

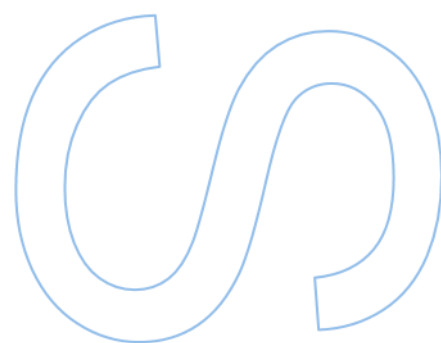
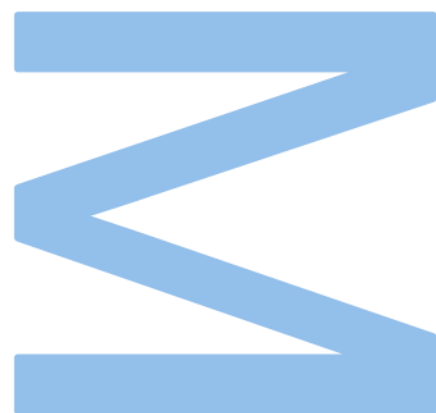
Desenvolvimento de uma metodologia para avaliação dos riscos ambientais do Município de Valongo

Rachel Alves Teixeira

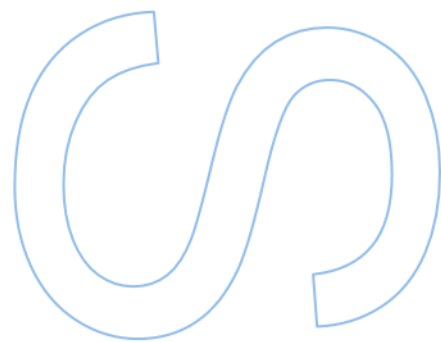
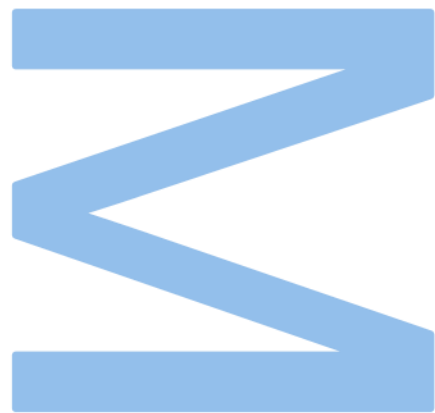
Mestrado em Ciências e Tecnologia do Ambiente
Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento de Território
2023

Orientador

António José Guerner Dias, Professor Auxiliar, Faculdade de
Ciências da Universidade do Porto



U. PORTO
FC FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO



Agradecimentos

Gostaria de expressar minha sincera gratidão a todas as pessoas que me apoiaram durante a realização deste trabalho.

Em primeiro lugar, ao meu orientador, António Guerner, por sua orientação, paciência e incentivo ao longo de todo o processo de pesquisa. Foi através dos seus ensinamentos na disciplina de Riscos Naturais que me vi tão fascinada em me aprofundar neste assunto. Seus conselhos e sugestões foram fundamentais para o sucesso deste trabalho.

À oportunidade de ter feito estágio na Divisão de Ambiente da Câmara Municipal de Valongo, sob a orientação da Engenheira Gisela Afonso, que me proporcionou uma experiência valiosa e enriquecedora.

À equipe de profissionais de Ambiente e da Proteção Civil que me acolheu durante o estágio, e que me ajudou a me adaptar ao ambiente de trabalho. Agradeço a todos os colegas que compartilharam comigo seus conhecimentos, material científico e experiências.

À toda a comunidade acadêmica da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, que contribuiu para o meu desenvolvimento acadêmico e pessoal. Professores, funcionários e colegas tiveram um papel fundamental no meu crescimento e aprendizado ao longo do mestrado.

Aos meus pais, Isaura e José, que desde criança sempre me incentivaram a ir em busca dos meus sonhos e me tornar uma pessoa melhor e independente. Sem eles eu não teria tido esta oportunidade de crescimento pessoal e profissional.

À minha família em geral, por todo o amor e carinho recebido ao longo da minha trajetória.

Aos meus amigos que se tornaram uma segunda família em Portugal. Em momentos de dificuldade e alegria, sempre pude contar com eles.

Ao Leonardo, por me acolher nos meus momentos mais difíceis, de vulnerabilidade e de felicidade. Por sempre me instigar a ser uma pessoa melhor e por todo o apoio e ajuda nesta caminhada.

Mais uma vez, agradeço a todos que contribuíram para o sucesso deste trabalho. Sem o apoio de vocês, este trabalho não teria sido possível.

Resumo

A gestão ambiental é um tema cada vez mais relevante na sociedade atual, especialmente em áreas urbanas, onde a concentração de pessoas e atividades pode gerar impactos significativos para o mundo. Nesse contexto, a identificação e avaliação dos riscos ambientais são importantes e permitem que sejam tomadas medidas preventivas e corretivas para minimizar os impactos negativos no meio ambiente e na saúde humana.

Este estudo, realizado durante o estágio na Divisão de Ambiente da Câmara Municipal de Valongo, pretende desenvolver uma nova metodologia, através de uma revisão biobibliográfica e da análise de dois estudos de caso, que se tornará uma ferramenta útil em planos de gestão e planeamento municipal. Foram identificados e avaliados os principais riscos ambientais, incluindo naturais e aqueles relacionados à qualidade do ar, da água e do solo, bem como os riscos associados a atividades industriais e urbanas.

Com base nos resultados obtidos na análise dos estudos de caso pode-se comprovar que a metodologia cumpre com os seus objetivos propostos ao alcançar resultados fidedignos com a realidade ambiental dos locais analisados. Adicionalmente, a metodologia tem a versatilidade de poder ser aplicada no âmbito nacional e internacional (com a alteração de alguns dados) e ser um instrumento de fácil entendimento para a comunidade.

Palavras-chave: meio ambiente, avaliação ambiental, gestão ambiental, gestão de riscos.

Abstract

Environmental management is an increasingly relevant topic in today's society, especially in urban areas where the concentration of people and activities can generate significant impacts for the world. In this context, the identification and assessment of environmental risks are important, allowing for preventive and corrective measures to minimize negative impacts on the environment and human health.

This study, carried out during an internship at the Environment Division of the Valongo Municipal Chamber, aims to develop a new methodology through a bibliographic review and the analysis of two case studies, which will become a useful tool in municipal management and planning schemes. The main environmental risks were identified and evaluated, including natural ones and those related to air, water, and soil quality, as well as risks associated with industrial and urban activities.

Based on the results obtained from the analysis of the case studies, it is proved that the methodology meets its proposed objectives by achieving reliable results in relation to the environmental reality of the sites analyzed. Additionally, the methodology has the versatility to be applied nationally and internationally (with the alteration of some data) and be an easily understandable instrument for the community.

Keywords: environment, environmental assessment, environmental management, risk management.

Índice

Lista de Tabelas	vi
Lista de Gráficos.....	vii
Lista de Figuras	viii
Lista de Abreviaturas	ix
1. Introdução	1
1.1. Objetivos	2
1.1.1. Objetivo Geral.....	2
1.1.2. Objetivos Específicos	2
2. Enquadramento da área de estudo.....	5
2.1. Localização geográfica	6
2.2. Caracterização geomorfológica	7
2.2.1. Hidrografia.....	7
2.2.2. Altitude	7
2.2.3. Declive	9
2.2.4. Solos	11
2.2.4.1. Ocupação atual	12
2.2.5. Vegetação.....	15
2.3. Caracterização climática.....	17
2.3.1. Temperatura	18
2.3.2. Humidade	19
2.3.3. Precipitação.....	19
2.3.4. Vento.....	20
2.4. Caracterização socioeconómica	21
2.4.1. População residente por freguesia e densidade demográfica	21
2.4.2. População economicamente ativa e o aumento da imigração.....	22
2.4.3. Envelhecimento da população	23
2.4.4. Transporte	24

3. Conceitos Base	27
4. Metodologia	29
4.1. Riscos Naturais	30
4.1.1. Risco de Movimento de Vertentes	32
4.1.2. Risco de Cheias	33
4.1.3. Risco de Incêndios Florestais	34
4.2. Riscos Antrópicos	35
4.2.1. Risco de contaminação de solos e corpos d'água via acidentes rodoviários	36
4.2.2. Risco de contaminação de solos e corpos d'água via indústrias	37
4.2.3. Risco de contaminação de solos e corpos d'água via atividades culturais	38
5. Cálculo do risco	41
6. Estudos de casos	45
6.1. Estudo de caso sobre cheias	45
6.2. Estudo de caso sobre incêndios florestais	52
7. Conclusão	59
Referências Bibliográficas	61
Referências Webgráficas.....	67
Anexos	68
Anexo 1 – Risco de movimento de vertente.....	69
Anexo 2 – Risco de cheias	70
Anexo 3 – Risco de incêndios florestais.....	71
Anexo 4 – Risco de contaminação de solos e corpos d'água via acidentes rodoviários	72
Anexo 5 – Risco de contaminação de solos e corpos d'água via indústrias	74
Anexo 6 – Risco de contaminação de solos e corpos d'água via atividades culturais .	76
Anexo 7 – Cálculo dos valores máximos de perigosidade e vulnerabilidade.....	78

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Ocupação do solo por freguesia em hectares (PMDFCI, 2019).	13
Tabela 2 - Povoamentos florestais por freguesia (PMDFCI, 2019).....	17
Tabela 3 - Média da temperatura média na Serra do Pilar entre 1981 e 2010 (PMDFCI, 2019).	18
Tabela 4 - Evolução da população residente no concelho (INE, 2021).	22
Tabela 5 - Representação demográfica por grupo etário/sexo em 2021 (INE, 2021). .	22
Tabela 6 - Divisão da população economicamente ativa por freguesia e setores económicos em 2021 (INE, 2021).....	23
Tabela 7 - Categorização dos níveis da perigosidade para cada risco, baseado nos cálculos do Anexo 7.....	42
Tabela 8 - Categorização dos níveis da vulnerabilidade para cada risco, baseado nos cálculos do Anexo 7.....	42
Tabela 9 - Matriz de risco desenvolvida através da categorização da perigosidade e vulnerabilidade.....	43
Tabela 10 - Ocorrências de inundações no município de Valongo nos dias 7 e 8 de janeiro de 2023 (Adaptado de tabela interna da Proteção Civil).....	46
Tabela 11 - Análise da vulnerabilidade e perigosidade da cheia da Rua Rio Leça.....	50
Tabela 12 - Ocorrências de incêndios no município de Valongo entre 2020 e 2022 (retirado do SGIF fornecido pela Proteção Civil de Valongo).	54
Tabela 13 - Análise da vulnerabilidade e perigosidade da cheia da Rua Rio Leça.....	57

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Temperatura do ar na Serra do Pilar entre 1971 e 2000 (PDM, 2014).....	18
Gráfico 2 - Humidade Relativa do Ar (%) na Serra do Pilar entre 1971 e 2000 (PDM, 2014).	19
Gráfico 3 - Valores médios mensais da precipitação e máximas diárias na Serra do Pilar entre 1981 e 2010 (PMDFCI, 2019).....	20
Gráfico 4 - Direção média mensal dos Ventos na Serra do Pilar entre 1975 e 2005 (PMDFCI, 2019).....	21
Gráfico 5 - População estrangeira com autorização de residência entre 2011 e 2022 (INE, 2021 e SEF, 2022).....	23
Gráfico 6 - Número de idosos por 100 jovens entre 2001 e 2021 (INE, 2021).	24

