nesta suposição, criou-se um mapa de distância (buffer) usando o *shapefile* das feições hidrológicas. Para cartografar as áreas com maior e menor suscetibilidade à ocorrência de inundações. A proximidade da rede hidrográfica foi obtida a partir do OSM (Open Street Map).

Com os parâmetros influentes definidos por Dias et al. (2004) para a cartografia áreas suscetíveis à ocorrência de inundação, foram definidas as principais classes associadas a cada parâmetro, bem como os pesos e notas consideradas para a área de estudo. Assim sendo, a construção das análises baseou-se na organização e aplicação da Árvore de Decisões, na qual consiste o procedimento de avaliação por multicritérios (quadro 5.7).

Para a determinação da suscetibilidade a cheias e inundação foram definidas 5 classes de risco (quadro 5.5): Muito Baixa; Baixa; Média; Alta e Muito Alta. O mapa final foi elaborado a partir do cruzamento dos parâmetros estabelecidos para as variáveis e que serão apresentados mais para frente no capítulo de análise e resultados.

Quadro 5.7 – Critérios e ponderações utilizados na determinação da suscetibilidade a Cheias e Inundações (adaptado de Dias et al., 2004)

Mapa	Peso (%)	Classe	Nota
Geomorfologia	27	Relevos residuais	1
		Escavações	2
		Aterros/peneplanícies	3
Declividade	25	0 – 10%	1
		10% – 20%	2
		20% – 30%	3
		30% – 40%	4
		>40%	5
Solos	20	Classe 1 <sup>a</sup>	1
		Classe 2 <sup>a</sup>	2
		Classe 3 <sup>a</sup>	3
		Classe 4 <sup>a</sup>	4
		Classe 5 <sup>a</sup>	5
Uso/Ocupação do Solo	15	Mata	1
		Solo exposto	2
		Agricultura	3
		Linhas de água	4
		Área urbana/atividade mineira	5
Proximidade da rede hidrográfica	13	50m	1
		100m	4
		200m	5

#### 5.4.1.3 Carta de Suscetibilidade a Incêndios Florestais

Os incêndios florestais, representam uma preocupação anual tanto a nível nacional como também municipal, dado que todos os anos a sua ocorrência provoca enormes perdas materiais, danos ambientais graves e, infelizmente, perda de vidas. Soma-se a essas consequências a complexidade de ordem social, a qual, em regra, é de difícil avaliação e quantificação.

Para a elaboração da carta de suscetibilidade a incêndio florestal será aplicado o método CRIF – Carta de Risco de Incêndio Florestal (IGeOE, 2011), que consiste na seguinte metodologia de análise:

- Seleção de critérios significativos para o fenómeno do risco de incêndio;
- Hierarquização e ponderação dos critérios;
- Criar critérios e agregação final dos critérios.

Os critérios para a produção da carta de suscetibilidade são:

#### USO/OCUPAÇÃO DO SOLO

Para que a combustão ocorra, são necessários três componentes principais, um combustível, um comburente (oxigénio) e a energia de ativação, que podem ter diferentes origens. Esses três componentes formam o que é conhecido como triângulo do fogo (Silva et al., 2010).

Toda a vegetação não tem a mesma sensibilidade à ocorrência e propagação dos incêndios florestais, sendo este o fator principal a ter em conta. Para a elaboração da carta de uso/ocupação do solo utilizou-se, como base, a carta de ocupação de solos de Portugal em formato vetorial, também utilizada para a elaboração da carta de movimento de terreno.

### **DECLIVE**

A inclinação da superfície topográfica é uma das características que tem maior impacto no comportamento de um incêndio florestal nomeadamente na taxa de propagação, exercendo uma influência muito grande na velocidade de propagação, ou seja, quanto maior for o declive maior será a velocidade de propagação. Utilizou-se o mapa de declives elaborado anteriormente para a carta de suscetibilidade a movimentos de terrenos.

### **EXPOSICÃO DAS VERTENTES**

Outro fator importante a ser considerado para a propagação dos incêndios florestais é a exposição das vertentes, já que está relacionada principalmente à quantidade de luz solar, mas também com o vento e a humidade. A quantidade de radiação solar recebida varia com a exposição.

### **DISTÂNCIA DA REDE VIÁRIA**

Um dos fatores a considerar na análise de suscetibilidade é o critério da proximidade à rede viária, aspeto que desempenha um papel importante nos exercícios de combate a incêndios florestais, permitindo desse modo a circulação das viaturas à zona do incêndio.

### **DENSIDADE DEMOGRÁFICA**

Para determinar a densidade demográfica, consultaram-se os dados do censo de 2011 (o mais recente) fornecido pelo INE, para se poder determinar o número de habitantes de cada freguesia que compõem os concelhos da zona de estudo.

Para a elaboração da CRIF foram necessários alguns dados de entrada para o processo, os quais estão representados no quadro 5.8.

Foi realizada a reclassificação dos critérios, ocupação do solo, declives, exposição das vertentes e distância da rede viária, levando também em consideração a contribuição de cada classe identificada na CRIF e o peso que cada critério tem na produção da carta final do risco de incêndio florestal (quadro 5.9).

Para se obter a carta final de riscos de incêndio florestal foram definidas 5 classes de risco (ver quadro 5.5): Muito Baixo; Baixo; Médio; Alto e Muito Alto. Do cruzamento das variáveis de perigosidade elaborou-se a CRIF em ambiente SIG QGIS 3.10.2, apresentadas no capítulo de Análise e Discussão dos Resultados.

Quadro 5.8 – Dados de base para o cálculo da suscetibilidade a de Incêndio Florestal (adaptado de Agroforum, 2015)

Designação	Escala	Formato	Fonte
CAOP 2019 – Tema Vetorial da Carta Administrativa Oficial de Portugal	1:25 000	Vetorial (shp)	<a href="http://mapas.dgterritorio.pt/ATOM-download/CAOP-Cont/Cont_AAD_CAOP2019.zip">http://mapas.dgterritorio.pt/ATOM-download/CAOP-Cont/Cont_AAD_CAOP2019.zip</a>
COS 2018 – Tema Vetorial da Ocupação / Uso do Solo	1:25 000	Vetorial (shp)	<a href="http://mapas.dgterritorio.pt/DGT-ATOM-download/COS_Final/COS2018_v1/COS2018_v1.zip">http://mapas.dgterritorio.pt/DGT-ATOM-download/COS_Final/COS2018_v1/COS2018_v1.zip</a>
Mdt_srtm - Tema da Altimetria de Portugal	1:25 000	Raster (grid)	<a href="https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-dem/eu-dem-v1.1">https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-dem/eu-dem-v1.1</a>
Rv_ae - Rede Viária de Portugal	1:25 000	Vetorial (shp)	<a href="https://download.geofabrik.de/europe/portugal-latest-free.shp.zip">https://download.geofabrik.de/europe/portugal-latest-free.shp.zip</a>
Censos 2011: População residente no concelho de Estremoz	1:25 000	Vetorial (shp)	<a href="http://www.qgis.pt/visualizar-dados-dos-censos-2011-com-o-qgis/">www.qgis.pt/visualizar-dados-dos-censos-2011-com-o-qgis/</a>

Quadro 5.9 – Critérios e ponderações utilizados na determinação da suscetibilidade a Incêndio Florestal (adaptado IGeoE, 2011).

Critérios e peso de cada um na determinação do risco	Amplitude de valores (classes)	Contribuição de cada classe para o valor de risco de cada critério
Uso/Ocupação do Solo (59%)	Linhas de água	1
	Solo exposto	2
	Agricultura	3
	Mata	4
	Área urbana/atividade mineira	5
Declives (21%)	0 – 10%	1
	10% – 20%	2
	20% – 30%	3
	30% – 40%	4
	> 40%	5
Exposições das vertentes (6%)	-1	0
	315° - 45°	3
	45° - 135°	6
	135° - 225°	10
	225° - 315°	8
Proximidade à rede viária (9%)	Até 25 m	1
	25 – 50 m	2
	50 – 100 m	3
	100 – 150 m	4
Densidade demográfica (5%)	Até 250 hab/km2	5
	Entre 250 e 1500 hab/km2	1
	Acima de 1500 hab/km2	5

#### 5.4.1.4 Carta de Suscetibilidade a Erosão Hídrica do Solo

A degradação do solo está associada a qualquer alteração ou mudança dos seus componentes, propriedades ou comportamentos que levam a mudanças negativas das suas funções nos ecossistemas. A erosão hídrica é uma das principais formas de degradação do solo e a precipitação é um dos principais elementos climáticos que mais contribui para essa degradação (Fidalgo, 2012).

Segundo Roxo (1994) a chuva é o agente erosivo mais importante, exercendo uma considerável influência nos processos de erosão hídrica (agente ativo), pois proporciona o desencadear dos seguintes processos mecânicos: o impacto motivado pelas gotas de chuva no solo (*splash*) e o escoamento das águas pluviais pelas vertentes. A água da chuva é um elemento que possui boa capacidade de transporte dos detritos, considerado desta forma, como um dos principais agentes modeladores das vertentes (Roxo, 1994). Esta água precipitada circula pelas vertentes (figura 5.2), tanto à superfície como no solo, estando estes movimentos condicionados pelos elementos físicos presentes (vegetação, massas rochosas, construções, entre outros).

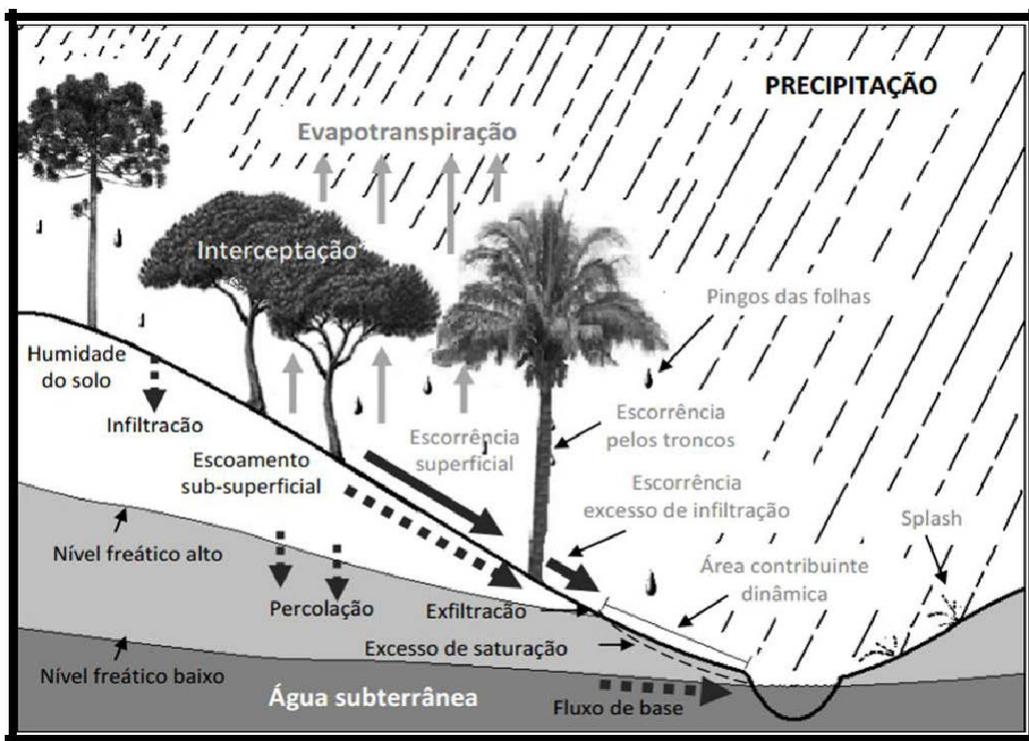


Figura 5.5 – Formas de circulação da água nas vertentes (adaptado de Clark & Small, 1982).

O procedimento metodológico aplicável em ambiente SIG para a elaboração do mapa de suscetibilidade à erosão hídrica, consistiu na análise de multicritério que permite a investigação combinada de diferentes variáveis para gerar um mapa síntese.

Segundo Silva & Machado (2014), a suscetibilidade erosiva de um terreno depende de uma série de variáveis condicionantes, das quais, destacam-se a vegetação, o solo, o declive, a pluviosidade, o uso do solo e a litologia. São fatores que, dependendo de sua situação atual, podem influenciar mais ou menos na suscetibilidade.

Elaboraram-se dois mapas de suscetibilidade à erosão hídrica, sendo um de suscetibilidade natural e outro com a influência antrópica, seguindo as ideias de Bonna (2011). Para o mapa de suscetibilidade natural, foram consideradas como variáveis o declive, a litologia, o índice de chuvas, o índice de vegetação e as classes de solos, enquanto para o mapa da influência antrópica foram consideradas as mesmas variáveis acrescidas do uso/ocupação do solo e proximidade de vias. Considerando esses critérios, o quadro 5.10 apresenta as variáveis e seus respectivos pesos para cada mapa.

Quadro 5.10 – Variáveis e pesos utilizados na determinação do Risco de Erosão Hídrica. (Silva & Machado, 2014)

Variável	Suscetibilidade Erosiva Natural	Suscetibilidade Erosiva com Influência Antrópica
	Peso (0 - 100%)	Peso (0 - 100%)
Litologia (L)	10	6
Classes de solo (S)	25	13
Declividade (D)	25	13
Intensidade de chuva (C)	15	8
Índice de vegetação (V)	25	13
Proximidade de vias (PV)	-	12
Uso do solo (US)	-	35
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

## LITOLOGIA

Os critérios adotados para classificação da litologia foram os de Vintém et al. (2003), os quais distinguem em primeiro lugar, as zonas onde ocorre mármore das zonas onde este recurso não ocorre, sendo que nas zonas onde existe mármore este foi classificado de acordo com o grau de pureza e cor.

Segundo Vintém et al. (2003), a análise da cartografia geológica, em conjunto com toda a informação geológico-mineiro coligida acerca da região, contribuiu para a adoção de uma classificação dos mármore em boa, média e má aptidão para rocha ornamental, em função das suas características litológicas (quadro 5.11).

Quadro 5.11 – Classificação do indicador Litologia (adaptado de Vintém et al., 2003).

Classes	Formações
Boa aptidão	Mármore Rosa; Mármore Branco e Creme
Média aptidão	Mármore Rosa, com algumas vergadas; Mármore Branco e Creme, com algumas vergadas
Má aptidão	Mármore Branco e Creme, muito vergado; Mármore Branco e Creme, brechificado; Mármore Rosa, muito vergado; Mármore Rosa, brechificado; Mármore Negro / Azul
Sem aptidão	Mármore Dolomitizado, de grão grosseiro; Filão Dolerítico; Filão de Quartzo; Xistos Negros e Liditos (Silúrico); Metavulcanitos (Silúrico); Metavulcanitos (Complexo Vulcano-Sedimentar Carbonatado (Ordovício?)); Metadolomititos (Câmbrico); Quartzitos e Xistos Negros (Pré-Câmbrico)

## **CLASSES DE SOLOS**

No que se refere as principais propriedades dos solos, destaca-se a maior ou menor resistência à ação erosiva das águas, nomeadamente a erodibilidade, a textura (tamanho das partículas) que a capacidade de infiltração e absorção da água de chuva, interferindo no potencial de enxurradas no solo, e também na maior ou menor coesão entre partículas (Infanti Júnior, 1998).

Para a criação da carta de solos do AE utilizou-se as informações temáticas em formato digital relativas a geologia na escala de 1:25 000, em que se fez uma georreferenciação com recurso ao *software* QGIS e definiu-se o tipo de solo existentes na região.

## **DECLIVE**

O declive do terreno influencia na concentração, dissipação e velocidade do escoamento das águas pluviais, na qual associadas à intensidade das chuvas e aos tipos de solos tem como consequências, a maior ou menor suscetibilidade à erosão, assim como, o risco de movimentos de terrenos e inundações (Cunha & Guerra, 2010). Utilizou-se o mapa de declives elaborado anteriormente para a carta de suscetibilidade a movimentos de terrenos.

## **INTENSIDADE DE CHUVA**

Segundo (Bertoni & Neto, 1999) a chuva é um dos fatores climáticos de maior importância na erosão do solo. O potencial de erosão da chuva depende da sua intensidade, quantidade, duração e frequência. Um período de chuva forte pode causar grande erosão e danos, devido à grande energia exercida pela gota ao tocar no solo.