Lista de Figuras

Figura 1 - Enquadramento do concelho de Valongo na Área Metropolitana do Porto (retirado do site da Câmara Municipal de Valongo).	5
Figura 2 - Representação das NUTS II e III (Pordata, 2023).....	6
Figura 3 - Freguesias do concelho de Valongo (Gazilion, 2014).	6
Figura 4 - Carta de Hipsometria (PDM, 2014).	9
Figura 5 – Carta de Declives (PDM, 2014).....	10
Figura 6 - Carta dos tipos de Solos (PDM, 2014).	11
Figura 7 - Carta de ocupação do solo (PDMFCI, 2019).	14
Figura 8 - Carta de povoamentos florestais (PMDFCI, 2019).....	16
Figura 9 - Ventos dominantes - Normal climatológica Serra do Pilar 1975-2005 (Retirado do PMDFCI, 2019).....	20
Figura 10 - Representação do cronograma realizado.	29
Figura 11 - Esquematização dos riscos ambientais considerados para realização da metodologia.	30
Figura 12 - Modelo conceitual do risco.	41
Figura 13 – Antes (Street View) e depois (reportagem A Voz de Ermesinde) da cheia.	47
Figura 14 - Antes (Street View) e depois (reportagem A Voz de Ermesinde) da cheia.	48
Figura 15 - Variações climáticas em Valongo até o final do século XXI (EMAAC, 2019).	53
Figura 16 - Local da incidência em Paço.	54

Lista de Abreviaturas

AMP	ÁREA METROPOLITANA DO PORTO
DRAEDM	DIRECÇÃO REGIONAL DE AGRICULTURA DE ENTRE DOURO E MINHO
EMAAC	ESTRATÉGIA MUNICIPAL DE ADAPTAÇÃO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS
FCUP	FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO
INE	INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA
IPCC	INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE
PDM	PLANO DIRETOR MUNICIPAL
PMDFCI	PLANO MUNICIPAL DE DEFESA DA FLORESTA CONTRA INCÊNDIOS
PMEPC	PLANO MUNICIPAL DE EMERGÊNCIA DE PROTEÇÃO CIVIL DE VALONGO
SGIF	SISTEMA DE GESTÃO DE INFORMAÇÃO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS
STCP	SOCIEDADE DE TRANSPORTES COLECTIVOS DO PORTO
SVARH	SISTEMA DE VIGILÂNCIA E ALERTA DE RECURSOS HÍDRICOS
UNEP	UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME
UN-HABITAT	UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME

1. Introdução

Vivemos numa época de transições e transformações ambientais sem precedentes. À medida que adentramos o século XXI, somos testemunhas de mudanças significativas no nosso planeta, algumas das quais com implicações profundas e duradouras para a vida humana e para os ecossistemas globais. De inundações inesperadas a incêndios florestais devastadores, de ondas de calor sufocantes a furacões de magnitude inédita, as catástrofes parecem ter se tornado uma constante, evidenciando um panorama preocupante da saúde do nosso planeta (IPCC, 2018).

Esse aumento na frequência e intensidade de desastres naturais pode ser atribuído, em grande parte, às alterações climáticas resultantes da atividade humana (IPCC, 2013). As emissões excessivas de gases de efeito estufa têm alterado os padrões climáticos globais, provocando fenómenos extremos com consequências catastróficas para a biodiversidade, infraestrutura e, sobretudo, para as populações vulneráveis.

Durante o Acordo de Paris de 2015, visando reduzir as emissões de carbono e conter a temperatura média global em 2°C acima dos níveis pré-industriais, estipulou-se um limite de aumento em até 1,5°C (Silva & Fernandes, 2020). Entretanto, conforme o Programa Europeu de Monitorização do Clima Copérnico, em 2023 o planeta Terra já presencia uma temperatura média global 1°C acima do que era na altura do Acordo. Foram também registados recordes de temperatura nas águas do oceano. Nas palavras do secretário-geral da ONU, António Guterres: “a humanidade saiu da era do aquecimento global para entrar na era da ebulição global”.

Neste contexto de instabilidade e incerteza, torna-se fundamental que cada cidadão esteja equipado não só com a consciência da magnitude destes problemas, mas também com as ferramentas necessárias para avaliar e calcular os riscos providos destas mudanças. O conceito de risco ambiental ultrapassa a simples identificação de potenciais desastres, envolve uma compreensão profunda das interconexões entre atividades humanas, sistemas naturais e as respostas do planeta à essas interações. A habilidade de avaliar tais riscos não é apenas uma necessidade académica ou profissional, mas um imperativo cívico.

Perante esta realidade preocupante e a necessidade de ação, buscou-se desenvolver uma nova metodologia para análise dos riscos ambientais aos quais o concelho de Valongo está sujeito. Este trabalho realizou-se em um estágio curricular na Divisão de

Ambiente da Câmara Municipal de Valongo, no âmbito da disciplina Dissertação/Estágio do Mestrado em Ciências e Tecnologia do Ambiente.

Os riscos ambientais abordados classificam-se em duas categorias: riscos naturais e riscos antrópicos. No espectro dos riscos naturais, enfocou-se nos riscos associados a movimentos de vertentes, cheias e incêndios florestais, com a seleção destes baseando-se no registo histórico de ocorrências no município. Por outro lado, em relação aos riscos antrópicos, destaca-se a contaminação do solo e de corpos d'água decorrente de acidentes rodoviários, atividades industriais e práticas culturais. A escolha desses riscos advém de uma crescente preocupação com os impactos que representam para o meio ambiente e a coletividade, somada à perspectiva de um aumento expressivo em sua magnitude face às circunstâncias contemporâneas.

Ao entender como e por que esses riscos se manifestam, e ao capacitar indivíduos para avaliá-los e respondê-los eficazmente, pode-se não apenas mitigar as consequências destes desastres, mas também trabalhar proactivamente para criar um futuro mais resiliente e sustentável.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo desenvolver uma nova metodologia para análise dos riscos ambientais do concelho de Valongo. Através desta metodologia foi possível analisar com maior detalhe os locais mais vulneráveis.

1.1.2. Objetivos Específicos

Para orientar adequadamente a investigação e esclarecer as finalidades do trabalho, torna-se essencial estabelecer seus objetivos, sendo eles:

- Analisar globalmente os riscos ambientais aos quais o concelho de Valongo está sujeito;
- Proceder à identificação dos principais riscos de origem natural e de origem antrópica, e perceber de que forma eles estão distribuídos no município e com que grau de risco e de importância;
- Proceder ao cálculo do risco;
- Analisar dois casos de estudo para validar a eficácia da nova metodologia adotada;

A seguir será apresentado um enquadramento do município de Valongo, fornecendo uma base sólida para a investigação proposta.

2. Enquadramento da área de estudo

A informação coletada para a realização deste trabalho corresponde a área total do concelho de Valongo, num total de 7.512 hectares, representando atualmente 3,68% do território metropolitano do Porto, de acordo com o site da Câmara Municipal de Valongo (Fig. 1).

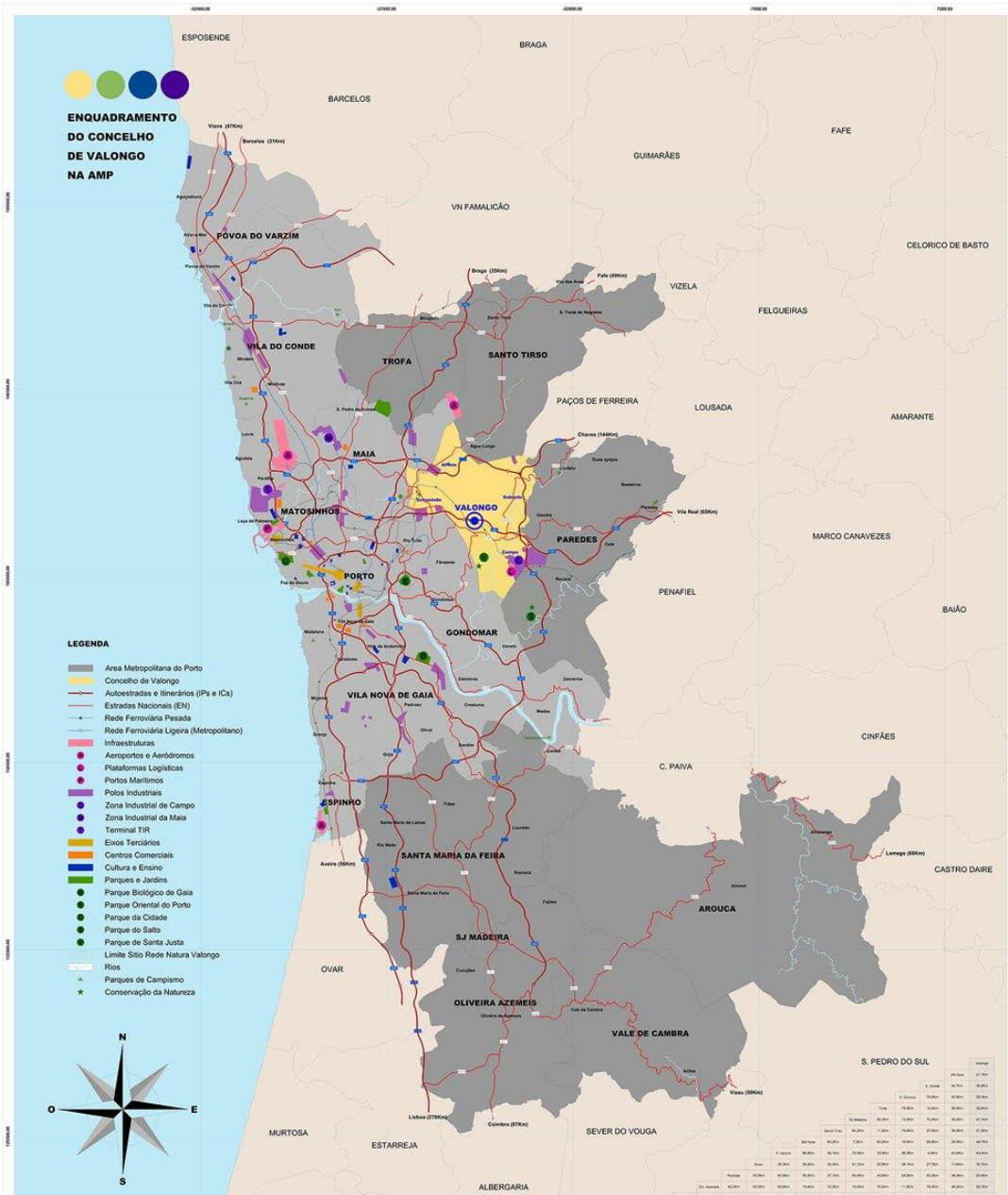


Figura 1 - Enquadramento do concelho de Valongo na Área Metropolitana do Porto (retirado do site da Câmara Municipal de Valongo).

2.1. Localização geográfica

O Concelho de Valongo, está situado na Região Norte (NUT II), no Grande Porto (NUT III), e insere-se no Douro litoral, integrando a AMP (Fig. 2). Localiza-se a norte do rio Douro, compreendendo as bacias hidrográficas dos rios Ferreira, enquadradas pelas serras de Baltar e de Valongo (Pordata, 2023).

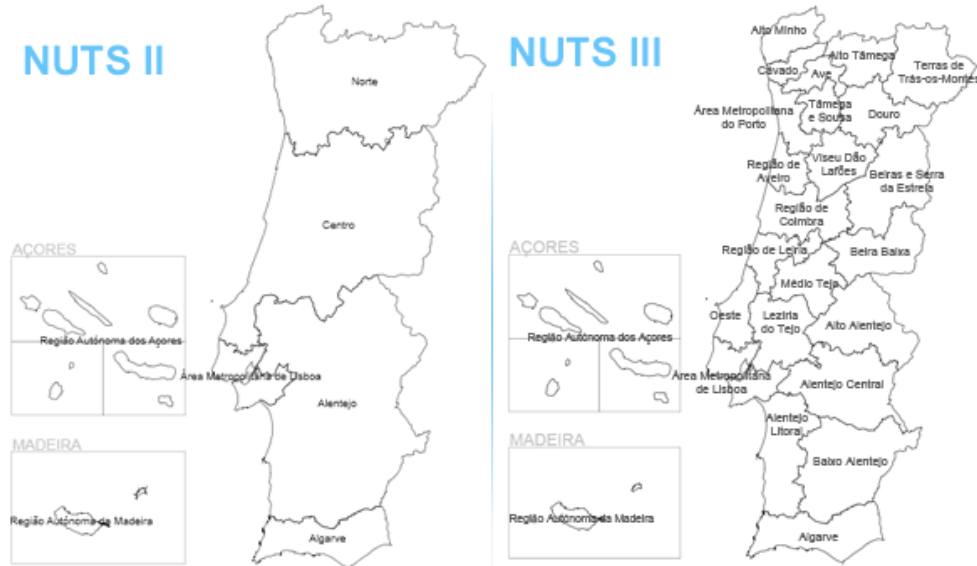


Figura 2 - Representação das NUTS II e III (Pordata, 2023).

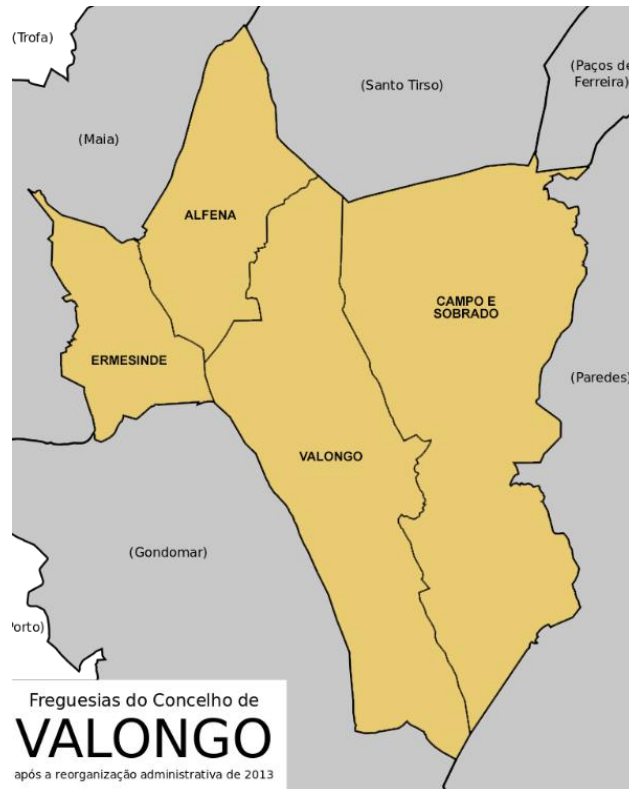


Figura 3 - Freguesias do concelho de Valongo (Gazilion, 2014).

O Concelho é composto por quatro freguesias: Alfena, Ermesinde, Campo/Sobrado e Valongo (Fig. 3). Suas fronteiras se estendem para o Sudoeste até Gondomar, para o Oeste até a Maia, e para o Nordeste, onde faz limites com os Concelhos de Santo Tirso, Paços de Ferreira e Paredes (PDM, 2014).

2.2. Caracterização geomorfológica

A caracterização geomorfológica desempenha um papel fundamental na avaliação e no cálculo dos riscos ambientais. Isso se deve ao fato de que a geomorfologia, que estuda a forma da superfície terrestre e os processos que a moldam, fornece informações essenciais sobre as condições geológicas, topográficas e hidrológicas de uma área, que são críticas para entender e prever estes riscos. Os dados apresentados a seguir neste subcapítulo foram obtidos, em grande parte, no Relatório de Caracterização Biofísica (2014) do PDM de Valongo e PMDFCI de Valongo (2019).

2.2.1. Hidrografia

No que diz respeito à sua configuração hidrográfica, o município de Valongo enquadra-se na Região Hidrográfica do Douro, mais especificamente na área da bacia do rio Douro e na sub-bacia do rio Ferreira. Em linhas gerais, essas bacias e sub-bacias apresentam padrões de escoamento que seguem as variações sazonais da precipitação. Durante o período de estiagem, o volume de água nos principais rios diminui significativamente, e os cursos de água mais pequenos chegam a quase desaparecer, algumas vezes secando por completo. A rede hidrográfica do município é predominantemente delineada pelos rios Leça e Ferreira, que desaguam, respetivamente, nas proximidades do Porto de Leixões, em Matosinhos, e perto da foz do rio Sousa, em Gondomar (EMAAC, 2019).

2.2.2. Altitude

O município de Valongo exhibe uma variedade de características topográficas, que abrange desde áreas montanhosas com relevo íngreme e vales estreitos, até vales mais abertos e outras configurações morfológicas mais uniformes e niveladas. Para uma compreensão mais precisa dessas características topográficas, o município elaborou a Carta de Hipsometria (Fig. 4). A partir disso, consegue-se visualizar a carta em intervalos altimétricos de 50 metros. A sua análise revela os seguintes aspetos:

- *“O conjunto dos intervalos hipsométricos até aos 100 metros, de pouca expressão no concelho, correspondem às áreas (de aluvião) que marginam os rios Ferreira e Leça”;*
- *“O conjunto de intervalos hipsométricos “> 100m até 150m” e “> 150m até 200m”, os mais representativos no concelho, correspondem à quase totalidade do vale do rio Leça, a parte (montante) do vale do rio Ferreira, aos terrenos imediatamente adjacentes e às áreas de transição entre zonas aplanadas (vales) e mais declivosas (serras). Tratam-se dos intervalos hipsométricos de maior importância para o desenvolvimento económico-social no concelho, no que respeita ao desenvolvimento de áreas agrícolas e de aglomerados urbanos”;*
- *“O conjunto de intervalos hipsométricos “>200m até 250m” e “>250m até 300m”, com uma expressão importante no concelho, correspondem à zona mais montanhosa da serra de Penedos, que separa as bacias hidrográficas do rio Leça da do rio Ferreira, e à base das serras de Santa Justa e de Pias”;*
- *“Os intervalos hipsométricos superiores a 300m, com uma expressão muito localizada, que correspondem ao cume das serras”.*

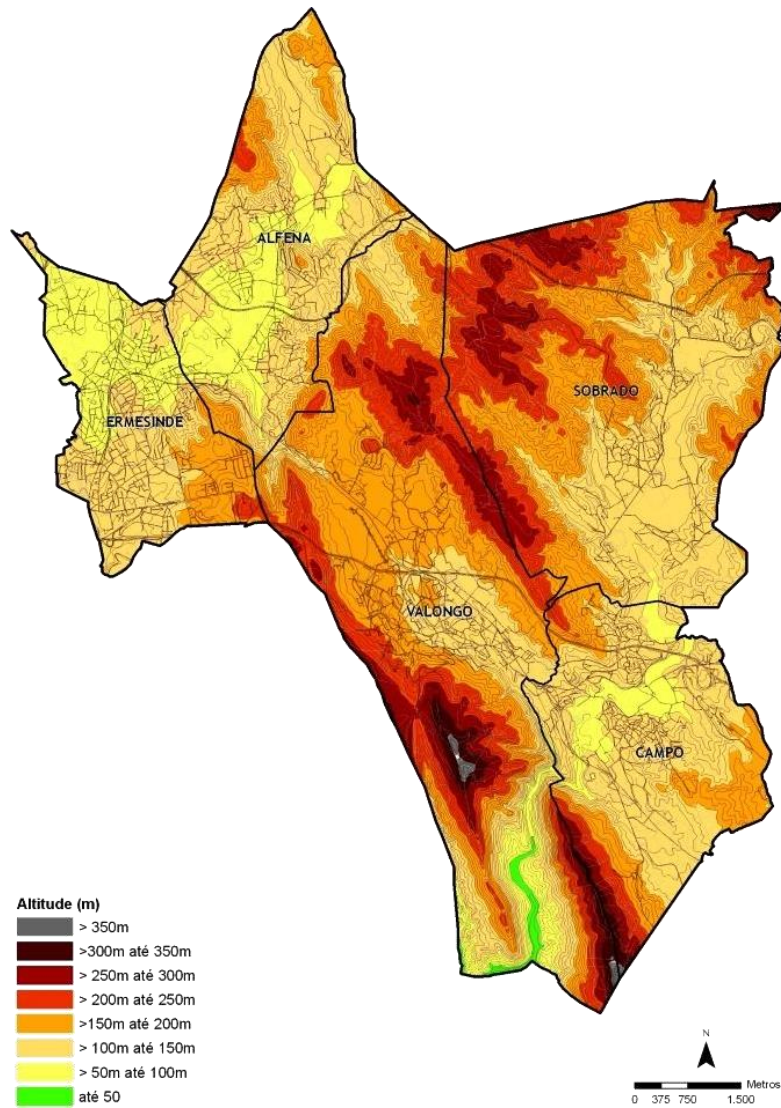


Figura 4 - Carta de Hipsometria (PDM, 2014).

2.2.3. Declive

Ao analisar a Carta de Declives (Fig. 5), que teve como base o modelo virtual de terreno, nota-se que embora o território seja caracterizado por um relevo acidentado, apenas uma proporção relativamente pequena apresenta declives superiores a 25%. Estas áreas correspondem principalmente às zonas montanhosas de maior altitude, onde a cobertura é predominantemente florestal. Nas demais partes do concelho, observa-se terrenos relativamente planos, maioritariamente com depressões ocupadas por áreas urbanas e atividades agrícolas.

A comparação entre esta carta e o uso atual do solo revela que a linha de charneira (linha que une os pontos de maior curvatura da dobra [pilha de camadas originalmente planas, como estratos sedimentares, foliação de rocha ou bandamento, que são dobrados ou curvados durante a deformação permanente]) entre áreas predominantemente urbanas (vales) e florestais (serras) geralmente situa-se no intervalo de declividade entre ">10% e 15%", com algumas exceções pontuais no intervalo entre ">15% e 20%".