## **ÍNDICE DE VEGETAÇÃO**

O índice de vegetação foi calculado a partir NDVI. Sendo este um indicador sensível de vegetação, é obtido através da razão entre a diferença da reflectância do infravermelho próximo (IVP) e do vermelho visível (V) pela soma das mesmas variáveis conforme a equação 5.3. Para tal foram utilizadas as bandas<sup>1</sup> 5 e 4 do sensor LandSat-8 TM<sup>2</sup>.

O resultado do cálculo é o NDVI, que varia entre -1 e 1, de modo que quanto mais próximo do 1, maior é o indício de presença de vegetação, e quanto mais próximo do -1, maior é o indício de presença de solos descobertos e rochas.

$$NDVI = \frac{(Infravermelho (IVP) - Vermelho (V))}{(Infravermelho (IVP) + Vermelho (V))} \quad 5.3$$

---

<sup>1</sup> As bandas foram extraídas do site [www.earthexplorer.usgs.gov](http://www.earthexplorer.usgs.gov) consultado a 10/2020

<sup>2</sup> A série LANDSAT teve início na segunda metade da década de 60, a partir de um projeto desenvolvido pela Agência Espacial Americana e dedicado exclusivamente à observação dos recursos naturais terrestres. Essa missão foi denominada Earth Resources Technology Satellite (ERTS) e em 1975 passou a se chamar-se Landsat <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/landsa>.

Tendo em conta o conhecimento geológico-mineiro adquirido, procedeu-se à parametrização numérica das classes de aptidão e as referidas notas quadro 5.12.

A elaboração da Carta de Risco de Erosão Hídrica foi conseguida através do Sistema de Informação Geográfica QGIS 3.10.2. Para isto foram necessários alguns dados de entrada para o processo, os quais se apresentam no quadro 5.12.

Quadro 5.12 – Notas estabelecidas para os componentes de legenda a suscetibilidade à erosão hídrica do solo (adaptado de Silva & Machado (2014)).

VARIÁVEL	COMPONENTE DE LEGENDA	NOTA (1 a 5)
Litologia (10%)	Sem aptidão	1
	Má aptidão	2
	Media aptidão	4
	Boa aptidão	5
Classe do Solo (25%)	Classe 1ª	1
	Classe 2ª	2
	Classe 3ª	3
	Classe 4ª	4
	Classe 5ª	5
Declividade (25%)	0 – 10	1
	10 – 20	2
	20 – 30	3
	30 – 40	4
	>40	5
Intensidade da Chuva (15%)	400 mm – 500 mm	1
	500 mm – 600 mm	2
	600 mm – 700mm	3
	700 mm – 800 mm	4
	800 mm – 1000 mm	5
Índice de Vegetação (25%)	Alto vigor (0,5 – 1)	1
	Médio vigor (0 – 0,5)	2
	Baixo vigor (-0,5 – 0)	3
	Baixíssimo vigor/Ausência (-1 – (-0,5)	4
	Ausência de vegetação (<-1)	5

Para a determinação da suscetibilidade à erosão hídrica foram definidas 5 classes de risco: Muito Baixa; Baixa; Média; Alta e Muito Alta.

Os mapas finais foram elaborados a partir do cruzamento dos parâmetros estabelecidos para as variáveis e serão apresentados no capítulo de análise e resultados.

#### **5.4.1.5 Carta de Suscetibilidade a Ocorrência Sísmica**

Segundo Ramos & Cunha (2016), os sismos constituem processos naturais cuja perigosidade num determinado local depende da magnitude, ou seja, da energia libertada no epicentro, da distância ao epicentro, da profundidade do hipocentro e dos mecanismos de propagação das ondas sísmicas (modelos de atenuação) e de resistência dos materiais, importantes para determinar zonamentos de uso, como os graus de exposição e vulnerabilidade, importantes para avaliar mecanismos de prevenção e mitigação, em suma, o registo de um sismo é influenciado pela profundidade do foco, pela distância do epicentro ao local onde se efetua o registo, pela morfologia tectónica e pela geologia do meio de propagação.

A fraturação dos materiais rochosos pode ocorrer com diferentes escalas, ocasionando entidades geológicas que interrompem a continuidade física das formações geológicas, designadas por descontinuidades, que ocorrem em diferentes escalas, desde a escala microscópica até à escala regional, podendo algumas ocorrer associadas em famílias, sendo por isso estudadas estatisticamente, como é o caso das diaclases, enquanto outras, nomeadamente as de maior importância, ocorrem em número reduzido, sendo por isso estudadas individualmente, como é o caso das falhas (McNutt, 2000). Pode ocorrer movimento no plano da descontinuidade, como no caso das falhas, ou não ocorrer movimento no plano da descontinuidade, como no caso das diaclases. A identificação das causas tem implicações importantes para explicar se a origem da sismicidade detetada é puramente tectónica ou se está relacionada com outra causa, natural ou artificial (Ibáñez & Carmona, 2000; Medeiros, 2010).

A avaliação dos sismos pode ser feita pela sua intensidade (avaliação dos danos causados sobre as populações – vidas e bens), para tal utiliza-se a Escala de Mercalli. Ou pela sua magnitude, que significa a medição da energia libertada no epicentro, para esta utiliza-se a Escala de Richter. É a escala de Richter a mais frequentemente utilizada, entre outras razões, por ser mais objetiva e servir para comparar o grau de violência dos sismos à escala mundial.

Teoricamente, a magnitude de um abalo sísmico pode ser qualquer número real. Os danos causados por um abalo sísmico aumentam com a magnitude, mas, felizmente, a frequência dos mesmos diminui com a magnitude.

Para a determinação da suscetibilidade, os fatores tomados em linha de conta foram a intensidade sísmica, a litologia e as falhas geológicas (quadro 5.13). Estabeleceram-se quatro classes de suscetibilidade de acordo com o Guia Metodológico para a Produção de Cartografia de Risco e para Criação de Sistemas de Informação Geográfica de Base Municipal (quadro 5.14).

Quadro 5.13 – Critérios e ponderações utilizados na determinação a suscetibilidade sísmica (adaptado de Medeiros, 2010).

Critérios e peso de cada um na determinação do risco	Amplitude de valores (classes)	Contribuição de cada classe para o valor de risco de cada critério
Intensidade Sísmica 37%	V VI VII VIII	2 3 4 5
Litologia 30%	Sem aptidão Má aptidão Média aptidão Boa aptidão	1 2 4 5
Falha geológica (Buffer) 43%	<200 m 200m – 500m 500m – 1000m 1000m – 2000m >2000m	5 4 3 2 1

Quadro 5.14 – Notas atribuídas ao grau de suscetibilidade (ANPC, 2009).

Notas	Grau de suscetibilidade a atividade sísmica
1	Não Aplicável
2	Baixa
3	Moderada
4	Elevada

## 5.4.2 Cartas de Suscetibilidade ao Risco Antrópico

### 5.4.2.1 Carta de Suscetibilidade a Acidentes Rodoviários e Ferroviários

Para a elaboração da carta de risco de acidentes rodoviários e ferroviários na zona de estudo foram tidos em conta os critérios de perigosidade e vulnerabilidade para posterior definição do risco.

#### Como critério de perigosidade consideraram-se as seguintes variáveis:

- Tipo de Via: Variável que associa o tipo de via rodoviária (IC, IP, EN, AE) à eventual velocidade atingida pelas viaturas. Deste modo, quanto maior a importância da via, maior perigosidade foi atribuída.
- Tráfego: A intensidade de tráfego está relacionada com a tipologia da via.
- Cruzamentos e entrada em vias: Indicador de áreas críticas, de acordo com o tipo de vias, devido à intensidade de tráfego e às velocidades de circulação. Foram delimitadas como zonas perigo máximo.

- Passagem de nível: Indicador de áreas críticas, de acordo com o tipo de guarda efetuada nas passagens de nível ferroviárias. Foram delimitadas como zonas de perigo máximo.
- Nevoeiro: Fator que diminui a visibilidade nas vias de comunicação e potencia a ocorrência de acidentes.

**Como critério de vulnerabilidade consideraram-se as seguintes variáveis:**

- Vias de comunicação: Foram identificadas vias de comunicação viária e nos conselhos recorrendo a informação vetorial de vias de comunicação em Évora.

#### **5.4.2.2 Carta de Suscetibilidade a Acidentes Industriais**

Para a elaboração da carta de suscetibilidade de acidentes industriais na zona de estudo foram considerados os critérios da perigosidade e da vulnerabilidade para a definição do risco.

**Como critério de perigosidade consideraram-se as seguintes variáveis:**

- Áreas industriais: Obtida através da digitalização e georreferenciação das grandes áreas industriais existentes no município, foram definidas áreas de influência para os 200 m.
- Indústrias: Foram identificadas todas as indústrias existentes no município recorrendo ao ficheiro vetorial dos edifícios industriais.

**Como critério da vulnerabilidade consideraram-se as seguintes variáveis:**

- Vias de comunicação: Foram identificadas vias de comunicação viária e ferroviária nos conselhos recorrendo a informação vetorial de vias de comunicação em Évora.
- Habitações: Utilizou-se a cartografia vetorial de edifícios existentes nos concelhos.

#### **5.4.2.3 Carta de Suscetibilidade à Erosão Hídrica**

Para elaboração da carta de suscetibilidade à erosão hídrica dos solos com influência antrópica da zona de estudo foram tidos em conta os critérios de perigosidade e o de vulnerabilidade para posterior definição de risco.

O mapa de suscetibilidade de erosão hídrica do solo com influência antrópica os critérios de perigosidade foram estabelecidos segundo Silva & Machado, (2014) e estão descritos no Quadro 5.10, em que o uso/ocupação do solo recebeu o maior valor por ser a variável que possui o maior potencial de intensificar a suscetibilidade natural da área e a proximidade de vias recebeu valor pouco menor, como está descrito no Quadro 5.15.

### **PROXIMIDADE DE VIAS**

A construção de estradas em áreas com maiores declives, como na base de depósitos de solos instáveis, podem potencializar de forma significativa o risco de movimentos de terrenos,

principalmente, pela remoção, total ou parcial, da sustentação do solo ao longo da elevação (MMA, 2011). Para a proximidade das vias fez-se a delimitação das mesmas e em seguida aplicou-se o comando buffer de 5 m, 10 m, 25 m, 50 m, e acima de 50 metros.

### USO/OCUPAÇÃO DO SOLO

O tipo de uso/ocupação do solo é muito importante para determinar a suscetibilidade à erosão hídrica solo, pois é o aspeto onde a ação do homem sobre o território é mais significativa. A identificação do uso/ocupação do solo define o grau de proteção do solo, que pode ser aumentado ou diminuído de acordo com o tipo de cobertura vegetal, métodos e práticas agrícolas, mineração, urbanização, bem como outros processos que podem determinar algum grau de proteção ou degradação do solo.

Quadro 5.15 – Critérios e ponderações utilizados na determinação do Risco de Erosão Hídrica do Solo com influência antrópica (adaptado de Silva & Machado, 2014).

VARIÁVEL	COMPONENTE DE LEGENDA	NOTA (1 Á 5)
Litologia (6%)	Sem aptidão	1
	Má aptidão	2
	Media aptidão	4
	Boa aptidão	5
Classe do Solo (13%)	Classe 1ª	1
	Classe 2ª	2
	Classe 3ª	3
	Classe 4ª	4
	Classe 5ª	5
Declividade (13%)	0 – 10	1
	10 – 20	2
	20 – 30	3
	30 – 40	4
	>40	5
Intensidade da Chuva (8%)	Baixa	2
	Alta	4
Índice de Vegetação (13%)	Ausência de vegetação (<-1)	1
	Baixíssimo vigor/Ausência (-1 – (-0,5)	2
	Baixo vigor (-0,5 – 0)	3
	Médio vigor (0 – 0,5)	4
	Alto vigor (0,5 – 1)	5
Proximidade de Vias (12%)	Buffer acima de 50 metros	1
	Buffer de 50 metros	2
	Buffer de 25 metros	3
	Buffer de 10 metros	4
	Buffer de 5 metros	5
Uso/Ocupação do Solo (35%)	Mata	1
	Solo exposto	2
	Agricultura	3
	Linhas de Água	4
	Área urbana/Atividade mineira	5

## VI – ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados, de acordo com a metodologia proposta, foram obtidos alguns produtos referentes a cada variável considerada na pesquisa.

Foram geradas cartas temáticas de cada variável de modo a analisá-las espacialmente e individualmente, de acordo com a situação atual e, a partir do método de álgebra de mapas, foram geradas as cartas finais. Esse método consiste na aplicação de operações aritméticas para associar vários mapas de modo a obter como resultado, classificações que permitem a análise geográfica.

### 6.1 Carta de suscetibilidade de movimentos de terrenos

Como resultado do cruzamento das variáveis (figura 6.1) por meio da análise multicritério foi gerada a carta de suscetibilidade de movimentos de terrenos (figura 6.2), essa análise possibilitou a compreensão destes processos geológicos na área de estudo, destacando dessa forma as áreas com maior e menor suscetibilidade a movimentos de terrenos.

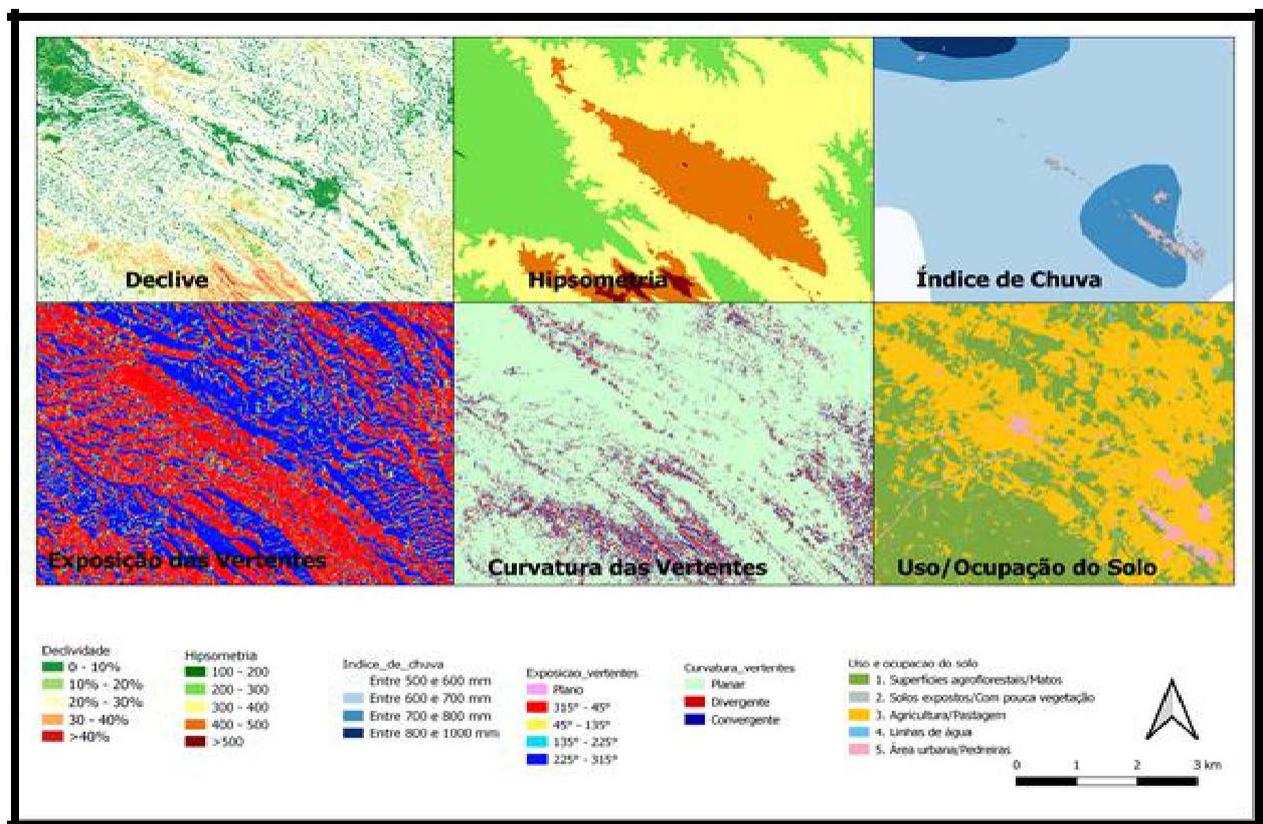


Figura 6.1 – Variáveis utilizadas para a elaboração da carta de suscetibilidade a movimentos de terrenos.