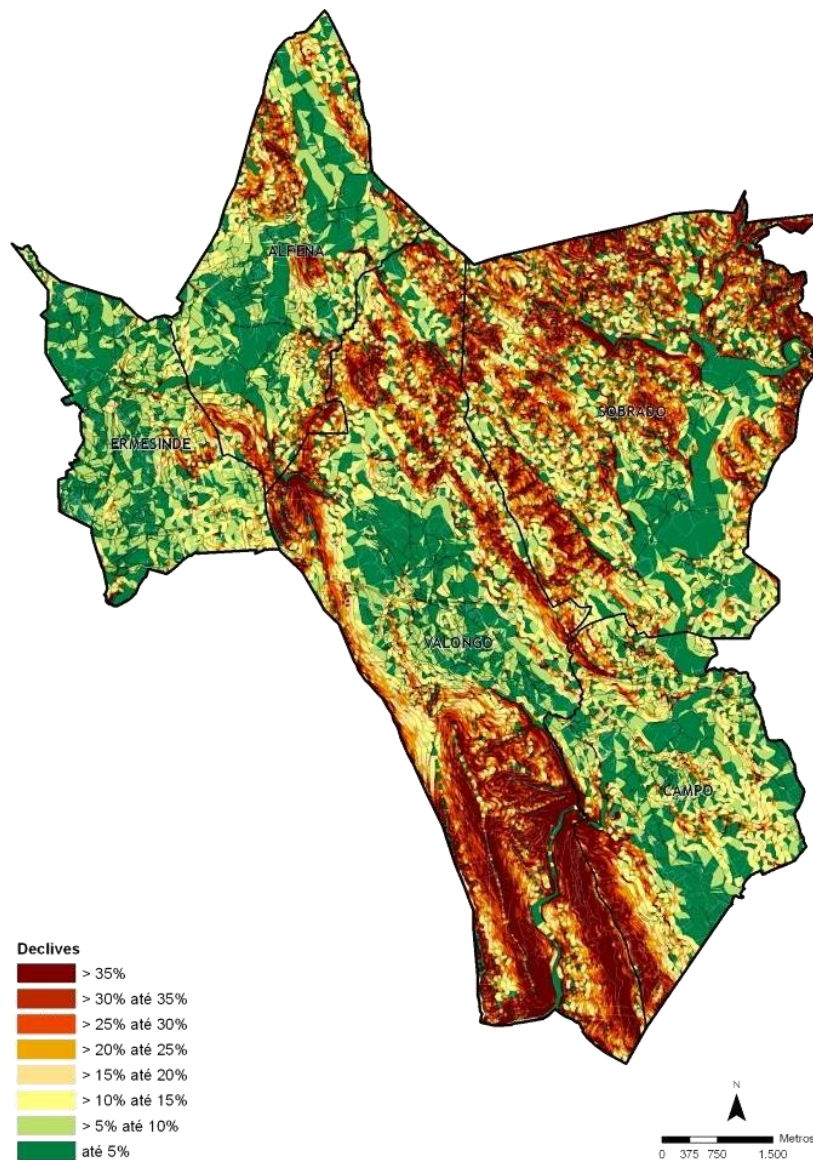


Figura 5 – Carta de Declives (PDM, 2014).

2.2.4. Solos

A formação do solo é influenciada por cinco fatores primordiais: o clima, com ênfase na temperatura e na precipitação; a composição do material litológico inicial; a topografia da região; a presença de organismos vivos, incluindo a intervenção humana; e o período de tempo envolvido nos processos de alteração. A carta dos tipos de Solos (Fig. 6) oferece uma descrição mais detalhada das unidades pedológicas, porém exclui deliberadamente áreas urbanas e florestais, categorizando-as como "não cartografadas".

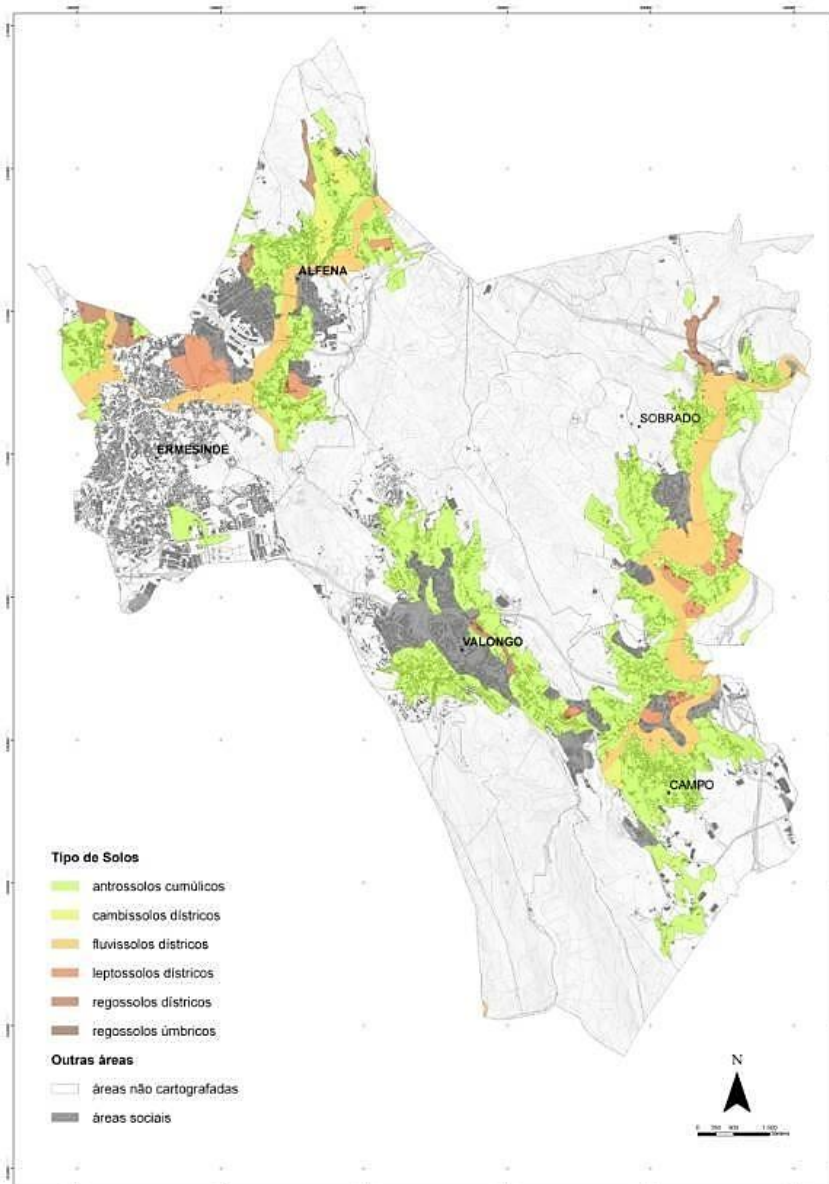


Figura 6 - Carta dos tipos de Solos (PDM, 2014).

Com base na carta de solo, o concelho de Valongo possui as seguintes classificações de solo:

- I. *“Antrossolos cumúricos: “solos de materiais não consolidados, com execução de materiais com textura grosseira ou com propriedades flúvicas, não tendo outro horizonte de diagnóstico além de um A úmbrico ou ócrico; sem propriedades gleicas em 50 cm a partir da superfície; sem características de diagnóstico para vertissolos ou andossolos; sem propriedades sálicas. Apresentam uma acumulação de sedimentos com textura franco arenosa”;*
- II. *“Leptossolos dístricos: de um modo geral, constituem solos com maior susceptibilidade para a erosão hídrica, maior capacidade de retenção de água e maior capacidade para gerar escoamento, devido, principalmente, à sua espessura útil, à sua granulometria, baixo teor de matéria orgânica, estrutura e permeabilidade do perfil. Na sua maioria encontram-se com ocupação florestal”;*
- III. *“Fluvisolos dístricos: solos que apresentam “propriedades flúvicas e não tendo outros horizontes de diagnóstico além de um A ócrico, mólico ou úmbrico ou um horizonte H hístico, ou um horizonte sulfúrico, ou material sulfídrico até 125 cm da superfície”;*
- IV. *“Cambissolos dístricos: solos caracterizados por terem “um horizonte A ócrico e um grau de saturação em bases menor que 50%, pelo menos entre 20 e 50 cm a partir da superfície; sem propriedades vérticas; sem propriedades ferrálicas no horizonte B câmbico; sem propriedades gleicas até 100 cm a partir da superfície; sem congelação permanente até 200 cm da superfície”;*
- V. *“Regossolos dístricos: constituem materiais bastante heterogêneos, com composição granulométrica e química relacionada com os materiais de origem e com as rochas correspondentes. Esta unidade integra as subunidades regossolos dístricos delgados e normais”.*

2.2.4.1. Ocupação atual

A cartografia referente à atual ocupação do solo é importante para o planejamento territorial e a gestão dos recursos naturais. O conhecimento do uso da terra permite a identificação da melhor zona para diversas atividades, estabelecendo diferentes categorias funcionais e operacionais para a gestão do solo (Tab. 1). Ao examinar a carta atual de ocupação de solo (Fig. 7), nota-se uma predominância significativa de áreas

florestais, que compreendem mais da metade do território municipal. A parte ocidental do território municipal é a que possui a maior ocupação urbana, abrangendo as freguesias de Ermesinde e Alfena, que possuem mais de 50% da população do concelho.

OCUPAÇÃO SOLO	FREGUESIAS				
	Alfena	Campo e Sobrado	Ermesinde	Valongo	TOTAL
Agrícola	270	496	127	107	1000
Áreas Sociais	455	649	529	492	2125
Floresta	658	1605	93	1105	3461
Incultos	150	363	16	397	926
TOTAL	1533	3113	765	2101	7512

Tabela 1 - Ocupação do solo por freguesia em hectares (PMDFCI, 2019).

Uma análise comparativa das mudanças no uso da terra seria importante para compreender a evolução da produção agrícola e florestal, bem como a transformação das áreas urbanas. No âmbito regional, observamos que os municípios da área metropolitana do Porto experimentaram o maior aumento das áreas urbanizadas, sendo que, durante o período atual de implementação do PDM na freguesia de Valongo, houve uma redução significativa das terras com aptidão para a agricultura.

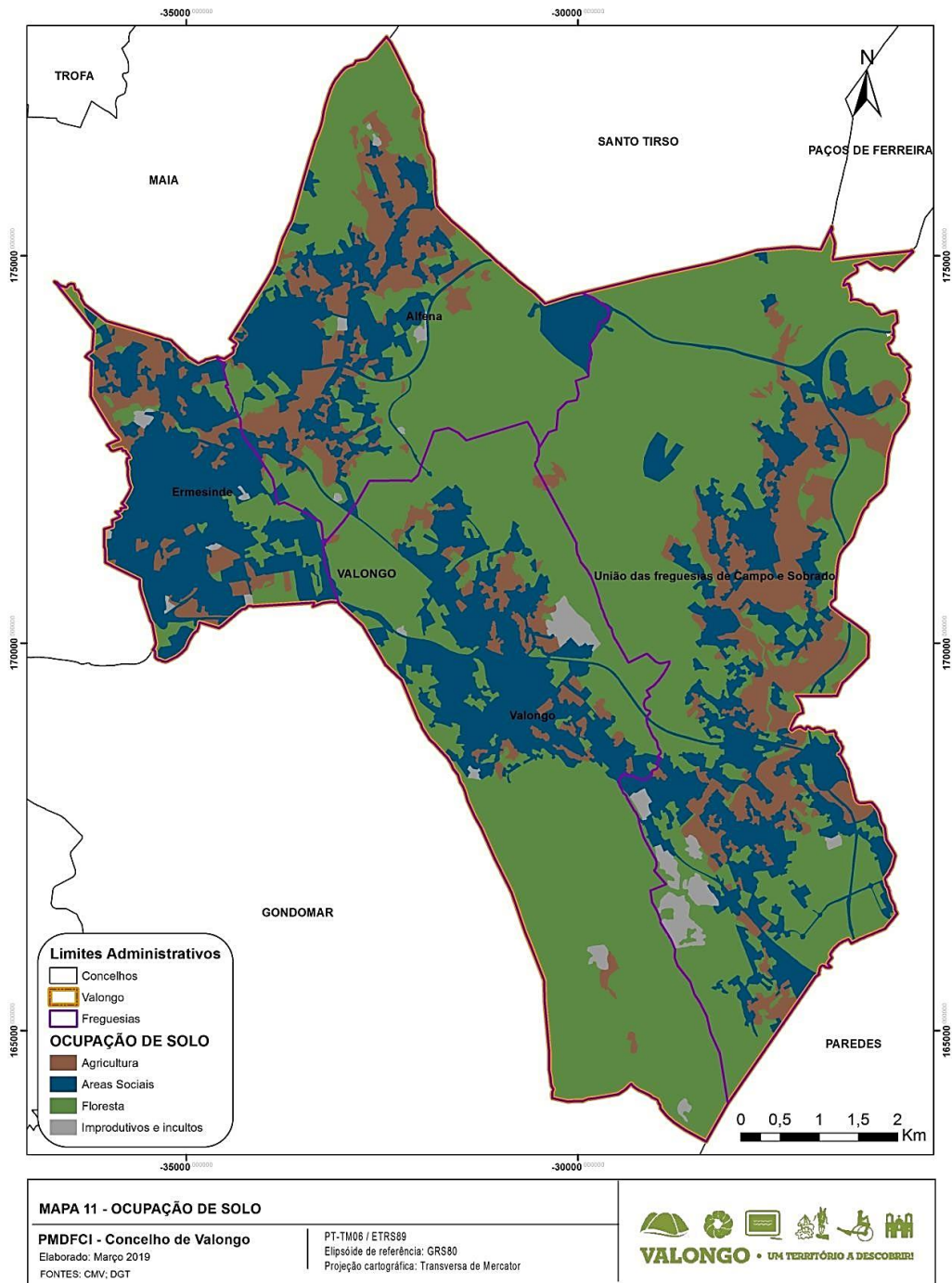


Figura 7 - Carta de ocupação do solo (PDMFCI, 2019).