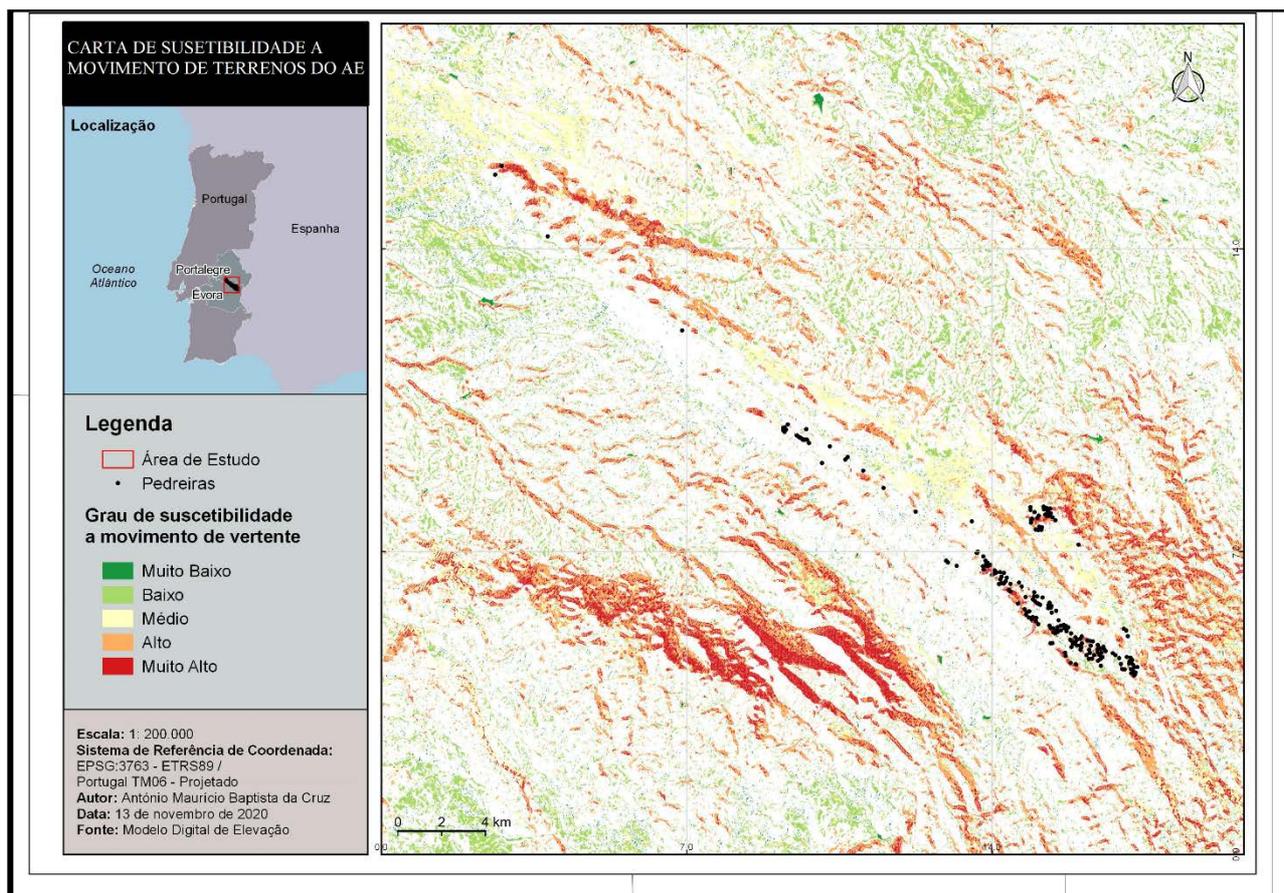


Figura 6.2 – Carta de suscetibilidade a movimentos de terrenos.

Com base na figura 6.2 calculou-se a área (568,84 km<sup>2</sup>) correspondente a área de estudo e as percentagens de distribuição dos diferentes intervalos de suscetibilidade obtidos (Quadro 6.1).

Quadro 6.1 – Distribuição dos níveis de suscetibilidade da carta de suscetibilidade aos movimentos de terrenos do Anticlinal de Estremoz.

Níveis de suscetibilidade	Área (Km <sup>2</sup> )	Percentagem (%)
Muito baixa a nula	30,55	5,37
Baixa	150,44	26,45
Média	133,00	23,38
Alta	166,47	29,26
Muito alta	88,38	15,54
Total	568,84	100

A distribuição dos níveis de suscetibilidade mostra que menos de 6% da área em estudo, apresenta uma suscetibilidade muito baixa a nula, e que aproximadamente, 45% da mesma, apresenta uma suscetibilidade alta a muito alta.

De igual forma compete realçar que esta carta prevê aproximadamente, que 70% dos deslizamentos identificados na área de estudo, encontram-se em zonas de média, alta e muito alta suscetibilidade. Na parte central da área de estudo, onde o relevo é mais irregular com vertentes mais inclinadas, o nível de suscetibilidade apresenta-se alto a muito alto, nas zonas com maior inclinação, e médio a baixo nas zonas aplanadas.

O último grande deslizamento na área do estudo, registou-se em 19 de novembro de 2018, quando a instabilização do talude de uma pedreira provocou o colapso de cerca de 100 m do troço da EM255, entre Borba e Vila Viçosa (figura 6.3).

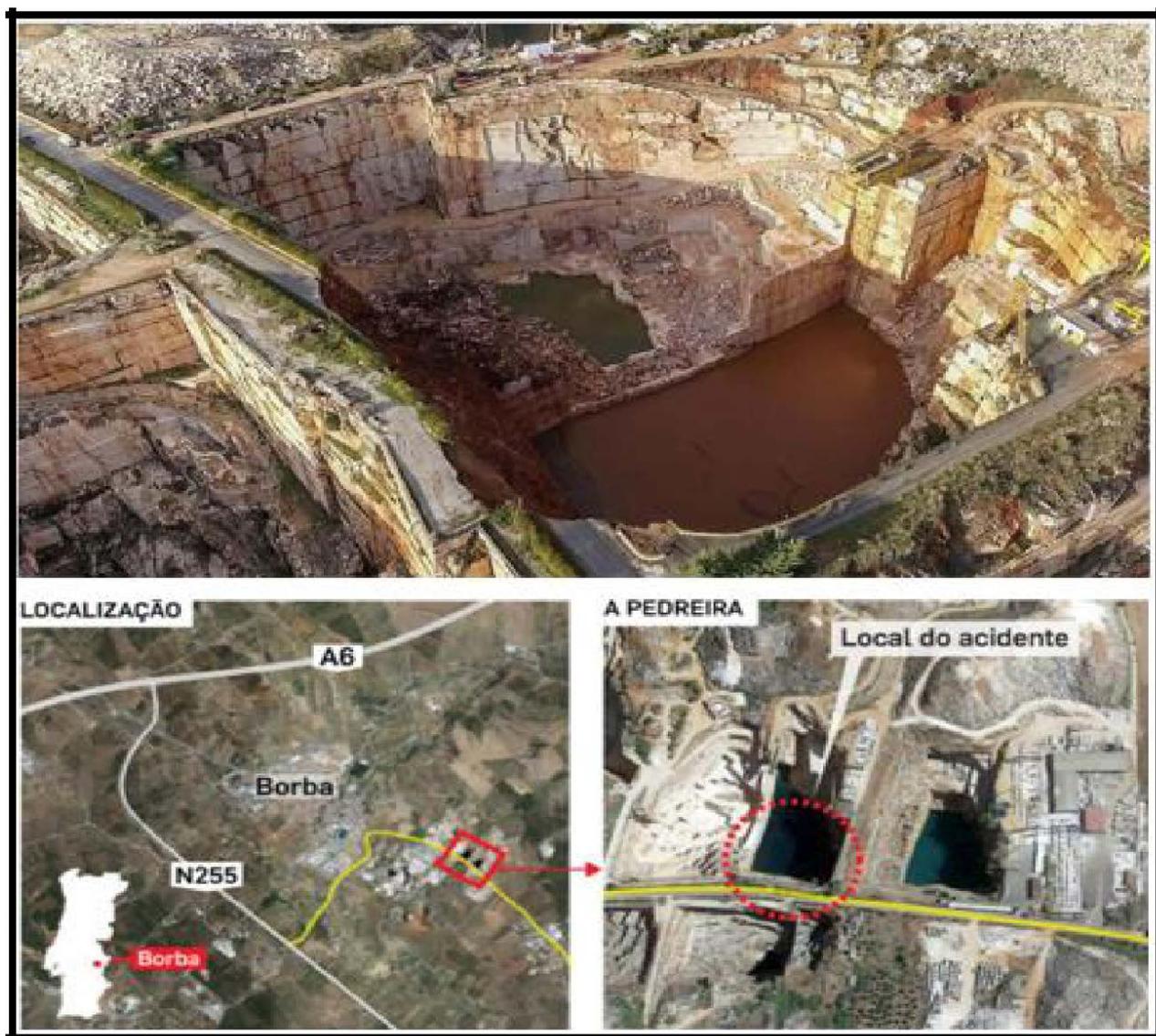


Figura 6.3 – Troço da estrada EM255 que deslizou (Diário de Notícias, disponível em: <https://www.dn.pt/pais/tragedia-de-borba-o-que-se-sabe-e-o-muito-que-ainda-falta-saber-10220502.html>, consultado em 16/09/2021).

## 6.2 Carta de suscetibilidade a cheias e inundações

Na figura 6.4 estão representadas, cartograficamente, as variáveis utilizadas para a elaboração da carta de suscetibilidade a cheias e inundações.

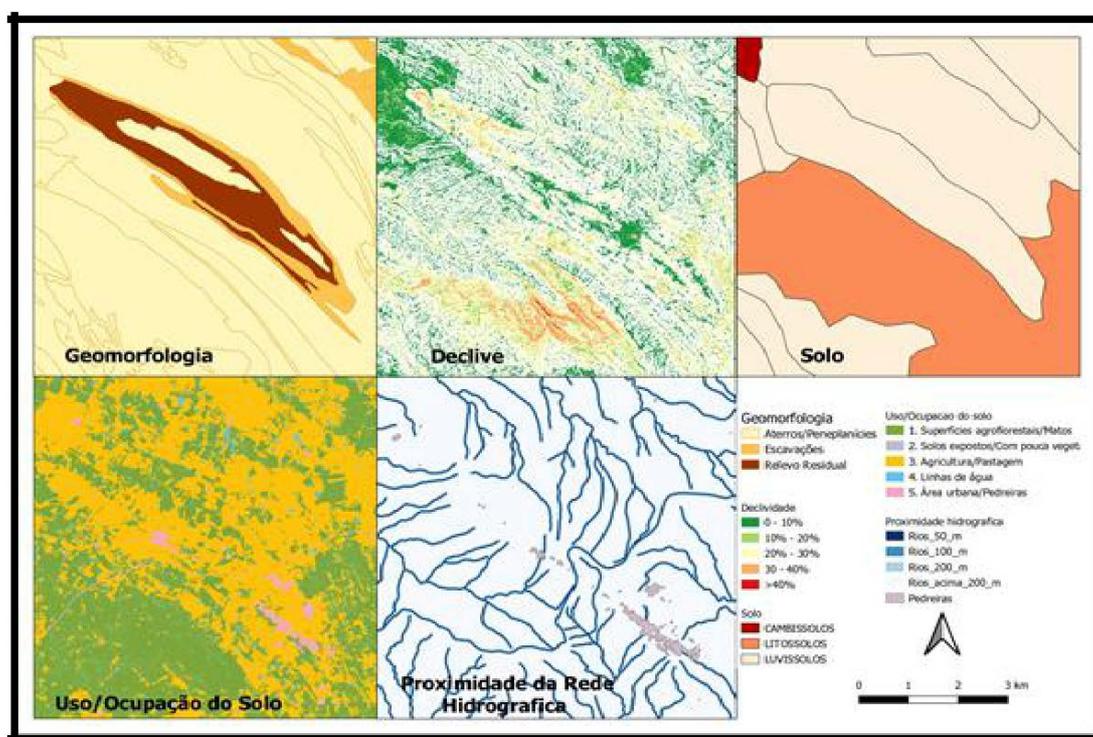


Figura 6.4 – Variáveis utilizadas para a elaboração da carta de suscetibilidade a cheias e inundações.

A suscetibilidade a cheias e inundações, obtida a partir do cruzamento de bases digitais, apresenta as áreas com maior probabilidade de ocorrência de inundação. A partir dos resultados obtidos com a utilização de técnicas de geoprocessamento no cruzamento das várias variáveis, obteve-se a carta de suscetibilidade a cheias e inundações (figura 6.5).

Na figura 6.5 são mostradas as áreas com os vários graus de suscetibilidade a inundações geradas a partir do cruzamento de variáveis, onde o grau de suscetibilidade muito baixa a nula, representa a menor proporção da área de estudo, representando apenas 41,80 Km<sup>2</sup> (Quadro 6.2).

Quadro 6.2 – Distribuição dos níveis de suscetibilidade da carta de suscetibilidade a cheias e inundações do Anticlinal de Estremoz.

Níveis de suscetibilidade	Área (Km <sup>2</sup> )	Percentagem (%)
Muito baixa a nula	41,80	7,35
Baixa	58,04	10,21
Média	116,67	20,51
Alta	159,74	28,08
Muito alta	192,59	33,86
Total	568,84	100

As áreas com graus de suscetibilidade média, alta e muito alta, representam 82,45%, isto representa um problema grave relacionado à possibilidade de perdas humanas, estruturas e materiais no caso de acontecer chuvas intensas e prolongadas, atendendo às características das peneplanícies alentejanas.

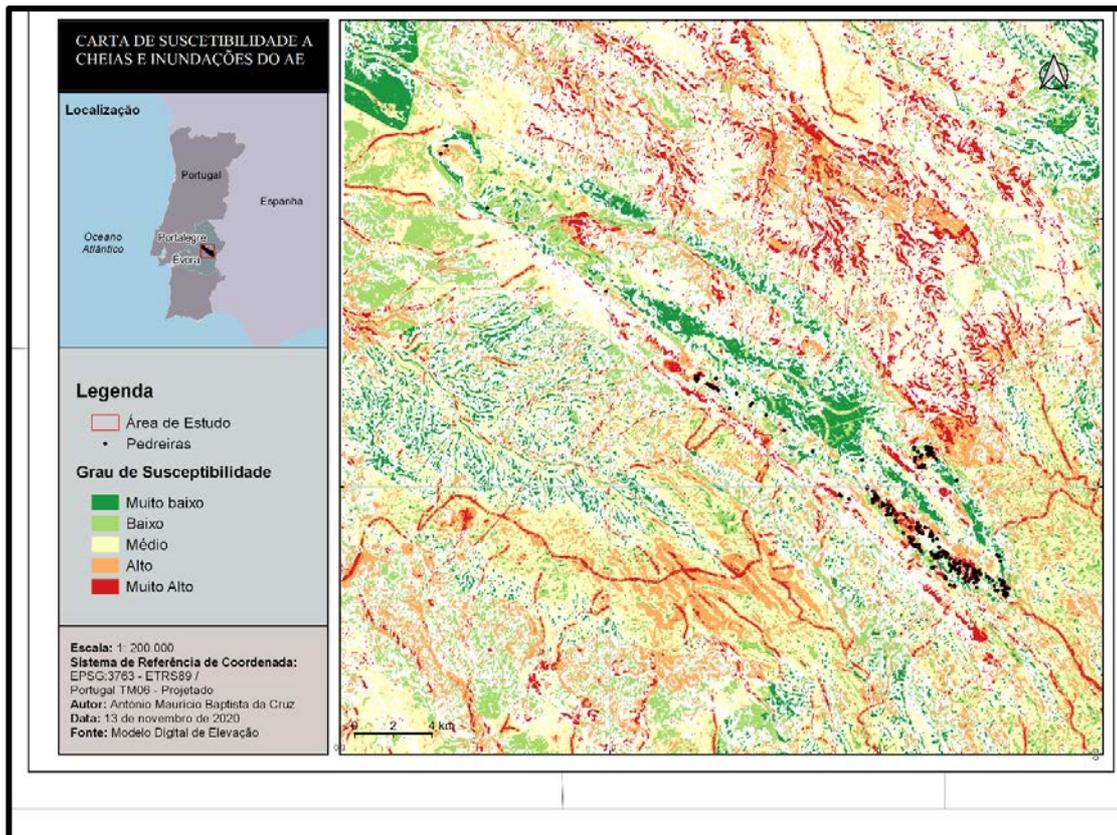


Figura 6.5 – Carta de suscetibilidade a cheias e inundações.

### 6.3 Carta de suscetibilidade a incêndios florestais

Na figura 6.6 estão representadas, cartograficamente, as variáveis utilizadas para a elaboração da carta de suscetibilidade a incêndios florestais.

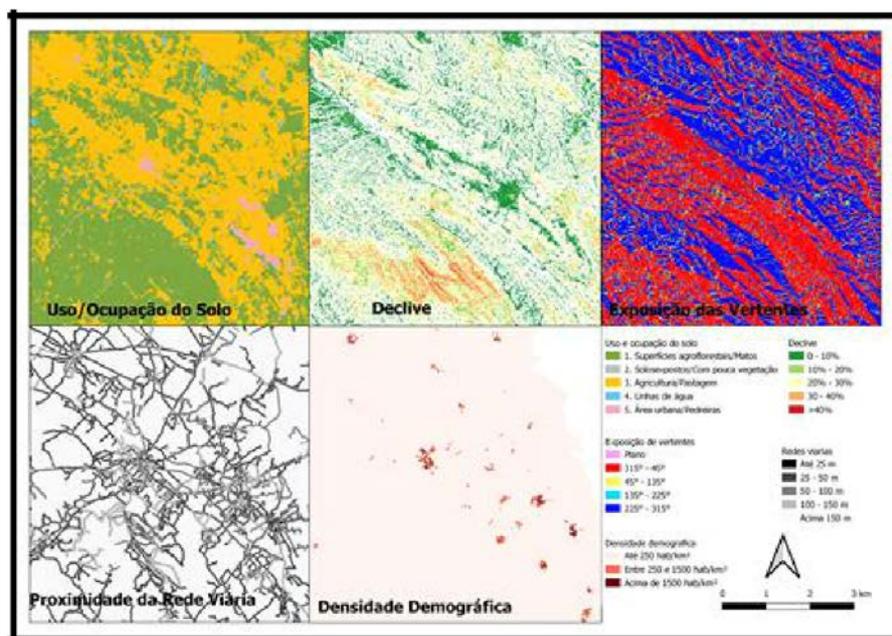


Figura 6.6 – Variáveis utilizadas para a elaboração da carta de suscetibilidade a incêndios florestais.

Na área em estudo, predominam as classes de declive de 0-10% e 10-20%. Segundo Alves (2012), o declive é uma das características topográficas que tem maior influência no comportamento dos incêndios florestais, tendo um efeito significativo na sua propagação. Portanto, quanto maior for a inclinação da vertente, maior será a velocidade de propagação de um fogo ascendente numa encosta, assim como, o comprimento da sua chama (Silva et al, 2010).

A exposição de vertentes é outro fator relevante a ser considerado na elaboração da cartografia de risco de incêndios florestais. As vertentes voltadas a sul e sudoeste em regra, proporcionam condições mais favoráveis para a propagação dos incêndios florestais, devido à maior dissecação dos combustíveis e ao ar ser mais seco, como resultado da maior quantidade de radiação solar incidente (Silva et al, 2010).

Com a inclusão dos cinco critérios definidos elaborou-se a carta de suscetibilidade a incêndios florestais como mostra a figura 6.7.

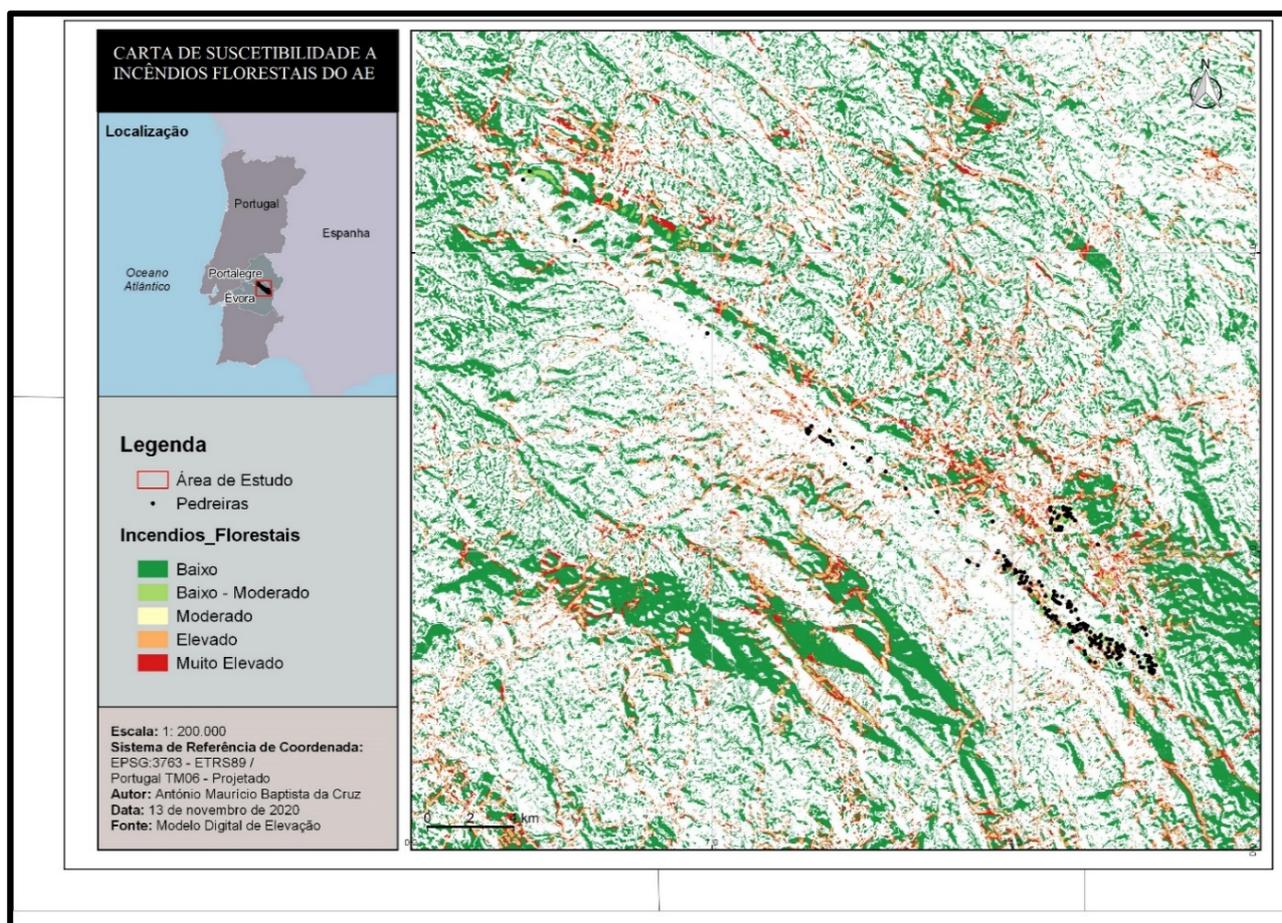


Figura 6.7 – Carta de suscetibilidade a incêndios florestais.

#### 6.4 Carta de suscetibilidade a erosão hídrica

Com a aplicação da metodologia proposta, foram obtidos os mapas temáticos referentes a cada variável (litologia, classe do solo, declives, intensidade da chuva e índice de vegetação) considerada na pesquisa (figura 6.8), estes foram obtidos com base nos dados gerados através da pesquisa.

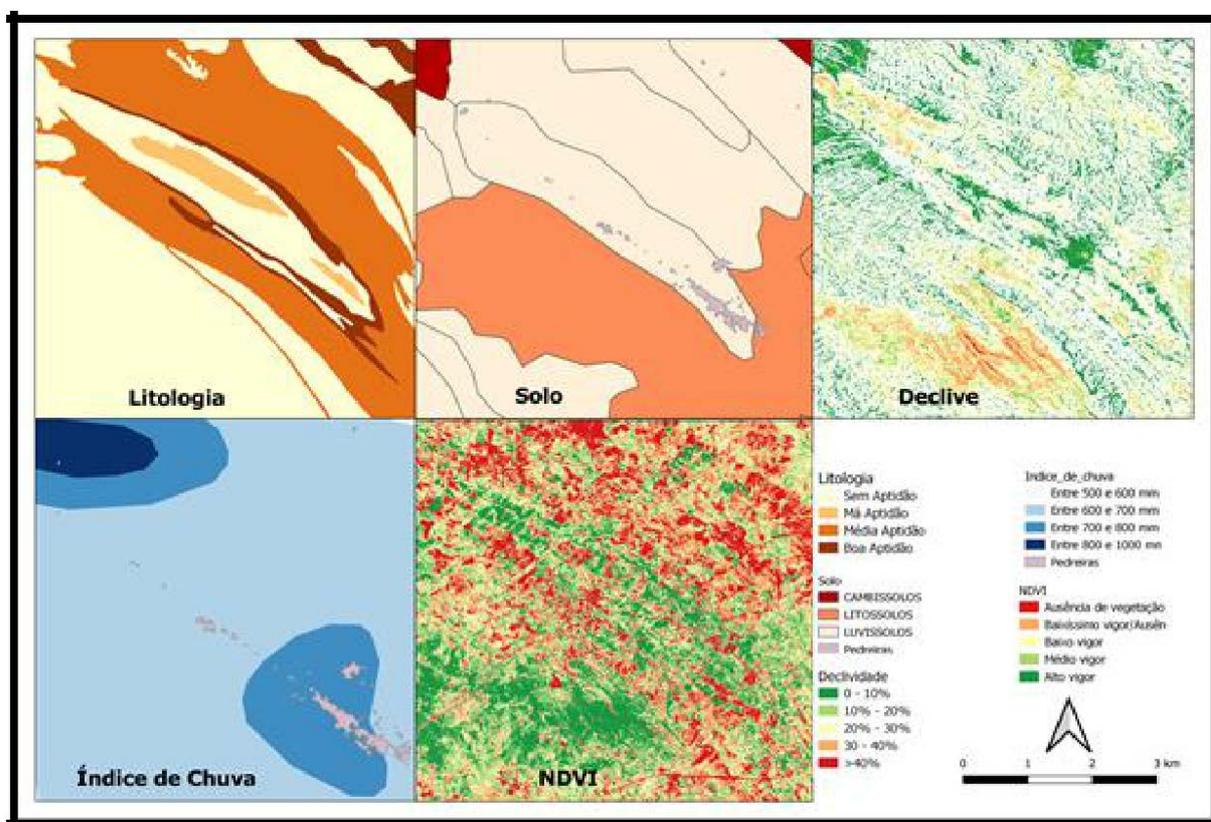


Figura 6.8 – Variáveis utilizadas para a elaboração da carta de suscetibilidade à erosão hídrica do solo.

O mapa de declividade mostrou predominância das classes de 0-10% e 10-20%, sendo que a importância do declive decorre do facto de influenciar o tipo de escorrência, infiltração e movimentação das partículas do solo.

De acordo com os dados expostos, para a elaboração da cartografia da intensidade à erosão hídrica do solo, foi possível identificar os vários atributos na área de estudo. Como resultado do método algébrico foi gerada a carta de suscetibilidade à erosão hídrica do solo da ZOM (figura 6.9).

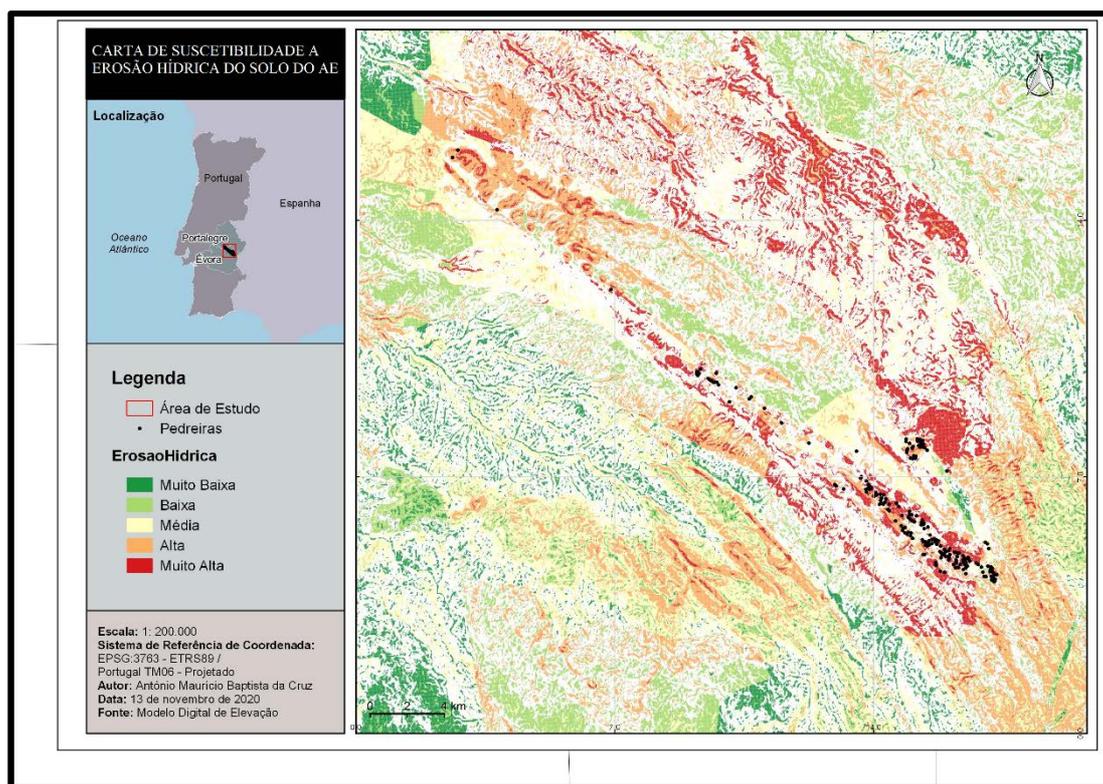


Figura 6.9 – Carta de suscetibilidade à erosão hídrica do solo.

Com base na carta de suscetibilidade à erosão hídrica do solo é possível identificar as áreas do AE que estão passíveis a processos erosivos. O AE possui uma área de 568,84 km<sup>2</sup> onde foram encontrados cinco níveis de suscetibilidade e as suas respetivas percentagens como indica o Quadro 6.3.

Quadro 6.3 – Distribuição dos níveis de suscetibilidade da carta de suscetibilidade à erosão hídria do solo do Anticlinal de Estremoz.

Níveis de suscetibilidade	Área (Km <sup>2</sup> )	Percentagem (%)
<b>Muito baixa a nula</b>	65,43	11,50
<b>Baixa</b>	117,58	20,67
<b>Média</b>	180,99	31,81
<b>Alta</b>	154,94	27,24
<b>Muito alta</b>	49,90	8,77
<b>Total</b>	<b>568,84</b>	<b>100</b>

## 6.5 Carta de suscetibilidade sísmica

A representação da suscetibilidade relacionada com a sismicidade resultou da análise de fatores (figura 6.10) como a intensidade sísmica (1755-1996), segundo o IM (1996), a litologia e as falhas geológicas, a partir da Carta Geológica de Portugal (IGM, 1992). A carta de suscetibilidade (figura 6.11) foi elaborado em QGIS em que SRC (sistema de referência de coordenadas) EPGS: 3763\_ETRS\_1989\_Portugal/TM06-Projetado e utilizou-se como cartografia de base a CAOP-2019, sobre a qual se procedeu o cruzamento das variáveis anteriormente descritas.