2.2.5. Vegetação

De acordo com o site da câmara, o Município de Valongo, conforme sugere o próprio nome, abrange vales longos que são delineados por regiões montanhosas, que inclui ecossistemas de grande importância.

Visto que grande parte do território possui cobertura florestal, urge-se que hajam medidas de preservação e remediação. Do ponto de vista biológico, destacam-se as áreas ribeirinhas ao longo dos rios, onde se encontram árvores como amieiros, freixos, feto-real, carvalhos e salgueiros. Além disso, podemos identificar núcleos de florestas típicas da região, onde carvalhos e sobreiros predominam, bem como charnecas com espécies como: urzes, tojos e carqueja

Apesar de predominar a produção intensiva de eucalipto devido à forte influência da indústria de celulose, as Serras de Santa Justa e Pias exibem uma peculiaridade botânica associada a um microclima único, o que proporciona um refúgio para uma grande variedade de outras espécies de plantas (Fig. 8).

Os povoamentos florestais, por freguesias (Tab. 2), mostra que Campo e Sobrado é a que possui maior povoamento florestal, contrastando com Alfena que é a freguesia com menor diversidade de vegetação.

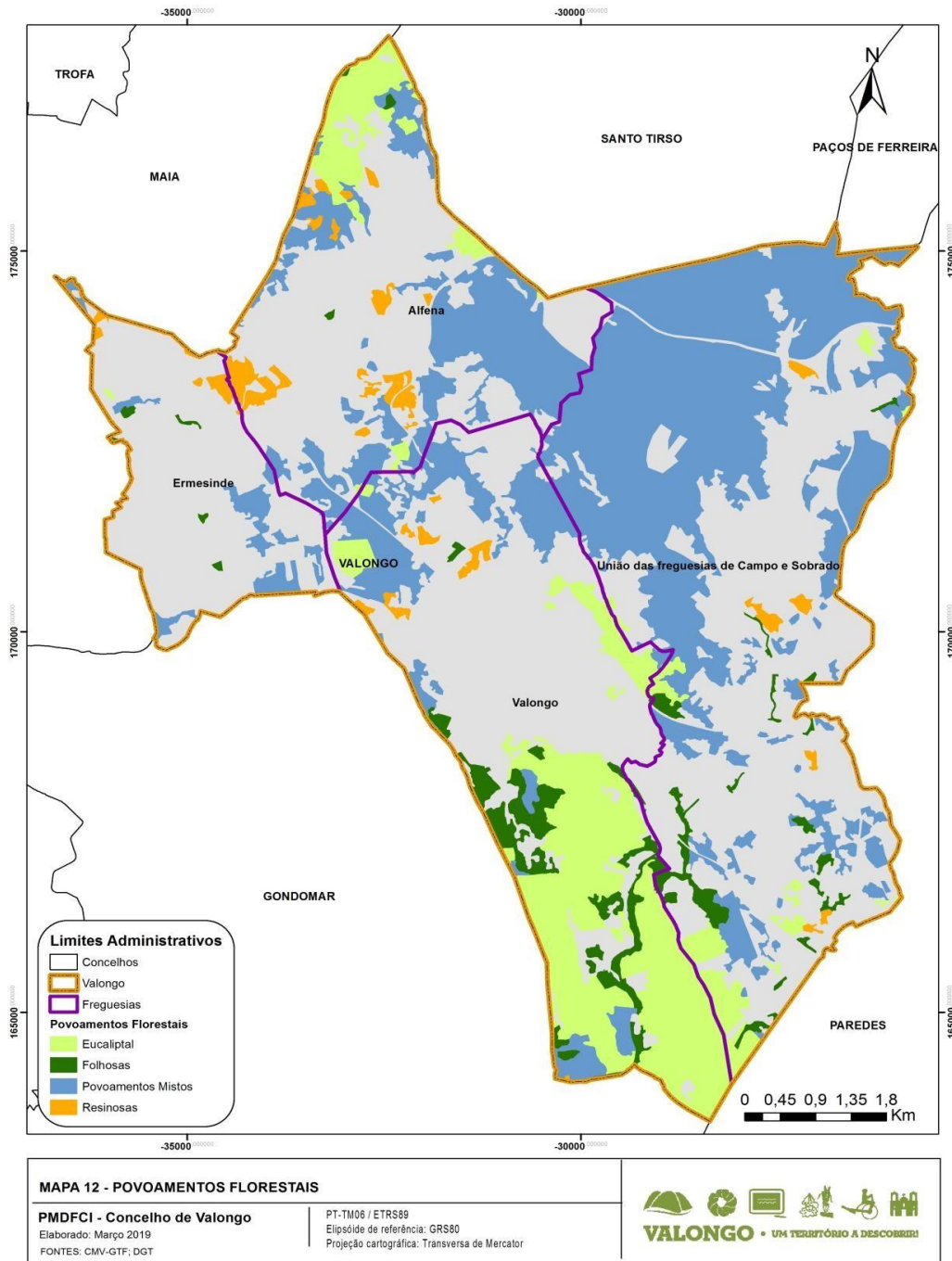


Figura 8 - Carta de povoamentos florestais (PMDFCI, 2019).

POVOAMENTOS FLORESTAIS	FREGUESIAS				
	Alfena	Campo e Sobrado	Ermesinde	Valongo	TOTAL
Eucalipto	141	103	1	659	904
Folhosas	4	73	7	145	229
Povoamentos Mistos	159	1405	71	278	2194
Resinosas	72	24	14	24	134
TOTAL	657	1605	93	1106	3461

Tabela 2 - Povoamentos florestais por freguesia (PMDFCI, 2019).

2.3. Caracterização climática

No território de Valongo, não existem instaladas estações meteorológicas próprias. Por conta disso, para a caracterização do clima do concelho, utilizou-se as Normais Climatológicas da Serra do Pilar, relativas ao período de 1971 a 2010. Os dados apresentados a seguir neste subcapítulo foram obtidos, em grande parte, no PDM de Valongo (2014) e no PMDFCI de Valongo (2019).

Com base nos valores das Normas Climatológicas da estação meteorológica mencionada, o clima no Concelho de Valongo apresenta características de um clima temperado com influência atlântica, mas também está sujeito a influências mediterrâneas. No entanto, esse clima é condicionado pela presença de uma cadeia montanhosa em seu território, o que resulta em temperaturas amenas e na regularidade e abundância das precipitações.

Todos os aspetos climáticos a seguir estão intrinsecamente relacionados ao fato de Valongo estar localizado em uma região temperada. O clima na região é caracterizado por suas variações sazonais distintas, portanto, as oscilações de temperatura ao longo do ano, a distribuição das chuvas, a intensidade dos ventos e os níveis de humidade são todos elementos interdependentes que contribuem para a sua definição geral.

2.3.1. Temperatura

Valongo apresenta uma amplitude térmica anual de 20°C, com valores médios que oscilam entre os 5,0°C e os 25,0°C. Essas temperaturas têm uma tendência crescente de janeiro a julho, atingindo seu pico máximo em agosto, e diminuindo gradualmente de setembro a janeiro. Embora as temperaturas médias em Valongo sejam geralmente amenas durante todo o ano, ocasionalmente ocorrem situações de calor extremo no verão, com a ocorrência de alguns dias em que a temperatura máxima supera os 35°C. Da mesma forma, durante o inverno, ocorrem alguns dias de temperatura mínima abaixo de -2,5°C (Graf. 1).

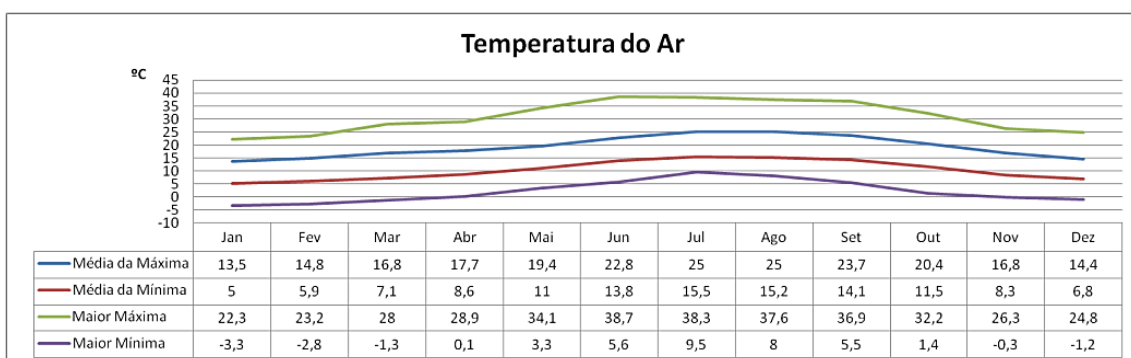


Gráfico 1 - Temperatura do ar na Serra do Pilar entre 1971 e 2000 (PDM, 2014).

A temperatura média anual é de 15,17°C (média aritmética retirada da tabela acima) e verifica-se uma grande disparidade entre os valores médios e os maiores valores de temperatura máxima, chegando esta amplitude a ser cerca de 18°C para os meses mais quentes (Tab. 3). Aliado às altas temperaturas, este fator pode, por exemplo, dificultar a previsão das ocorrências de incêndio florestal.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Temperatura média (°C)	9,5	10,4	12,6	13,7	15,9	19	20,6	20,8	19,5	16,4	13	10,7

Tabela 3 - Média da temperatura média na Serra do Pilar entre 1981 e 2010 (PMDFCI, 2019).

2.3.2. Humidade

Valongo se caracteriza por um clima seco no meio do ano e mais húmido no início e no final. Isso ocorre devido à influência de massas de ar quente e seco no verão, enquanto no inverno, a chegada das frentes atlânticas traz consigo a humidade do oceano, resultando em um aumento das chuvas. Os valores oscilam entre 79% (Abril), 61% (Agosto) e 88% (Dezembro/Janeiro).

É relevante observar que, por conta disso, os níveis da Humidade Relativa do Ar ao longo do ano mantém uma correlação direta com os níveis de precipitação: os meses com menor quantidade de chuva coincidem com os períodos de menor humidade do ar (durante o verão), e vice-versa (Graf. 2).