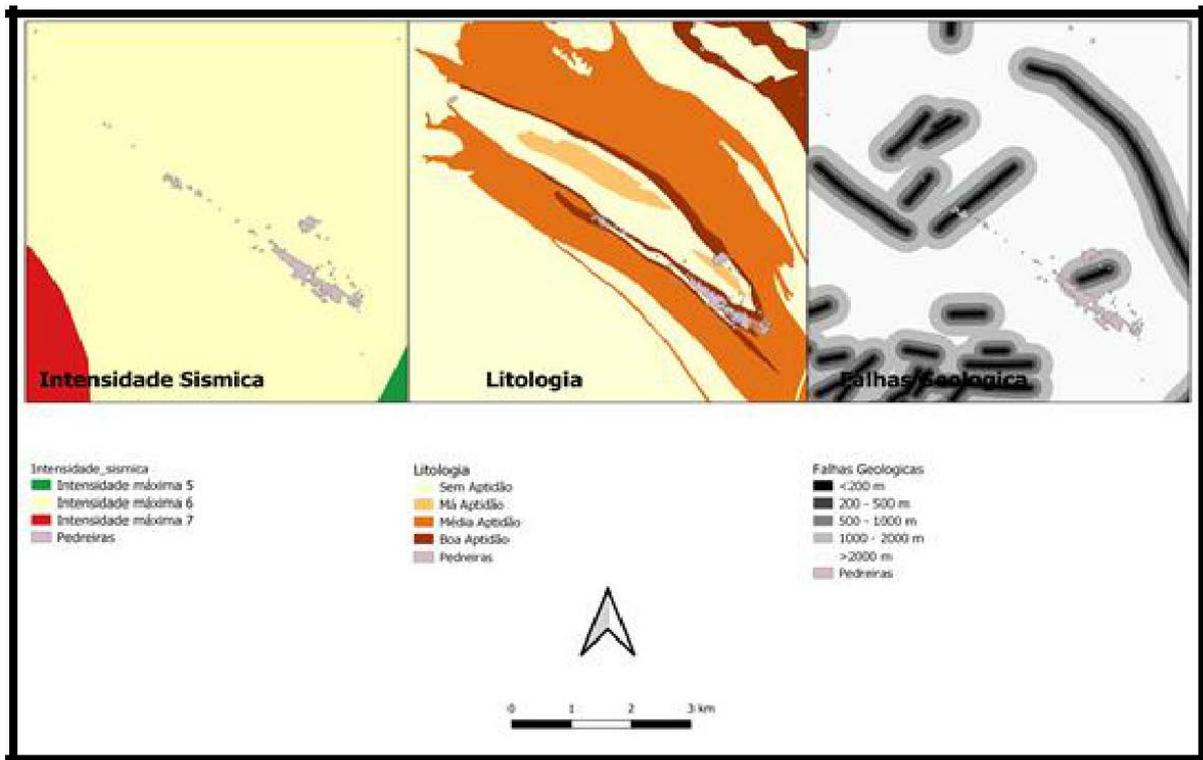


Figura 6.10 – Variáveis utilizadas para a elaboração da carta de suscetibilidade sísmica.

De salientar que o procedimento para a elaboração de cartas de suscetibilidade não é consensual, deixando, portanto, alguma subjetividade nos fatores físicos e humanos a ter em conta na elaboração de uma carta de suscetibilidade sísmica.

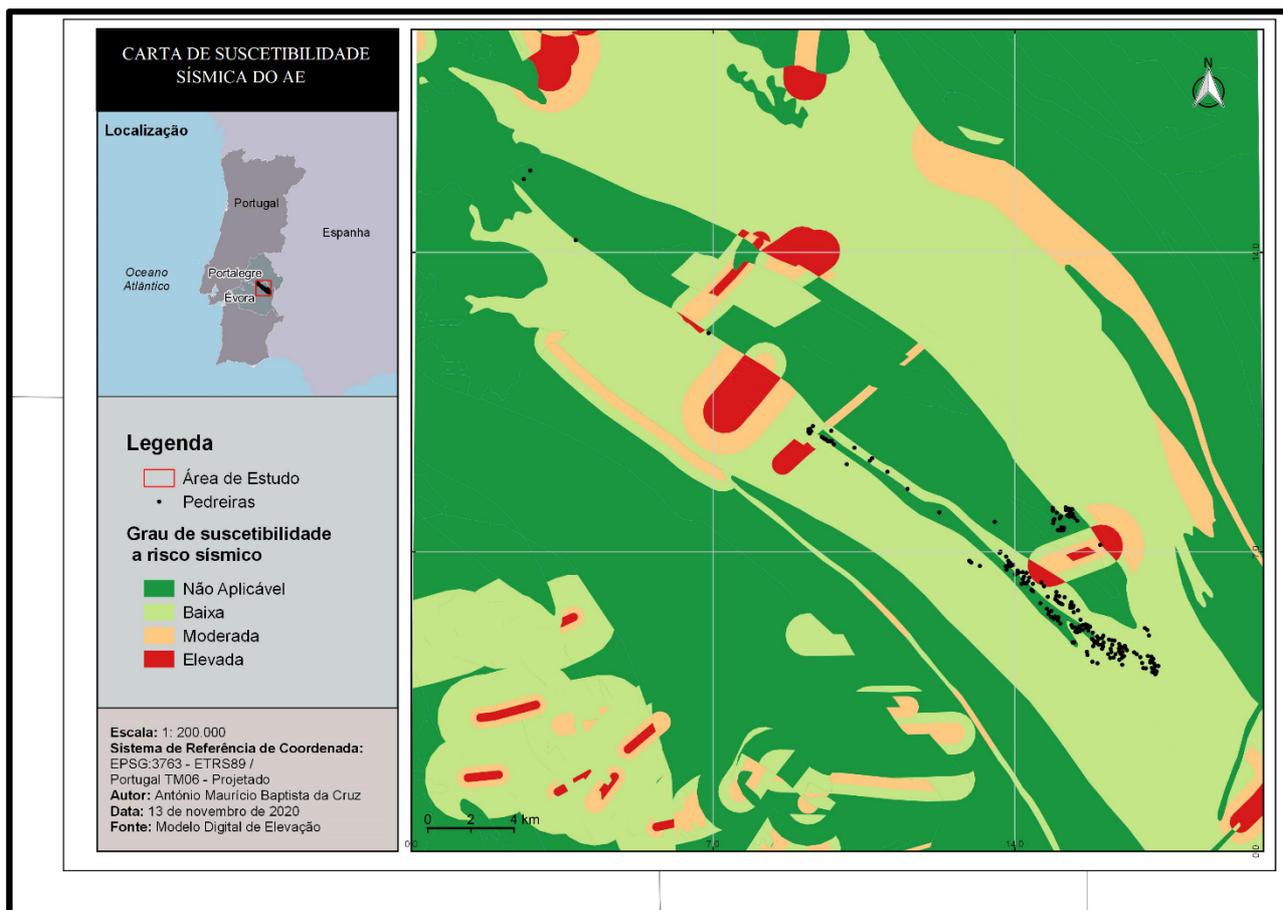


Figura 6.11 – Carta de suscetibilidade sísmica.

A carta mostra que a suscetibilidade predominante na área de estudo é baixa, sendo considerada moderada a elevada nas zonas onde se regista maioritariamente a atividade extrativa, tendo em conta a carta de uso/ocupação do solo verificamos também que a zona aonde tem o risco mais alto são nas áreas urbanas e pedreiras.

De salientar também a importância das características geológicas e geotécnicas das rochas presentes no território, isto é, se as rochas são capazes de modificar substancialmente o sinal sísmico de modos a favorecer a propagação das ondas e conseqüentemente produzir uma amplificação significativa do movimento do solo.

## 6.6 Carta de suscetibilidade a acidentes rodoviários e ferroviários

A figura 6.12 representa a carta de suscetibilidade a acidentes rodoviários e ferroviários do AE, a suscetibilidade a acidentes graves está associada ao tipo de via, ao tráfego automóvel, utilidade da via, mas principalmente a velocidade de circulação.

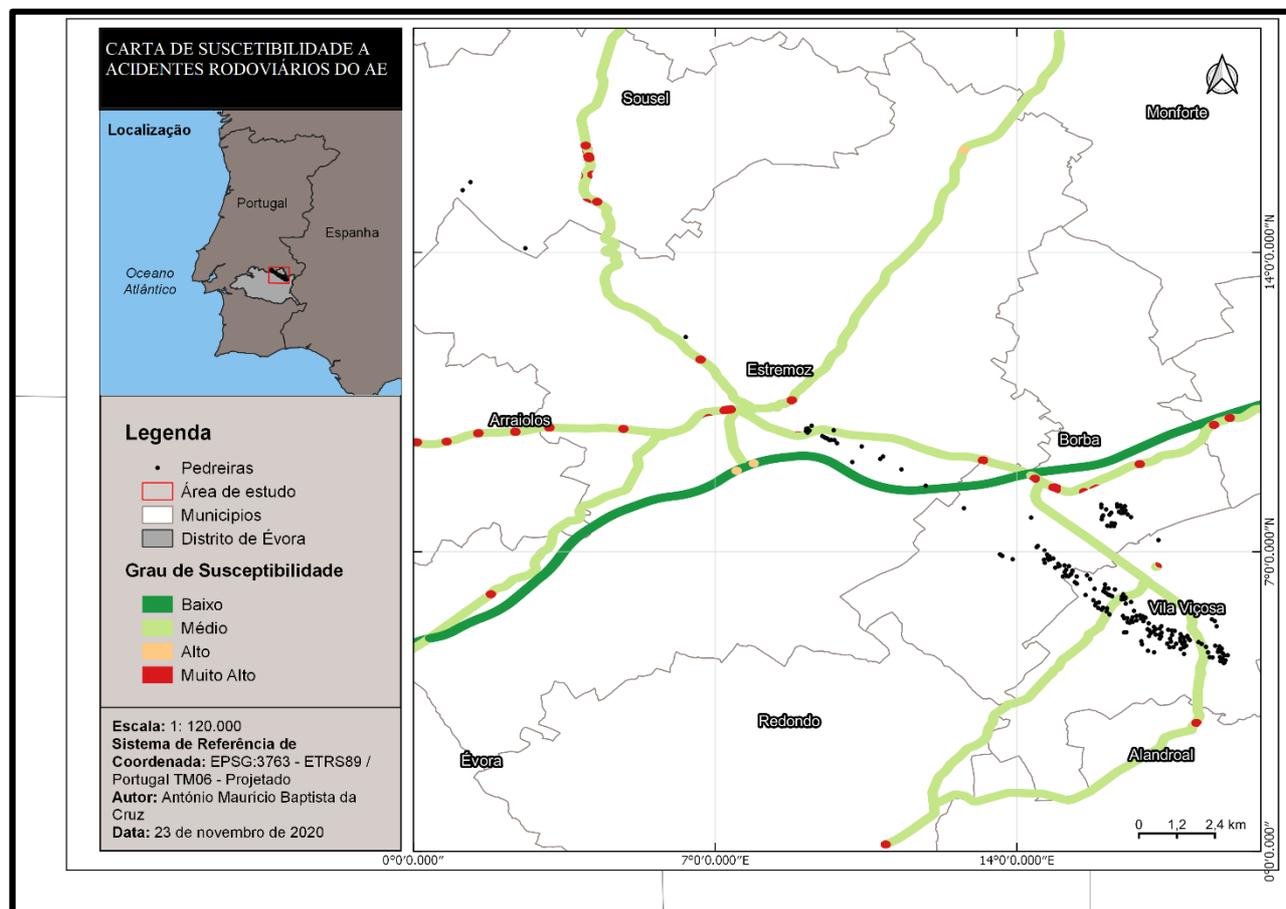


Figura 6.12 – Carta de suscetibilidade a acidentes rodoviários.

Para a elaboração da carta de suscetibilidade teve-se em conta o tipo de via, velocidade máxima da via e os cruzamentos, estes foram considerados como fatores de risco.

Os procedimentos para elaboração da carta foram:

1. Foi criado um buffer de 200 metros para as camadas de vias e cruzamentos;
2. Interseção entre as camadas;
3. Atribuição do peso de cada variável;
4. Cálculo da média de fragilidade entre as variáveis (tipo de via, velocidade e presença de cruzamentos);
5. Classificação das áreas de risco pelo método de Quebra Natural (Jenks) em baixo, médio alto e muito alto.

## 6.7 Carta de suscetibilidade de acidentes industriais

Na figura 6.13 esta representada a carta de suscetibilidade de acidentes industriais do AE, nesta carta a tipologia das indústrias é a indústria extrativa do mármore localizadas no anticlinal (zona dos mármore).

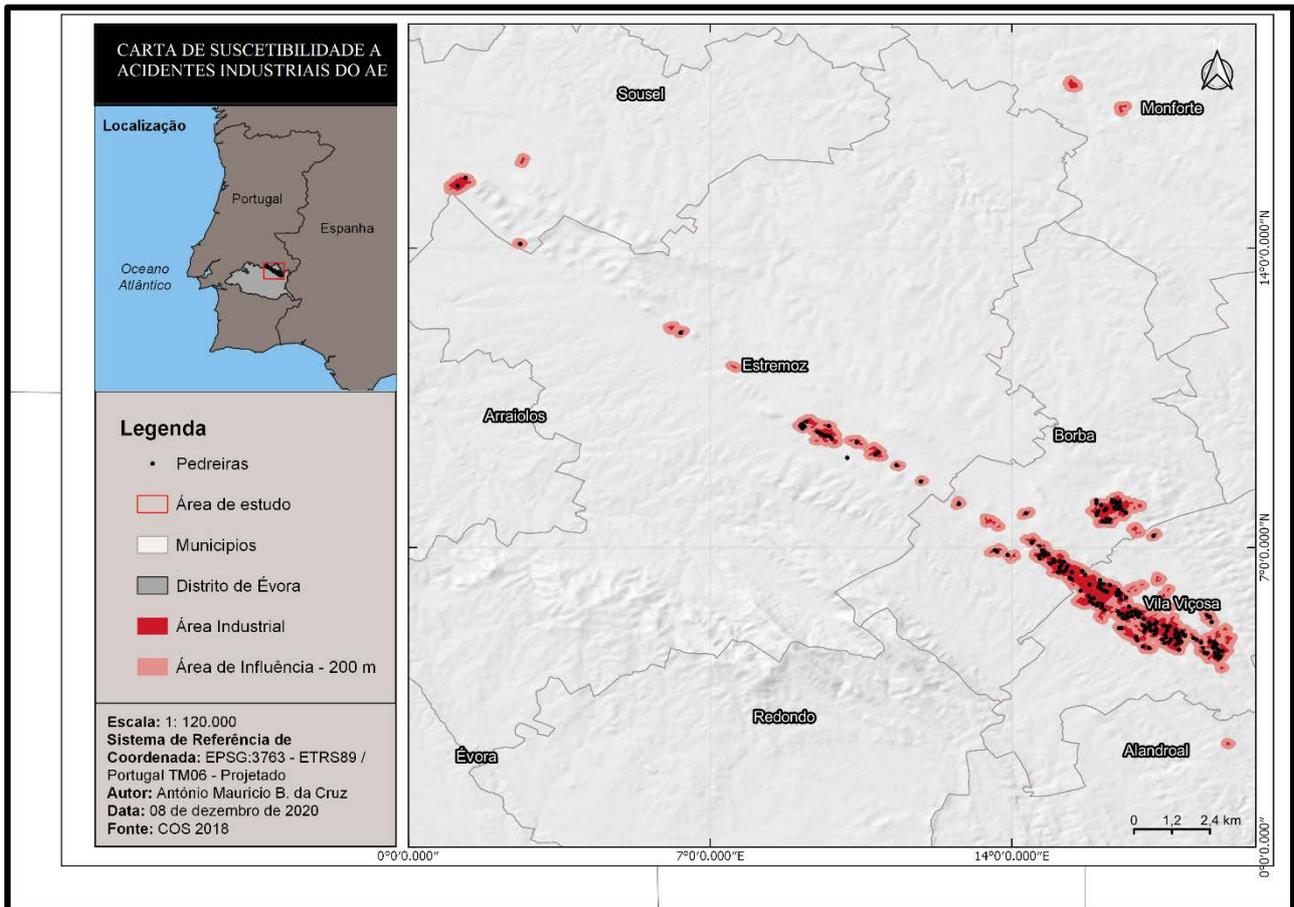


Figura 6.13 – Carta de suscetibilidade a acidentes industriais.

No AE, o risco de acidentes industriais está disperso por todo anticlinal, como é possível verificar na carta. Devido a tipologia da indústria e o cruzamento das várias variáveis, assim como, os elementos expostos para a elaboração da carta, verifica-se que nesta zona a suscetibilidade é elevada. Os acidentes industriais derivados da atividade extrativa são em regra, muito graves, provocando incapacidade temporária ou permanente dos trabalhadores e muitas vezes, perda de vidas humanas.

## 6.8 Carta de suscetibilidade à erosão hídrica do solo por influência antrópica.

A figura 6.14 representa a carta de suscetibilidade à erosão hídrica do solo, por análise, pode-se aferir que a influência antrópica pode gerar modificações na dinâmica natural das variáveis do meio físico.

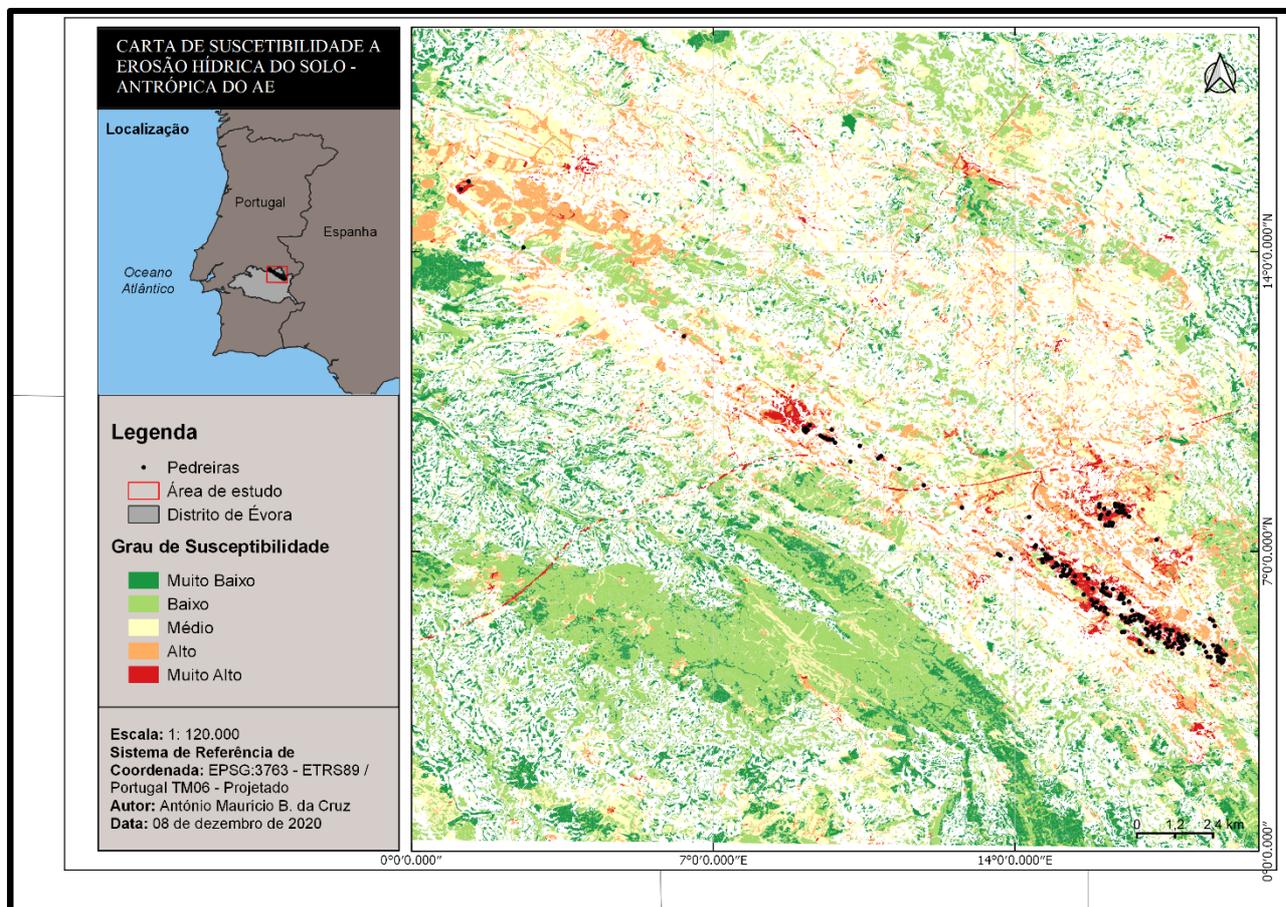


Figura 6.14 – Carta de suscetibilidade à erosão hídrica do solo por influência antrópica.

Uma breve comparação com a figura 6.9, verifica-se que há menos influência antrópica, no entanto, sendo mais evidenciada ao longo do anticlinal, nas zonas de extração devido ao uso e ocupação do solo.

### Avaliação/análise de risco ambiental

A avaliação/análise de risco é um estudo que visa identificar os perigos de uma atividade, projeto ou área, seguida da estimativa do risco existente para os possíveis destinatários, que podem ser bens, pessoas ou ambientais. Além disso, devem ser propostas medidas de gestão, tanto preventivas como de emergência em caso de acidente, de forma a reduzir o risco e minimizar as consequências adversas (danos). A avaliação de risco ambiental pode ser feita de uma forma global, sem ter apenas em conta um determinado risco.

A carta de suscetibilidade ambiental do AE para avaliação/análise de risco ambiental, foi elaborada recorrendo à equação 6.1 (Monteiro, 2012), para tal e numa primeira etapa deu-se o tratamento

dos dados pela AHP. O tratamento dos dados consistiu na elaboração dos mapas temáticos (naturais e antrópicos) relacionados com a suscetibilidade ambiental no AE e a conversão dos dados para o formato adequado. Na AHP, para cada mapa temático foi atribuído um valor de influência (em percentagem, cuja soma é igual a 100%) a cada variável de acordo com a importância na suscetibilidade ambiental do AE, enquanto as feições mapeadas de cada aspeto receberam pesos em uma escala de 1 a 5, de forma a crescente de suscetibilidade ambiental.

$$\text{Suscetibilidade Ambiental} = \Sigma[\text{SN} + \text{SA}] \quad (6.1)$$

Em que SN é o somatório dos mapas temáticos de suscetibilidade natural e SA os mapas temáticos de suscetibilidade antrópica.

A carta de suscetibilidade ambiental representada na figura 6.15, é resultado do cruzamento da carta de suscetibilidade natural com a carta de suscetibilidade antrópica (em anexo), neste procedimento, as informações cruzadas e os respectivos pesos atribuídos tiveram uma cautelosa avaliação para que o resultado do cruzamento representasse da melhor forma possível à síntese desejada.

Na elaboração da carta de suscetibilidade ambiental foram atribuídos pesos de 70% e 30%, respetivamente, para as cartas de suscetibilidade natural e antrópica. Por meio deste é possível verificar a veracidade das informações mapeadas e modeladas e obter uma análise integrada das variáveis do meio físico e antrópico, permitindo apontar as áreas mais suscetíveis.

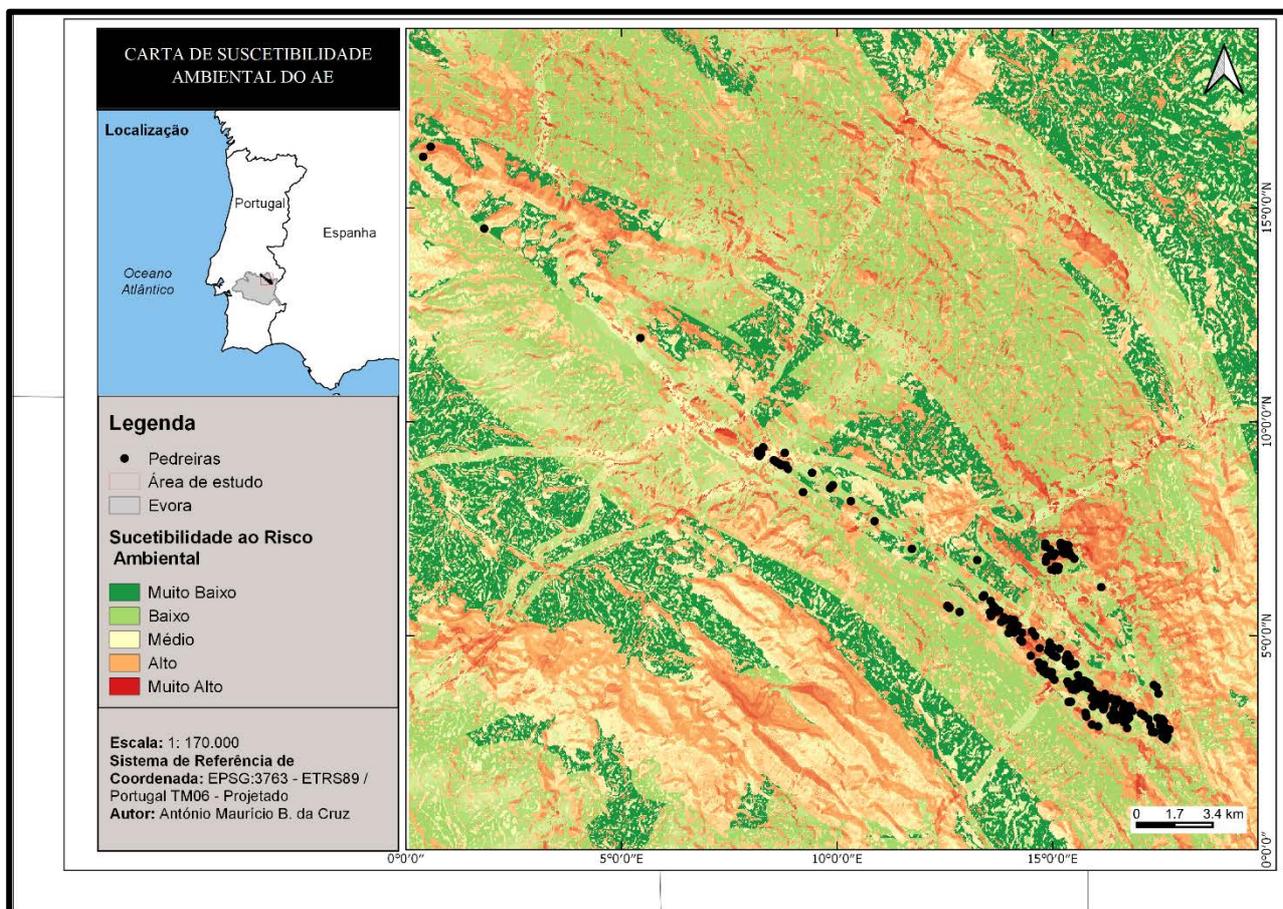


Figura 6.15 – Carta de suscetibilidade ambiental do AE

Os fatores antrópicos determinados pelo uso/ocupação do solo, associados aos fatores naturais, determinados pelas feições geológicas, declive e solo são condicionantes da origem e aceleração da suscetibilidade ambiental, devido a estes fatores e outros mencionados, o AE mostrou 5 classes de suscetibilidade ambiental.

Também, podemos observar na carta que a região, central e sul do anticlinal é caracterizada pelos menores índices de suscetibilidade (muito baixa e baixa), isto deve-se ao facto que nesta região a litologia predominante varia de sem a má aptidão indicando que uma maior distância dos usos antrópicos interfere diretamente para os menores graus de suscetibilidade ambiental.

Às áreas com suscetibilidade média, alta e muito alta se encontram na extremidade do anticlinal, norte e na região SW, nestas regiões predominam as classes de média a boa aptidão e onde predominam as classes geomorfológicas de escavações e relevos residuais, o que demonstra um de influência do risco antrópico.

As áreas de suscetibilidade ambiental mais representativa são as classificadas como média, alta e muito alta totalizando 54% do AE, enquanto as áreas muito baixa e baixa correspondem a 46%, como mostra a figura 6.16.

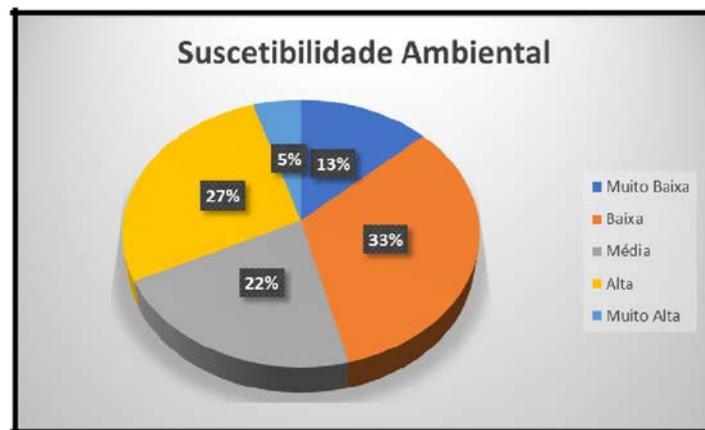


Figura 6.16– Suscetibilidade ambiental

Como caso de estudo, a nível exemplificativo, fez-se a análise do risco ambiental para um local aleatório da zona de estudo (figura 6.17).

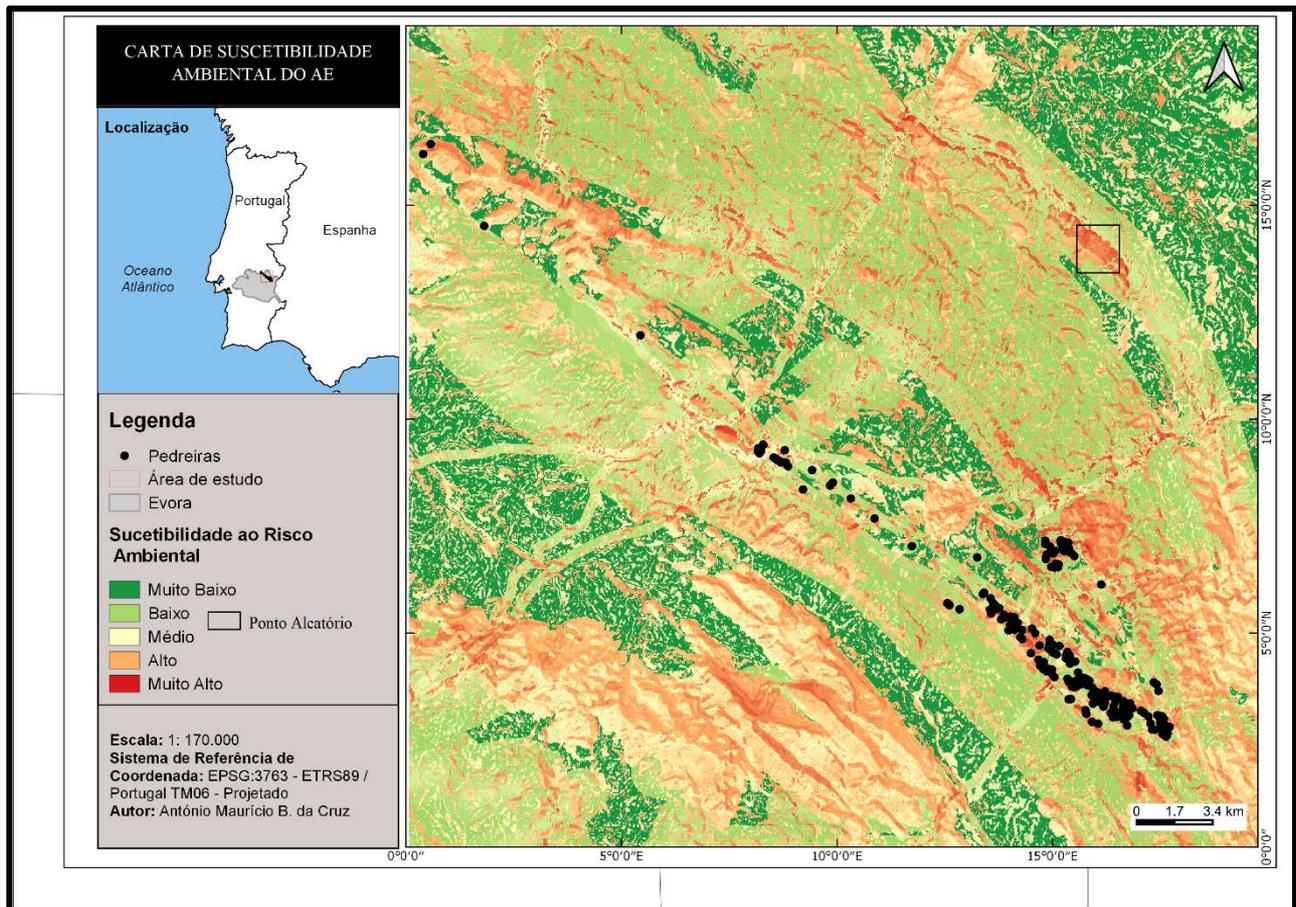


Figura 6.17 – Carta de suscetibilidade ao risco ambiental do AE, com o ponto aleatório

Numa primeira etapa, procedeu-se à análise de toda a cartografia de suscetibilidade ambiental produzida para um local aleatório e fez-se a ponderação do peso de cada risco identificado no AE. O valor do peso ponderado, como é normal, deverá ser igual a 100%, sendo atribuído para cada risco específico uma percentagem correspondente ao peso relativo que esse tem para o peso total, e em seguida proceder o cálculo para cada risco de acordo com a equação 6.2 (Monteiro, 2012).

$$Risco = \frac{Peso\ Ponderado * Valor\ de\ Risco}{100\%} \quad (6.2)$$

Em que o peso ponderado é atribuído segundo uma análise pessoal e subjetiva do peso que cada risco considerado poderá ter no AE; e o valor do risco é obtido, segundo os valores das cartas de risco elaboradas para o local de estudo (sendo que 0 = risco nulo; 1 = risco reduzido; 2 = risco moderado; 3 = risco elevado).