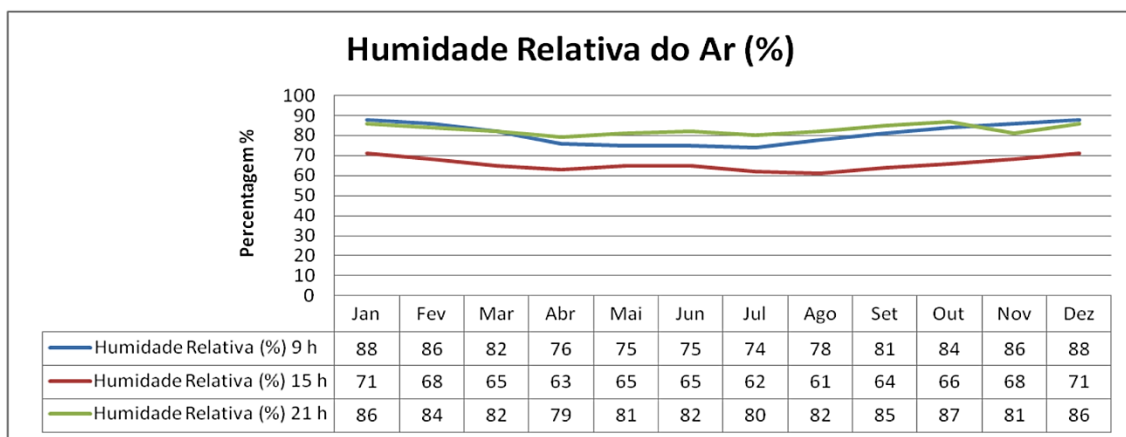


Gráfico 2 - Humidade Relativa do Ar (%) na Serra do Pilar entre 1971 e 2000 (PDM, 2014).

2.3.3. Precipitação

No que diz respeito à quantidade de chuva, Valongo é caracterizada por possuir um clima ameno tanto no verão quanto no inverno. A média anual de precipitação é de 1236,7 mm, distribuindo-se de maneira desigual ao longo do ano. Os meses de julho e agosto são os menos chuvosos, em contraste com os meses de novembro, dezembro e janeiro, que registam as maiores quedas (Graf. 3).

A influência do ciclo hidrológico da precipitação é diretamente perceptível no fluxo de água na área. Isso resulta em valores médios anuais de escoamento que variam de 500 a 1000 mm, com uma notável redução durante o período de verão. Esse padrão de escoamento de água está intrinsecamente relacionado aos padrões de precipitação sazonais e desempenha um papel crucial na gestão dos recursos hídricos da região.

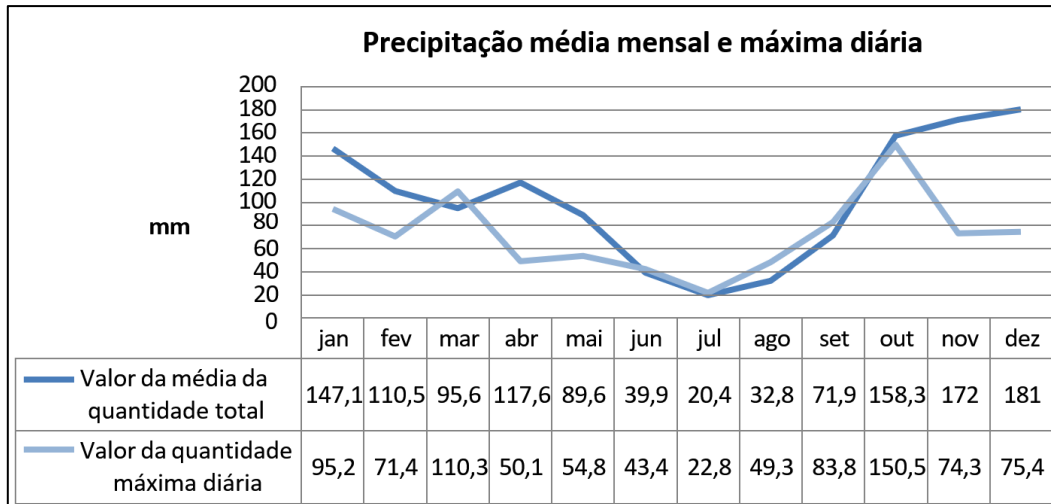


Gráfico 3 - Valores médios mensais da precipitação e máximas diárias na Serra do Pilar entre 1981 e 2010 (PMDFCI, 2019).

2.3.4. Vento

Quando se considera os ventos dominantes (Fig. 9), observa-se que as direções mais comuns são provenientes do Sudeste e do Oeste/Noroeste. Em particular, os ventos de leste são notáveis por apresentarem características quentes e secas devido à sua origem continental. Isso ocorre porque o ar que se desloca sobre as áreas terrestres tende a aquecer e perder umidade durante o percurso, resultando em ventos com essas propriedades específicas. A velocidade média varia entre os 14km/h e os 19km/h (1978) e os valores extremos variam entre os 20km/h e os 38km/h.

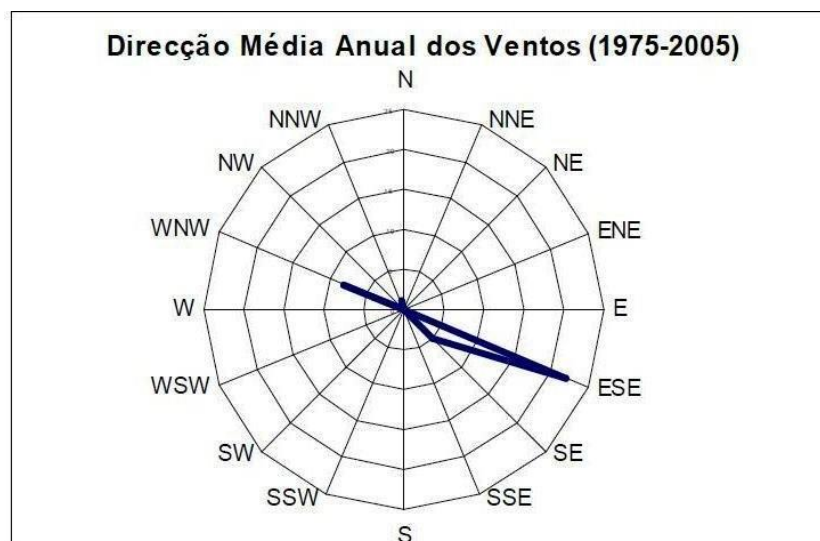


Figura 9 - Ventos dominantes - Normal climatológica Serra do Pilar 1975-2005 (Retirado do PMDFCI, 2019).

A oscilação dos ventos merece especial atenção no período de transição entre meados de maio e setembro. É neste intervalo que se intensifica a presença da nortada, nome dado aos ventos oriundos do quadrante norte-noroeste. Contudo, nota-se que essa nortada tende a atingir um máximo de intensidade durante a tarde (Graf. 4).

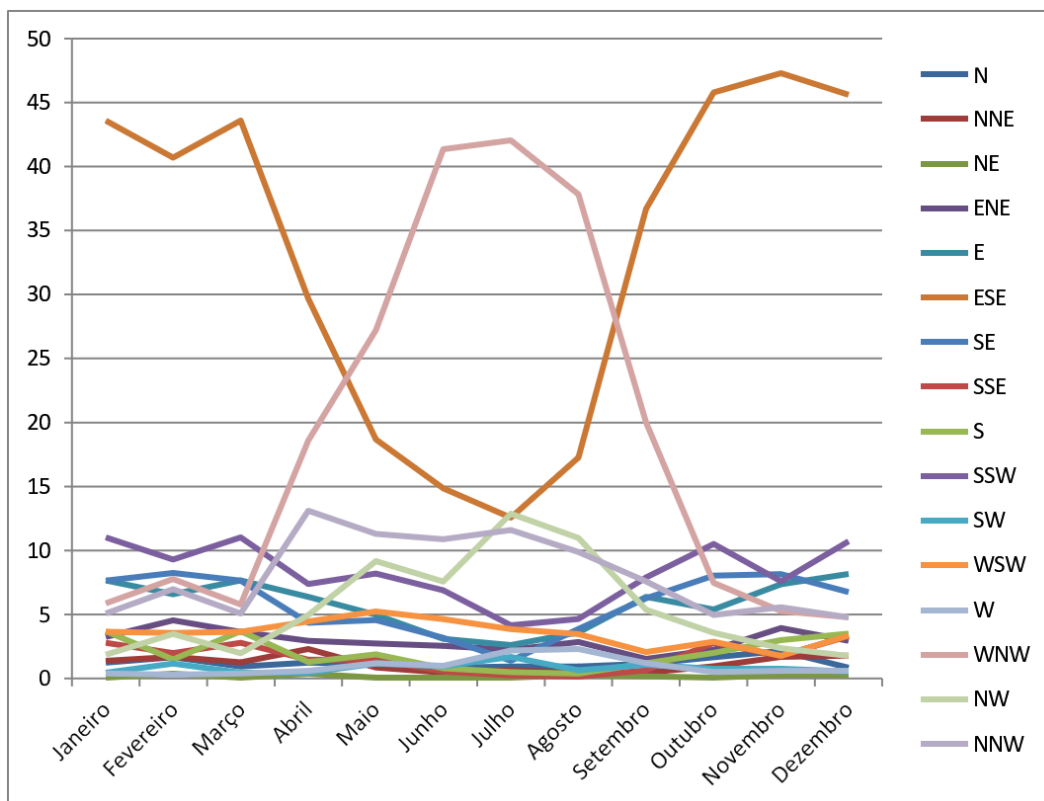


Gráfico 4 - Direção média mensal dos Ventos na Serra do Pilar entre 1975 e 2005 (PMDFCI, 2019).

2.4. Caracterização socioeconómica

Para o desenvolvimento da caracterização socioeconómica do Concelho de Valongo, foram consultados e utilizados o PDM de Valongo (2014) e os dados referentes aos censos de 2001 a 2021 realizado pelo INE.

2.4.1. População residente por freguesia e densidade demográfica

Nas últimas duas décadas Valongo vivenciou um aumento de 7667 habitantes, o que corresponde a um acréscimo demográfico de 8%. Atualmente, o concelho conta com 94672 habitantes, representando cerca de 5% da população residente na Área Metropolitana do Porto e 1% da população nacional. É evidente que no período entre

2001 e 2011, houve um aumento significativo na população do município, fenómeno que não se repetiu no subsequente intervalo de 2011 a 2021 (Tab. 4). Além disso também é possível observar que a população feminina é a que mais prevalece em quase toda a totalidade de faixas etárias (Tab. 5).

Inserido numa das sub-regiões do país mais densamente povoadas, o Município de Valongo possui 75km² e apresenta uma densidade populacional de 1260,11 hab/km², sendo a freguesia de Ermesinde a mais povoada, com 4958,88 hab/km² e a freguesia de Campo e Sobrado a menos povoada com 485,11 hab/km².

Freguesia	2001	2011	2021	Taxa de crescimento de 2001-2011	Taxa de crescimento de 2011-2021
Alfena	13.665	15.211	14.438	11%	-5%
Campo e Sobrado	16.327	15.924	15.276	-2%	-4%
Ermesinde	38.315	38.798	39.076	1%	1%
Valongo	18.698	23.925	25.882	28%	8%
TOTAL	87.005	93.858	94.672	8%	1%

Tabela 4 - Evolução da população residente no concelho (INE, 2021).

Grupo etário	Homens	Mulheres	Total	%
0-14	6.551	6.195	12.746	13,5
15-24	5.222	5.091	10.313	10,9
25-64	25.202	28.006	53.208	56,2
>= 65	7.998	10.407	18.405	19,4
TOTAL	44.973	49.699	94.672	100,0

Tabela 5 - Representação demográfica por grupo etário/sexo em 2021 (INE, 2021).

2.4.2. População economicamente ativa e o aumento da imigração

Da mesma forma que na cidade do Porto em geral, Valongo também se caracteriza por uma predominância do setor económico terciário (serviços) (Tab. 6). O município possui em torno de 80% da sua população empregada no setor terciário, 19% no setor secundário (indústria) e apenas 1% da população empregada no setor primário (agricultura).

Freguesia	Setor primário	Setor secundário	Setor terciário
Alfena	34	1.835	4.448
Campo e Sobrado	41	2.768	3.877
Ermesinde	68	3.733	13.016
Valongo	38	3.174	9.289
TOTAL	181	11.510	30.630

Tabela 6 - Divisão da população economicamente ativa por freguesia e setores económicos em 2021 (INE, 2021).

Aliados a um custo de vida mais barato e uma oferta de emprego relativamente robusta em comparação com os grandes centros urbanos, o concelho de Valongo conquistou o interesse de estrangeiros em busca de qualidade de vida. A partir de 2018, notou-se um notável crescimento na população estrangeira da cidade, que passou de 922 residentes para 2095, em 2022 (Graf. 5).

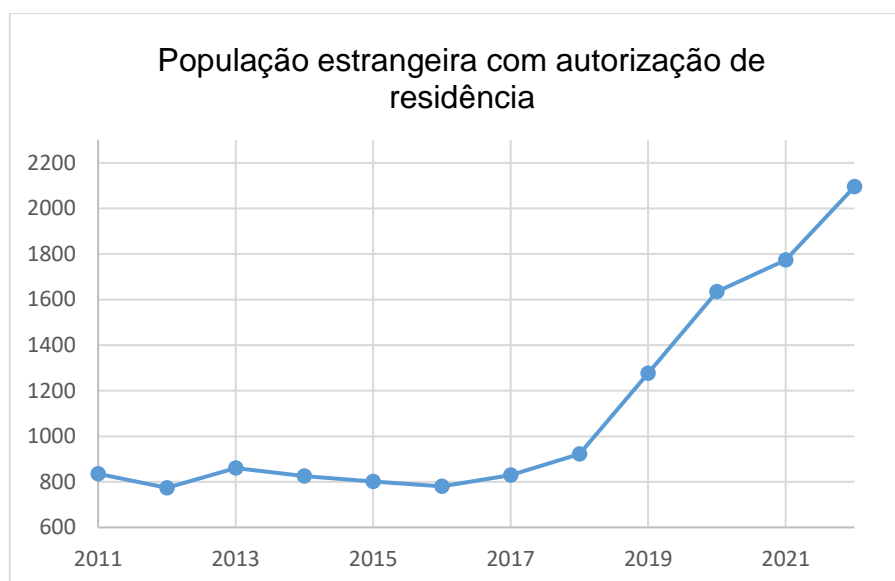


Gráfico 5 - População estrangeira com autorização de residência entre 2011 e 2022 (INE, 2021 e SEF, 2022).

2.4.3. Envelhecimento da população

Desde 2001, o número de idosos para cada 100 jovens passou de 54,9 para 144,4, representando um aumento de 263% (Graf. 6). Com o aumento da expectativa de vida e as baixas taxas de natalidade, Valongo, como muitas outras regiões, precisa se preparar para atender às necessidades específicas dessa crescente população idosa. Isso envolve não apenas fornecer assistência médica e serviços de cuidados de saúde

adequados, mas também criar oportunidades de engajamento social, espaços acessíveis e opções de moradia adaptadas às necessidades dos idosos.

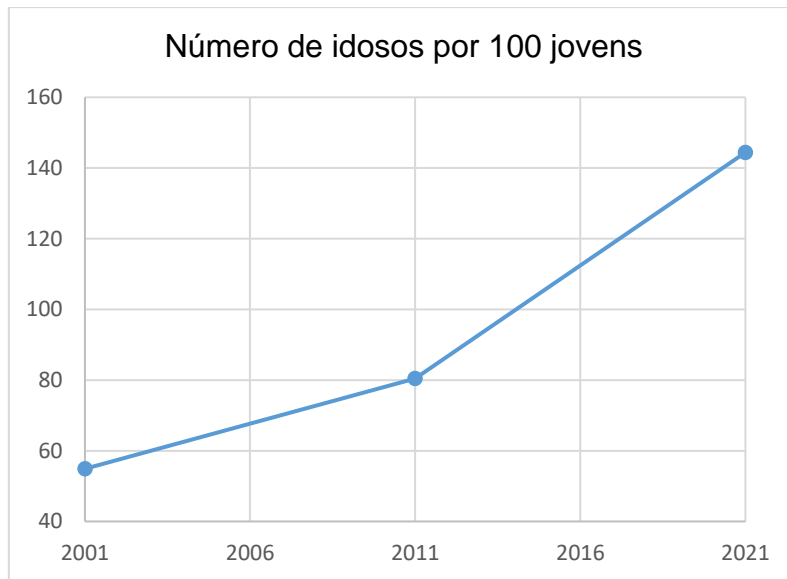


Gráfico 6 - Número de idosos por 100 jovens entre 2001 e 2021 (INE, 2021).

2.4.4. Transporte

No que diz respeito aos transportes públicos rodoviários, o município de Valongo está integrado na rede de transportes dos STCP e de empresas privadas de transporte de passageiros. Portanto, Valongo desfruta de uma localização geográfica extremamente vantajosa, uma vez que se beneficia da rede ferroviária, das autoestradas e dos serviços de transporte de passageiros, que proporcionam uma grande proximidade às principais estações e aos centros de distribuição de mercadorias da região.

Ao analisar as vias regionais que atravessam Valongo e frequentemente têm origem no Porto, destaca-se a importância do IP4/A4 como a principal via de acesso rodoviário. Esta estrada percorre o município no sentido oeste-leste, servindo diretamente as localidades de Ermesinde, Valongo e Campo. Além disso, o nó de ligação entre o IP4/A4 e o IP1/A3 facilita o acesso rápido a cidades como o Porto, Famalicão, Braga, Guimarães e Valença.

“PROXIMIDADE DO CONCELHO ÀS GRANDES ESTRUTURAS METROPOLITANAS”:

- *“Terminal Rodoferroviário PORTO SECO: 0km (faz parte do concelho)”*
- *“Aeroporto Francisco Sá Carneiro: 14km”*
- *“Centro Tecnológico da Maia - TECMAIA: 15km”*
- *“Centro de Exposições Exponor: 16km”*
- *“Porto de Leixões: 18km”*
- *“Refinaria de Leça: 18km”*

3. Conceitos Base

Neste capítulo introduz-se um conjunto de terminologias que foram consideradas importantes e pertinentes definir, de modo a dar suporte a alguns dos conceitos bases utilizados ao longo deste trabalho. As informações foram preferencialmente retiradas do Decreto-Lei nº 254/2007, de documentos elaborados pela Autoridade Nacional de Proteção Civil e artigos científicos relacionados com o assunto.

Risco – De acordo com o Decreto-Lei nº 254/2007, o risco é definido como “a probabilidade de ocorrência de um efeito específico dentro de um período determinado ou em circunstâncias determinadas”.

Vulnerabilidade – A Autoridade Nacional de Proteção Civil define como “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”. Define-se, portanto, como a exposição da comunidade aos perigos.

Elementos expostos – Pode-se considerar quaisquer infraestruturas, população ou atividades económicas que estejam potencialmente expostas a um perigo (Julião et al., 2009).

Perigo – De acordo com a Autoridade Nacional de proteção Civil, é “um processo (ou ação) natural, tecnológico ou misto suscetível de produzir perdas e danos identificados”.

Perigosidade – Segundo Zêzere et al. (2008), pode ser estabelecida como “a probabilidade de ocorrência (avaliada qualitativa ou quantitativamente) de um fenómeno com uma determinada magnitude (a que está associado um potencial de destruição), num determinado período de tempo e numa determinada área”.

Suscetibilidade – Segundo Zêzere (1997), entende-se como “a probabilidade espacial de ocorrência de um determinado fenómeno, numa certa área com base nos fatores condicionantes do terreno.”

Risco naturais – Correspondem aos riscos associados ao funcionamento de sistemas naturais (Zêzere et al., 2008)

Riscos antrópicos – Pode-se definir como riscos associados a acidentes maioritariamente súbitos e não planejados, decorrentes de atividade humana (Julião et al., 2009).

Riscos tecnológicos – São riscos associados à atividade humana, sendo consequências do não cumprimento de normas de segurança relacionadas ao manuseio de produtos perigosos ou à utilização inadequada da tecnologia (Oliveira, 2006).

A compreensão dessas bases teóricas é indispensável para a análise crítica da metodologia aplicada, do cálculo do risco e dos estudos de caso que serão abordados nos capítulos subsequentes. Esses conceitos servem como alicerces, que não apenas informam, mas também validam a abordagem adotada nesta pesquisa.

4. Metodologia

O cronograma adotado (Fig. 10) para realização deste trabalho consistiu, numa primeira fase, em uma análise global sobre os riscos ambientais aos quais o concelho de Valongo está sujeito. Em seguida foi realizada uma identificação e classificação dos riscos de origem natural e dos riscos de origem antrópica. Após esta primeira fase, procedeu-se a recolha de informações bibliográficas a cerca de como estes riscos estão distribuídos no concelho e seu devido grau de importância. Em uma última fase, já com as informações necessárias obtidas, foi elaborada uma nova metodologia para se conseguir quantificar o grau dos riscos selecionados. Além disso, foi realizada a análise de dois estudos de caso para que se pudesse comprovar a eficácia da metodologia criada.

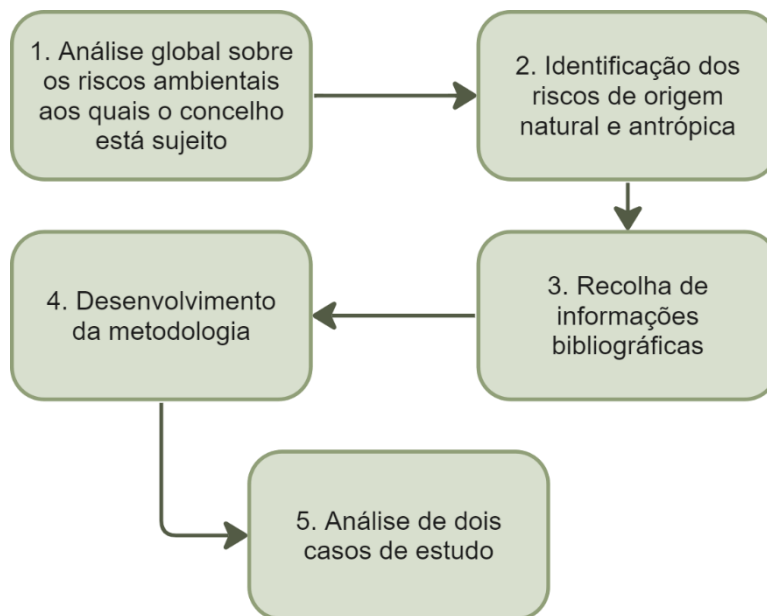


Figura 10 - Representação do cronograma realizado.

Após a análise de todas as informações recolhidas, foi possível classificar os riscos naturais e antrópicos (Fig. 11). A partir desta classificação, prosseguiu-se para a identificação dos parâmetros de vulnerabilidade e perigosidade aos quais foram julgados necessários para se calcular cada um dos riscos.