Sendo assim, para uma análise quantitativa mais precisa do risco ambiental, definiu-se 5 classes de risco ambiental, onde podemos fazer a conversão numérica do risco ambiental, para a escala dos riscos descritos na figura 6.18.



Figura 6.18 – Esquema de conversão dos valores de Risco Ambiental (adaptado de Monteiro, 2012)

No quadro 6.4 estão elencados todos os riscos ambientais (naturais e antrópicos) identificados para o cálculo do risco ambiental no AE.

Quadro 6.4 – Cálculo de risco ambiental.

Risco (R)	Peso Ponderado (%)	Valor de Risco	Total
Movimento de Vertentes (MV)	20	3	0,6
Cheias e Inundações (CI)	12	1	0,24
Incêndios Florestais (IF)	6	0	0
Erosão Hídrica do Solo (EHS)	11	3	0,33
Riscos Sísmicos (RS)	7	0	0
Acidentes Rodoviários e Ferroviários (ARF)	13	1	0,13
Acidentes Industriais (AI)	17	2	0,34
Erosão Hídrica do Solo (ERS)	14	3	0,42
		Suscetibilidade Ambiental	2,36

Para o ponto selecionado, neste caso de estudo, o valor do risco ambiental obtido foi de 2,36, o que corresponde ao nível de risco moderado a elevado, tendo em conta o valor obtido ser aproximado a 2,4 e visivelmente o ponto selecionado está numa zona em que o nível de suscetibilidade varia do alto a muito alto pode-se atribuir o valor de 2,4 e considerar como risco elevado. Para este local específico pode-se verificar que os valores dos riscos variam de risco moderado a elevado há risco elevado respetivamente, somente os riscos sísmicos e incêndios florestais têm risco nulo, embora não sejam nulos, e não sendo possível apresentar valores concretos, no âmbito deste trabalho foram assim considerados.

Perante ao exposto, as áreas classificadas quanto à suscetibilidade ambiental devem ser consideradas na gestão e planeamento do AE, de forma a buscar a proteção daquelas mais frágeis ambientalmente.

Desta forma, considera-se relevante a elaboração da cartografia de risco e a produção de um SIG para avaliação/análise de riscos ambientais do AE, de forma a identificar potenciais danos ambientais, com vista à criação de um plano de emergência e otimização de recursos e meios, o que permitirá uma boa gestão das emergências relacionadas com acidentes graves de uma forma geral.

## VII – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O risco é um conceito que envolve aspectos socioeconômicos, está relacionado com as perdas ou prejuízos resultantes da ocorrência de um evento perigoso de natureza diversa. O seu significado associa-se à vulnerabilidade de pessoas e bens quando sujeitas a fatores de risco ambientais (naturais e antrópicos) numa determinada região. Por conseguinte, identificar, perceber e criar as condições necessárias para enfrentar o risco nas suas várias vertentes é, hoje, um objetivo importante para qualquer sociedade organizada. Conforme apresentado nesta dissertação, a investigação centra-se na incidência dos riscos ambientais (naturais e antrópicos) no Anticlinal de Estremoz, Zona dos Mármore, avaliando a suscetibilidade ambiental decorrente do uso/ocupação do solo e da atividade extrativa do mármore. Para tal foi desenvolvida uma cartografia com recurso aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG's) como forma de análise na avaliação dos riscos associados à atividade extrativa e outros riscos naturais e antrópicos identificados na região, com a finalidade de constituir uma ferramenta para o ordenamento e gestão do território que servirá de auxílio aos órgãos públicos na solução de problemas relacionados a riscos ambientais, com fluidez, praticidade e que possa ser atualizada de acordo com as mudanças na legislação vigente, para que possam ser tomadas medidas de mitigação e prevenção das áreas mais críticas.

A AHP mostrou-se eficaz, pois através desta ferramenta foi possível combinar todas as variáveis identificadas e elaborar mapas síntese, o que permitiu avaliar o grau de suscetibilidade ambiental no AE. As aplicações das ferramentas de SIG colaboram para a geração de informações, capazes de comprovar a fragilidade de áreas com uma certa suscetibilidade ambiental e perceber a sua dispersão pela área de estudo. Por outro lado, deve-se realçar que a avaliação das áreas com suscetibilidade ambiental não é uma ciência exata, mas sim uma ciência baseada na interpretação de dados, em que a qualidade desses dados é o fator mais importante.

A metodologia experimental utilizada para a elaboração da carta de suscetibilidade ambiental do AE pode ser considerada como uma importante ferramenta para o ordenamento do território, orientada para o correto uso do solo, sob a forma cartográfica e analítica, e passível de utilização pelas entidades de gestão do território, podendo ser adaptada a outras regiões, tendo sempre em consideração as características geológicas-geotécnicas distintas de cada região na atribuição dos pesos e pontuações a essas características.

Em conclusão, pode-se afirmar que o AE apresenta uma considerável suscetibilidade ambiental, onde a maior parte da sua área está exposta aos riscos ambientais de média a muito alta intensidade, portanto, é importante que as juntas de freguesia, câmaras municipais e a população tenham consciência do cenário ambiental em que o AE se enquadra. O mapa de suscetibilidade ambiental e toda a sua base digital de dados cartográficos elaborados neste trabalho pode ser aplicada para apoiar os gestores (PNOT, PROT e PROZOM) na tomada de decisões que possibilitam um melhor ordenamento da atividade extrativa no AE.

Para tal, os gestores do ordenamento do território devem contar com um conjunto de colaboradores das mais diversas especialidades e, entre eles, aqueles que tratam de questões de proteção civil ou de gestão de emergências.

Com base na metodologia utilizada, nos dados manuseados e nos resultados obtidos para a elaboração desta dissertação, são recomendadas as seguintes sugestões para trabalhos futuros e manutenção da carta de suscetibilidade ambiental do AE:

- Colaboração e inserção com outros estudos realizados na região, como por exemplo a cartografia geológica de pormenor publicada em treze folhas à escala 1:10.000 e levantamentos realizados a escalas maiores (1:5.000 e mesmo 1:2.000);
- Avaliação regular e/ou permanente das mudanças no uso e ocupação do solo;
- Atualização periódica do mapa de suscetibilidade ambiental;
- Aplicação de estudos com objetivos e metodologias semelhantes a esta pesquisa;
- Modelos e financiamentos para a gestão/mitigação dos riscos;
- Elaboração da carta de elementos expostos da região;
- Realização de estudos com escalas maiores incluindo trabalhos de campo.

## BIBLIOGRAFIA

- AGROFORUM. (2015). Revista da Escola Superior Agrária de Castelo Branco. Publicação Semanal Ano 23, nº 34. Castelo Branco: Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Castelo Branco, 12-19 p.
- ALVES, P. (2012). Probabilidade de Ignição e Suscetibilidade de Incêndios Florestais. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Letras da Universidade do Porto. Porto, 66 – 70p.
- ALVES, R. (2007). Políticas de Planeamento e Ordenamento do Território no Estado Português, Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa, 641 p.
- AMARAL JÚNIOR, A. (2007). Mapeamento Geotécnico Aplicado a Análise de Processos de Movimentos de Massa Gravitacionais. Costa Verde – RJ – Escala 1:10.000. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, S. São Paulo, 191p.
- ANTENUCCI, J., BROWN, K., CROSWELL, P., ARCHER, H., & KEVANY, M. (1991). Geographic Information Systems: A Guide to the Technology. Van Nostrand Reinhold. New York, NY. 301 p.
- AUGUSTO FILHO, O., & VIRGILI, J. (2004). Estabilidade de Taludes. In: Oliveira, A.M.D; Brito, S.N.A.D. (Eds). Geologia de Engenharia 2ª ed. São Paulo: ABGE, 244-269 P.
- BARIN, A., CANHA, L., MAGNAGO, K., & ABAIDE, A. (2010). Seleção de Fontes Alternativas de Geração Distribuída Utilizando uma Análise Multicriterial no Método AHP e na Lógica Fuzzy. Controle e Automação, 477-486 p.
- BERTONI, J., & LOMBARDI NETO, F. (1999). Conservação do Solo. ÍCONE, 4º. São Paulo.
- BONNA, J. (2011). Mapeamento Pedológico e de Suscetibilidade Erosiva no Alto Córrego Prata (Ouro Preto-MG). Dissertação de Mestrado em Geografia na Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 119 p.
- CARMO, F. (2014). Planos Regionais de Ordenamento do Território e Governança Territorial: Do Discurso às Evidências da Prática. Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, 252-265.
- CARVALHO J, VINTÉM C, HENRIQUES P, FALÉ P, LUÍS G, MIDÕES C, ANTUNES C, DILI A, SAÚDE J, BONITO N, SOBREIRO S (2008) Cartografia Temática do Anticlinal. CEVALOR & INETI, 36 p.
- CARVALHOSA, A., GONÇALVES, F., & OLIVEIRA, V. (1987). Notícia Explicativa da Folha 36-D (Redondo) da Carta Geológica de Portugal à Escala 1:50.000, Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.
- CLARK, M., & SMALL, J. (1982). Slopes and Weathering. Cambridge. Cambridge University Press. Cambridge.
- COMISSÃO EUROPEIA. (1996). Guia Para a Avaliação de Riscos no Local de Trabalho. Serviço das Publicações Oficiais das Comunidades Europeias. Bruxelas.
- CORREIA, F. (1989). O Plano Urbanístico e o Princípio da Igualdade. Coimbra: Almedina.

- CUNHA, S., & GUERRA, A. (2010). Degradação Ambiental. In: Guerra, J.T; Cunha, S. B. Geomorfologia e Meio Ambiente. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 9ª edição, 337-396 p.
- DECRETO-LEI nº 10/2009 de 29 de maio de 2009 da Assembleia da República. Diário da República: I Série, Nº 104/2009. Disponível em [www.dre.pt](http://www.dre.pt).
- DECRETO-LEI nº 254/2007 de 12 de julho do Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Diário da República: I série, Nº 96/82/CE. Disponível em [www.dre.pt](http://www.dre.pt).
- DECRETO-LEI nº 58/2007 de 4 de setembro da Assembleia da República. Diário da República: I Série, Nº 170/2007. Disponível em [www.dre.pt](http://www.dre.pt).
- DECRETO-LEI nº 99/2019, de 5 de setembro da Assembleia da República. Diário da República: I série, Nº 170/2019. Disponível em [www.dre.pt](http://www.dre.pt).
- DGOT (1988). Carta Europeia do Ordenamento do Território, Direcção-Geral do Ordenamento do Território.
- DIAS, J., SILVA, J., & ZAIDAN, R. (2004). Geoprocessamento Aplicado à Análise Ambiental: O Caso do Município de Volta Redonda/RJ. Rio de Janeiro: Bertrand 143-177 p.
- EPA. (2020). United States Environmental Protection Agency. Risk assessment. Disponível em: <https://www.epa.gov/>; consultado a 15 de junho 2021.
- ERHSA. (2000). Estudos dos Recursos Hídricos subterrâneos do Alentejo (Relatório Técnico). Sistema Aquífero de Estremoz Cano, 1-21 p.
- FIDALGO, D. (2012). A aplicação de Ferramentas SIG na Delimitação de Reserva Ecológica Nacional e Reserva Agrícola Nacional para o concelho de Mêda. Escola Superior Agrária. Castelo Branco.
- FIDALGO, E. (2003). Critérios Para a Análise de Métodos e Indicadores Ambientais Usados na Etapa de Diagnóstico de Planeamentos Ambientais.
- FORTES, M. (2007). Sistema de Informação Geográfica na Gestão do Cadastro Urbano Municipal Aplicado ao Município da Praia.
- FRIAS, R. (2013). Prevenção e Análise de Riscos Naturais - A articulação entre os Planos Directores Municipais e os Planos Municipais de Emergência. Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em Urbanismo e Ordenamento do Território. Lisboa: Instituto Superior Técnico de Lisboa, 3 p.
- GONÇALVES, F., & COELHO, A. (1974). Notícia explicativa da folha 36-B (Estremoz) da Carta Geológica de Portugal à Escala 1:50 000, Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.
- GONÇALVES, F. (1972). Observações sobre o Anticlinório de Estremoz. Alguns Aspectos Geológico-Económico dos Mármore. Estudos, Notícias e Trabalhos dos Serviços de Fomento Mineiro, Porto.
- HENRIQUES, P.; CARVALHO, J.; FALE, P. & LUIS, G. (2006). Estudos Geológicos Aplicados à Indústria Extractiva de Mármore no Anticlinal de Estremoz: O Caso do Núcleo de Pardais In: Comunicações Geológicas, Tomo 93 (2006), 159-184 p.

- IBÁÑEZ, J., & CARMONA, E. (2000). Sismicidad Volcánica. En: Mar Astiz & Alicia García. Curso Internacional de Volcanología y Geofísica Volcánica. Série 7, Casa de Los Volcanes, 269-282 p.
- IGeoE, I. G. (2011). Método CRIF- Carta de Risco de Incêndio Florestal.
- IGM. (1992). Carta geológica de Portugal, na escala 1/500000. Serviços Geológicos de Portugal,
- IM. (1996). Carta de Isossistas de Intensidade Máxima Baseadas na Sismicidade Histórica e Actual (1755-1966), Instituto de Meteorologia, 1/1000000. Instituto do Ambiente. Lisboa.
- INFANTI JÚNIOR, N., & FORNASARI FILHO, N. (1998). Processos de Dinâmica Superficial. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. Geologia de Engenharia. São Paulo: ABGE, 132-152 p.
- IPT (2004). INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S.A. Material de Treinamento de Técnicos Municipais para o Mapeamento e Gerenciamento de Áreas Urbanas com Risco de Escorregamento, Enchentes e Inundações. IPT, São Paulo.
- JULIÃO, R., NERY, F., CASTELO BRANCO, M., & ZÊZERE, J. (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 Proteção Civil (ANPC), 19-36 p.
- LADEIRA, F. (1981). Relação das Fraturas dos Mármore Alentejanos com Outras Estruturas. Boletim da Sociedade de Portugal. Vol. XXII. Lisboa.
- LOPES, J. (2003). Contribuição para o Conhecimento Tectono-Estratigráfico do Nordeste Alentejano. Transversal Terena - Elvas. Tese de Doutoramento não publicada. Universidade de Évora. 568 p. Évora, Portugal.
- LOPES, J. (1995). Caracterização Geológico - Estrutural do Flanco Sudoeste do Anticlinal de Estremoz e Suas Implicações Económicas. Tese de Mestrado em Geologia Dinâmica Interna não publicada. 135 p. Lisboa, Portugal.
- MAGUIRE, D., GOODCHILD, M., & RHIND, D. (1991). Geographical Information Systems: Principles and Applications. Harlow, UK.
- MCNUTT, S. (2000). Volcano Seismicity. In: Sigurdsson, H., Houghton, B., McNutt, S. R., Rymer, H., Stix, J., (Eds), Alaska Volcano Observatory and University of Alaska Fairbanks, Encyclopedia of Volcanos, Academic Press. EUA, 1015-1033.
- MEDEIROS, S. (2010). Análise da Susceptibilidade, Vulnerabilidade e do Risco Sísmico no Conselho da Povoação (São Miguel, Açores), Recorrendo a Técnicas de Cartografia Automática. Dissertação de Mestrado em Geografia Física, Ambiente e Ordenamento do Território. Coimbra: Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, 83-99 p.
- MENDONÇA, A. (2013). Métodos de Avaliação de Riscos: Contributo Para a Sua Aplicabilidade no Setor da Construção. Relatório de Atividade Profissional para a Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente. Algarve: Universidade do Algarve, Faculdade de Ciências e Tecnologia.

- MILEU, N. (2016). Sistema de Apoio à Decisão na Gestão do Risco à Escala Municipal. Tese para Obtenção do Grau de Doutor em Ciências de Informação Geográfica. Lisboa: Universidade de Lisboa, 217p.
- MMA (Ministério do Meio Ambiente). (2011). Relatório de Inspeção - Área atingida pela tragédia das chuvas - Região Serrana do Rio de Janeiro. Levantamento realizado pela Secretaria de Biodiversidade e Florestas.
- MONTEIRO, T. (2012). Mapeamento de Riscos Ambientais no Município de Vila Nova de Gaia. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Porto, 83-99 p.
- MOREIRA, J. & VINTÉM, C. (Coord) (1997). Carta Geológica do Anticlinal de Estremoz 1:25 000. (eds). Instituto Geológico e Mineiro; Departamento de Recursos Minerais não Metálicos. Lisboa.
- MORPHET, J. (2011). *Effective Practice in Spatial Planning*, Routledge, RTPI Library. Series New York.
- MOURA, A. (2007). Reflexões Metodológicas como Subsídio para Estudos Ambientais Baseados em Análise de Multicritérios. In. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13, (SBSR), 2007, Florianópolis. Anais... São José dos Campos: INPE, 2007. p.2899-2906.
- OLIVEIRA, F. (2009). Portugal Território e Ordenamento. Coimbra: Almedina.
- OLIVEIRA, J., OLIVEIRA, V., & PIÇARRA, J. (1991). Traços Gerais da Evolução Tectono-Estratigráfica da Zona de Ossa Morena, em Portugal. Síntese Crítica do Estado Actual dos Conhecimentos. Comun. Serv. Geol. Portugal. Portugal, Tomo 77, 3-26 p.
- QGIS. (2021). O Líder SIG *Desktop* de Código Aberto, consultado em [https://qgis.org/pt\\_PT/site/about/index.html](https://qgis.org/pt_PT/site/about/index.html) a 8 de setembro de 2021.
- PINE, J. (2008). Introduction to Hazards Analysis, Hazards Analysis: Reducing the Impact of Disasters, CRC Press, Taylor Francis Group, 1-28 p.
- PUJADAS, R., & FRONT, J. (1998). Ordenación y Planificación Territorial. Síntesis, Col. Espacios y Sociedades. Madrid: Serie Mayor 8.
- Ramos, A., & Cunha, L. (2016). Análise da Sismicidade em Portugal. Cartografia da Perigosidade, Vulnerabilidade e Risco Sísmico na Área entre a Figueira da Foz e a Nazaré. Portugal.
- RESOLUÇÃO DO CONSELHO DE MINISTROS nº 10/96 de 24 de janeiro 1996 da Presidência do Conselho de Ministros. Diário da República: I-B Série, N. 2.
- RESOLUÇÃO DO CONSELHO DE MINISTROS nº 86/94 de 21 de setembro 1994 da Presidência do Conselho de Ministros. Diário da República: I-B Série, N. 2.
- RESOLUÇÃO DO CONSELHO DE MINISTROS nº 93/2002 de 05 de agosto de 2002 da Presidência do Conselho de Ministros. Diário da República: I-B Série, N. 1.
- REYNAUD, R.; VINTÉM, C. (1992). Estudo da Jazida de Calcários Cristalinos de Estremoz – Borba - Vila Viçosa (Sector de Pardais). Estudos, Notas e Trabalhos do SFM, Vol. XXXIV, Instituto Geológico e Mineiro. Separata do volume nº 31 do Boletim de Minas. Lisboa.

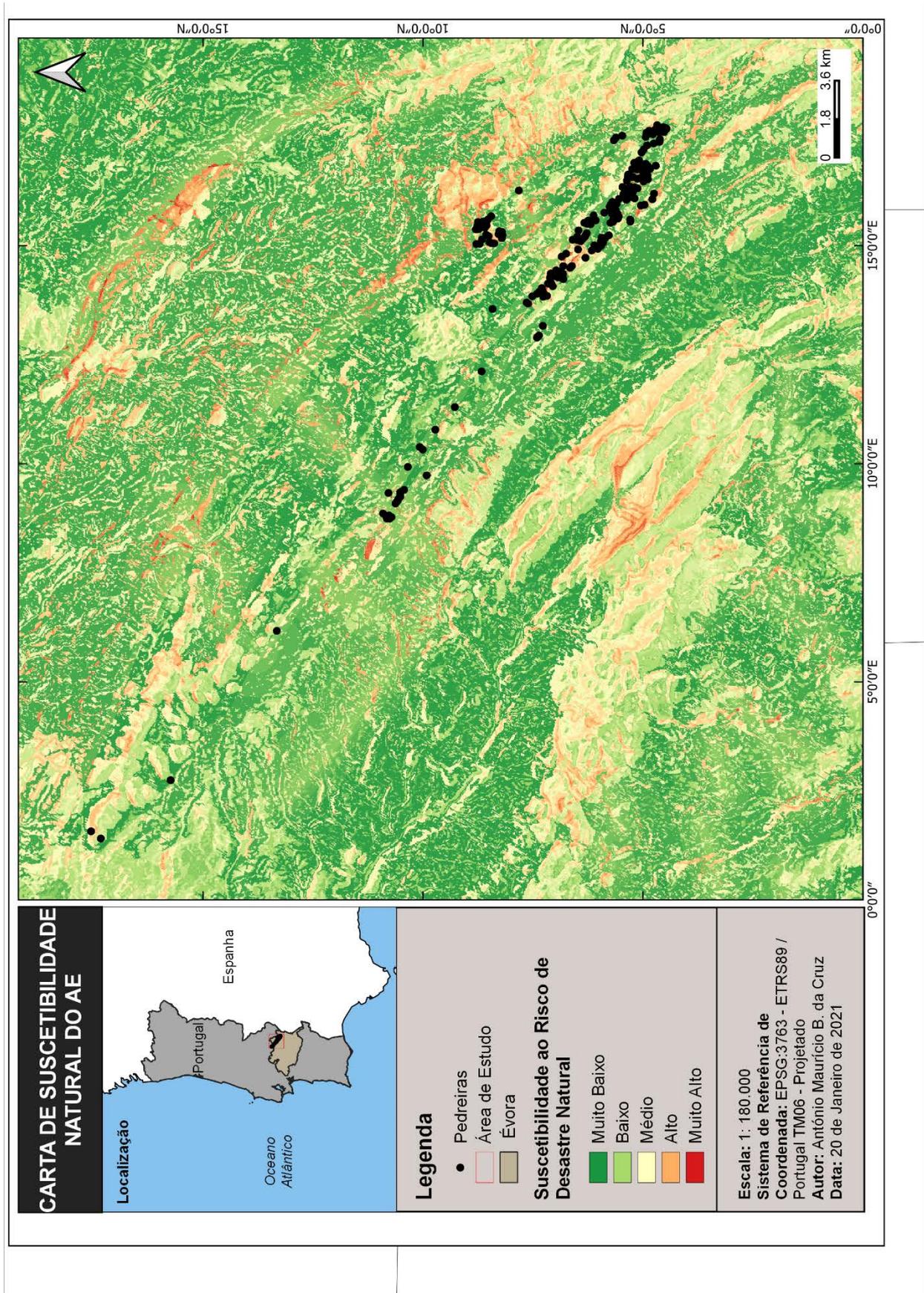
- RIBEIRO, A., ANTUNES, M.T., FERREIRA, M.P., ROCHA, R.B., SOARES, A.F., ZBYSZEWSKI, G., MOITINHO DE ALMEIDA, F., CARVALHO, D. & MONTEIRO, J.H. (1979). Introduction à la Géologie Générale du Portugal. Serviços Geológicos de Portugal, 114 p.
- RODRIGUES, D., SILVA, A., RAMOS, R., & MENDES, J. (2002). Avaliação Multicritério da Acessibilidade em Ambiente SIG: O Caso de um Campus Universitário. VII Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica.
- ROXO, M. (1994). A ação antrópica na degradação de solos. A Serra de Serpa e de Mértola. Tese de Doutoramento apresentada à Universidade Nova de Lisboa. Lisboa.
- SAATY, T. L. (1980) How to make a decision: *The Analytic Hierarchy Process*. Joseph M. Katz Graduate School of Business, University of Pittsburgh, Pittsburgh, PA 15260, USA: European Journal of Operational Research 48 1990. 9-26.
- SAMPAIO, T. D., PIMENTEL, J., SILVA, C. R.; MOREIRA, H. F. (2013) A Atuação do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) na Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais. In: CONGRESSO CONSAD DE GESTÃO PÚBLICA, 6., 2013, Brasília. Anais...Brasília, 2013, 1-27 p.
- SILVA, B.V., & MACHADO, P. (2014). SIG na Análise Ambiental: Susceptibilidade Erosiva da Bacia Hidrográfica do Córrego Mutuca. Revista de Geografia Nº 2. Nova Lima - Minas Gerais, 69-70 p.
- SILVA, J., REGO, F., FERNANDES, P., & RIGOLOT, E. (2010). Towards Integrated Fire Management - Outcomes of the European Project Fire Paradox. European Forest Institute Research Report 23.
- SDSU Geography (2002). Departamento de Geografia da Universidade de San Diego. Definição de GIS. Disponível [http://map.sdsu.edu/geoagent/gis\\_intro.htm#definition](http://map.sdsu.edu/geoagent/gis_intro.htm#definition), consultado: 15 de junho 2021. San Diego.
- SOARES, S. (2003). Análise Multicritério Como Instrumento de Gestão Ambiental. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Florianópolis: UFSC.
- UNDRO. (1979). Natural Disasters and Vulnerability Analysis. Report of Expert Group Meeting. *Office of the United Nations Disasters Relief Coordinator*. Geneva.
- VALENTE, R. (2005). Definição de áreas prioritárias para conservação e preservação florestal por meio da abordagem multicriterial em ambiente SIG.
- VERGÍLIO, M. (2011). O Regime Jurídico da REN Aplicado ao Contexto Insular dos Açores. Universidade de Aveiro. Departamento de Ambiente e Ordenamento. Aveiro, 112p.
- VEYRET, Y., & MESCHINET DE RICHEMOND, N. (2007). O Risco. In: VEYRET, Y. Os Riscos: O Homem como Agressor e Vítima do Meio Ambiente. São Paulo, 23-24 p.
- VINTÉM, C., SOBREIRO, S., HENRIQUES, P., FALÉ, P., SAÚDE, J., LUÍS, G., MIDÕES, C., ANTUNES, C., BONITO, N., DILL, AC. & CARVALHO, J. (2003). Cartografia Temática do Anticlinal como Instrumento de Ordenamento do Território e Apoio à Indústria Extractiva. Relatório Interno de Instituto Geológico e Mineiro e CEVALOR para “AIZM –

Acção Integrada da Zona dos Mármore (FEDER), Eixo Prioritário 2 do PORA – Programa Operacional Regional do Alentejo 2000-2006”. Maio de 2003.

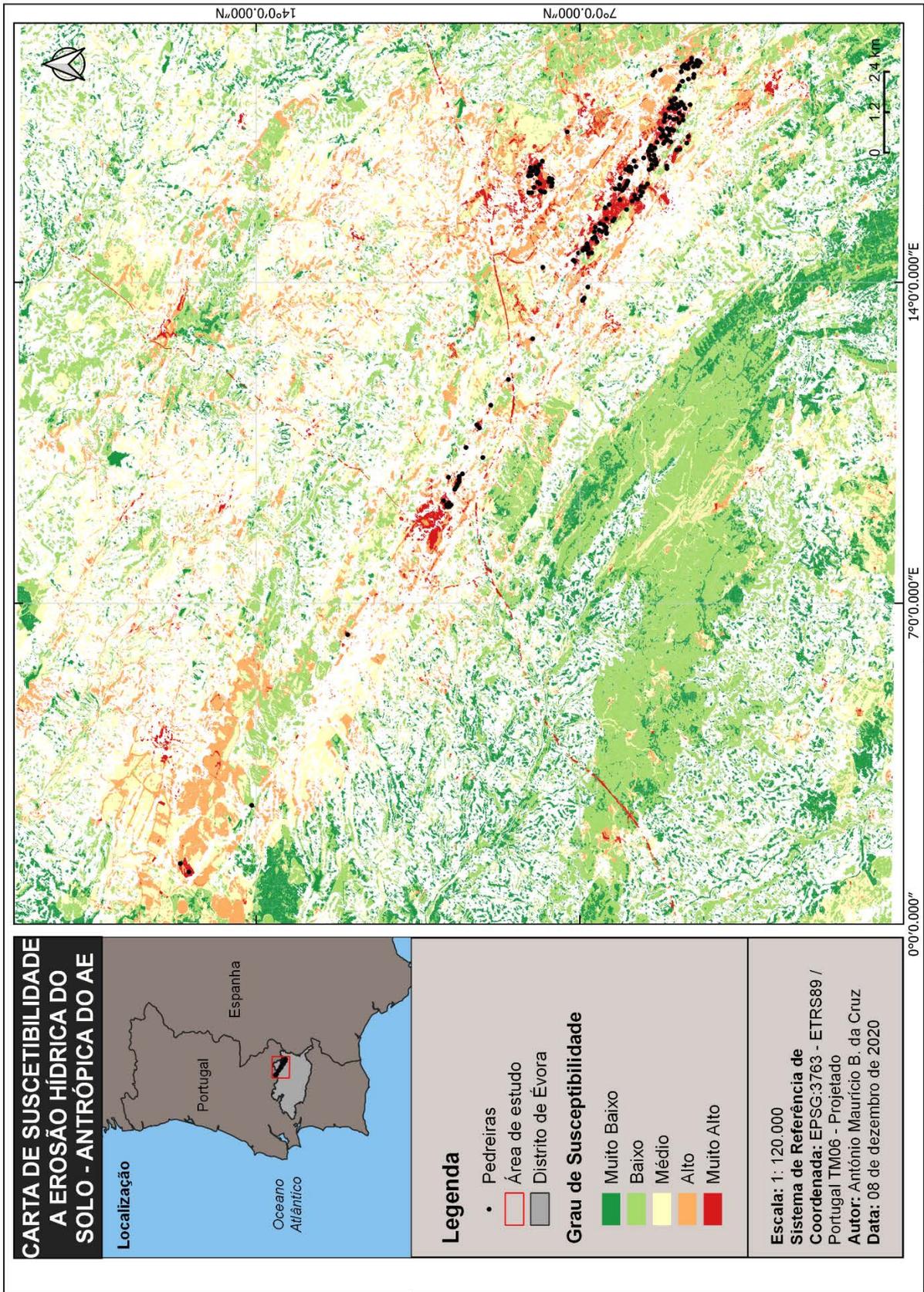
ZÊZERE, J., & GARCIA, R. (2003). Avaliação de Riscos Geomorfológicos: Conceitos, Terminologia e Métodos de Análise. III Seminário de Recursos Geológicos, Ambiente e Ordenamento do Território. Lisboa, 299-308 p.

ZÊZERE, J., & MORGADO, P. (1999). Perigos Naturais e Tecnológicos no Território de Portugal Continental. Centro de Estudos Geográficos, Universidade de Lisboa. Lisboa, 1-17.

# **Anexos**



Anexo I - Carta de suscetibilidade natural.



Anexo II - Carta de Suscetibilidade antrópica.