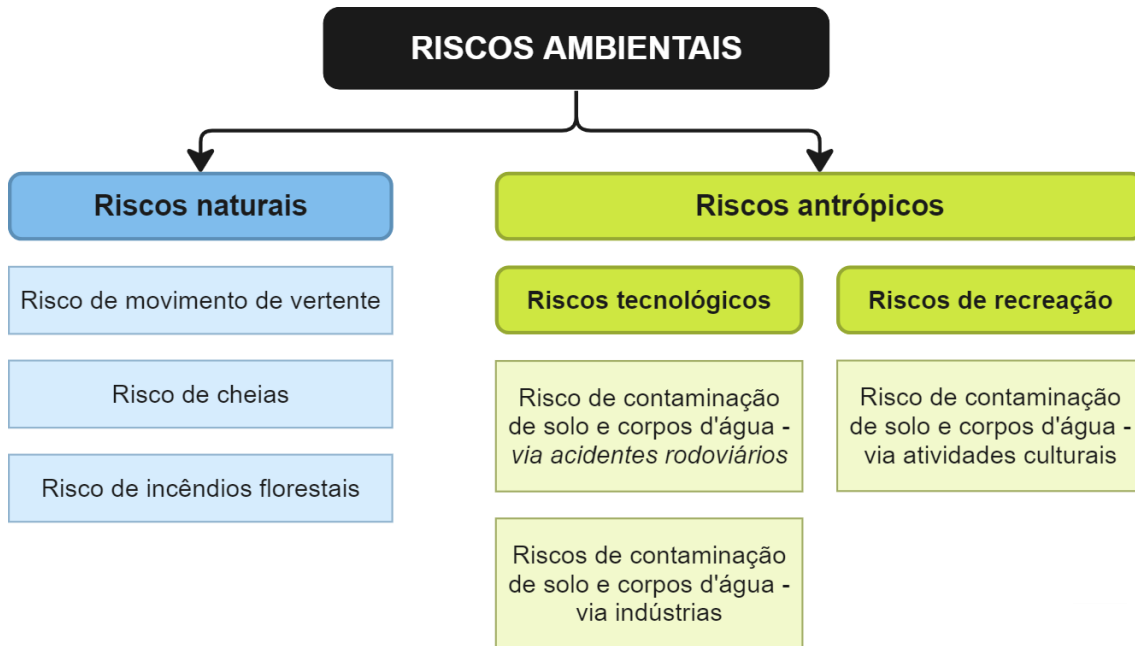


Figura 11 - Esquemática dos riscos ambientais considerados para realização da metodologia.

4.1. Riscos Naturais

Ao realizar o estudo bibliográfico e desenvolvimento desta metodologia dos riscos naturais, pode-se concluir que os critérios para os parâmetros de vulnerabilidade são os mesmos para os 3 riscos. Como critério para definição da **vulnerabilidade** utilizaram-se os seguintes parâmetros:

- **Áreas habitacionais e de serviços:** A densidade populacional e a concentração de infraestruturas aumentam a suscetibilidade aos danos causados por eventos naturais (Cutter et al., 2003).
- **Património natural e cultural:** Património cultural refere-se ao legado de bens físicos e intangíveis e valores transmitidos de geração em geração representando tradições e vivências de um grupo ou sociedade, como por exemplo, fojos, minas que remontam a época romana, pontes, moinhos, etc. A perda deste património pode levar a efeitos negativos na história e tecido social e cultural de uma sociedade (UNESCO, 2010). Já como património natural podemos classificar como um conjunto de recursos naturais e fenômenos físicos que têm uma importância significativa tanto para a humanidade como para o ecossistema em que vivemos, como por exemplo, a Serra de Santa Justa, áreas florestais, plantas em extinção, etc. A sua perda pode ter impactos significativos no equilíbrio ecológico e sustentável de uma região (Turner et al., 2003).

- **Vias de comunicação**: Pode-se considerar vias rodoviárias, ferroviárias, fluviais, aéreas e marítimas. A interrupção dessas vias por desastres naturais pode isolar comunidades, causar danos às pessoas, atrasar respostas de emergência e causar impactos econômicos significativos (Koks et al., 2019).
- **Infraestruturas**: Considera-se infraestruturas relacionadas a redes de abastecimento de energia e água e saneamento básico. A dependência desses serviços amplifica a vulnerabilidade e sua interrupção pode agravar a situação em uma comunidade (Tierney, 1999).
- **Medidas de prevenção e sistemas de alerta**: Neste atributo podemos considerar quaisquer medidas que o concelho tenha para prevenir ou diminuir o impacto dos riscos. Essas medidas desempenham um papel fundamental na mitigação dos mesmos e a ausência delas pode causar sérios impactos (Coppola, 2015).
- **Realização de simulacros**: Deve-se considerar se há simulacros sendo realizados para prevenir as consequências dos riscos naturais e, se houver, de quanto em quanto tempo eles acontecem. Simulacros são essenciais para testar e validar planos de emergência, com o intuito de diminuir o número de pessoas vulneráveis aos riscos (Coppola, 2015).

Além da vulnerabilidade em comum entre os 3 riscos de origem natural, também é possível destacar alguns parâmetros de **perigosidade**, que estarão presentes tanto nos riscos naturais quanto nos antrópicos, sendo eles:

- **Histórico de ocorrências**: Neste parâmetro deve-se considerar se já houve casos registados de movimentos de vertente, cheias, incêndios florestais ou contaminação de solos/corpos d'água no local. É uma abordagem fundamental, o histórico de eventos passado permite estimar a probabilidade de ocorrência de eventos futuros (Field et al., 2013).
- **Combinação de outras tipologias de risco**: Leva-se em conta se há um ou mais fenômenos e ocorrências de risco acontecendo no local, pois se interconectados podem ter efeitos multiplicadores uns sobre os outros e aumentar significativamente o nível de perigosidade (Kappes et al., 2012).
- **Precipitação**: Nesta variável foram classificados valores médios anuais baseados na precipitação do município. O que pode mudar dependendo do risco em questão será o perigo dos atributos. Em situações de inundações, por exemplo, a precipitação é o principal gatilho (Merz et al., 2007). Considerando-

se movimentos de vertente, a quantidade e intensidade da precipitação podem ser fatores determinantes (Guzzetti et al., 2008). Já no caso de incêndios florestais, a ausência de chuva ou níveis baixos podem levar a condições de seca, que aumentam a suscetibilidade à ocorrência de incêndios (Dennison et al., 2014).

- **Declive**: Foram identificados os valores máximos e mínimos de declive de acordo com a Carta de Declives do Município de Valongo. Esse é um fator primário que influencia na estabilidade das encostas, uma vez que quanto mais íngreme, maior sua instabilidade (Cruden & Varnes, 1996). Outro exemplo é o de inundações, áreas com declive mais íngreme resultam em um escoamento mais rápido, aumentando assim a probabilidade de inundações em áreas de menor declive (Chow et al., 1988). Além disso, em incêndios florestais o declive afeta a velocidade e direção da propagação do fogo, pois move-se mais rapidamente morro acima (Rothermel, 1983).

4.1.1. Risco de Movimento de Vertentes

O risco de deslizamentos de terra é uma preocupação ambiental constante em muitas regiões montanhosas e inclinadas em todo o mundo. Crozier (2010) destaca que as mudanças climáticas podem afetar a frequência e intensidade destes eventos. Logo, de acordo com Guzzetti et al. (1999) é extremamente importante a identificação de áreas propensas a este risco para um melhor planejamento urbano e mitigação das consequências, principalmente em municípios com a topografia montanhosa como Valongo.

Perante o exposto, para o cálculo do risco de movimento de vertente foram analisadas diversas informações e pode-se classificar os parâmetros de **perigosidade** da seguinte forma:

- **Sinais de movimentação**: Entende-se que fissuras, inclinação de árvores e deformações na superfície podem ser um grande indicador crítico da instabilidade do terreno, servindo assim de advertência para o risco (Cruden & Varnes, 1996).
- **Coberto da superfície**: Pode-se entender como material ou substância que reveste determinada superfície. A vegetação e quaisquer outros tipos de

cobertura superficial pode afetar a estabilidade do solo nas encostas, o escoamento superficial e a infiltração da água (Wu et al., 1979).

- **Geologia do local**: A composição geológica, incluindo tipo de rocha e estrutura do solo, é um fator-chave na determinação da resistência e estabilidade de uma encosta (Glade et al., 2005).
- **Depósito de resíduos**: O depósito de resíduos, especialmente quando mal geridos, pode não só aumentar a carga sobre as encostas, como pode alterar as propriedades hidrológicas do solo, afetando a infiltração e escoamento da água (Froude & Petley, 2018).

4.1.2. Risco de Cheias

Sabe-se que as mudanças climáticas vêm se tornando cada vez mais perceptíveis e trazendo consigo muitos problemas. Diante dos diversos estudos é possível confirmar que futuramente teremos ondas de calor e fortes precipitações com mais frequência (IPCC, 2018). Além disso, de acordo com dados internos da Proteção Civil de Valongo, ocorreram 113 relatos de inundações no período de novembro de 2022 até setembro de 2023, salientando assim a importância de se adotar uma maior preocupação com as cheias. Segue abaixo alguns parâmetros utilizados para o cálculo da **perigosidade**:

- **Altitude**: Neste parâmetro foram analisados os valores máximos e mínimos de acordo com a Carta de Altitudes do Município de Valongo. A altitude determina o caminho e velocidade do escoamento da água durante e após os eventos de chuva, com áreas mais elevadas muitas vezes direcionando a água para vales, aumentando a suscetibilidade a cheias (Montz & Grunfest, 2002).
- **Coberto da superfície**: A remoção da vegetação ou a construção de superfícies impermeáveis reduzem a capacidade de infiltração da água, aumentando significativamente o risco de cheias (Wolman & Gerson, 1978).
- **Distância de linhas d'água**: A proximidade de rios e córregos é um dos fatores de grande importância, pois durante eventos de chuva intensa os níveis de água podem subir rapidamente e alagar as áreas adjacentes (Chow et al., 1988).

Além dos parâmetros de vulnerabilidade citados anteriormente, pode-se salientar que o parâmetro distância de linhas d'água também pode ser considerado um fator de vulnerabilidade, pois locais com maior probabilidade de cheias tornam-se mais vulneráveis.

4.1.3. Risco de Incêndios Florestais

A nível mundial, a frequência e a gravidade dos incêndios florestais estão a aumentar, refletindo mudanças climáticas que agravam as condições de seca e aumentam a probabilidade de condições favoráveis a incêndios (Jolly et al., 2015; Flannigan et al., 2009). O risco de incêndios florestais aumentou drasticamente em Portugal, sendo 2017 um dos anos mais destrutivos em termos de perdas humanas, com mais de 100 mortes, e ambientais, cerca de 500.000 hectares queimados (Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, 2018).

Portanto é extremamente necessário analisarmos com mais vigor as possíveis causas deste aumento e como podemos intervir. Por consequência, segue abaixo os parâmetros de **perigosidade** para o devido risco:

- **Coberto vegetal**: Entende-se por este tópico como toda a tipologia de vegetação que cobre uma superfície. Como exemplo de algumas variáveis temos:

- Espécies autóctones resistentes ao fogo: Pinheiro-bravo (*Pinus pinaster*)

Esta planta nativa portuguesa possui uma grande casca que pode proteger a árvore dos efeitos do calor e já foi bastante utilizada para reflorestamento (Fernandes et al., 2008)

- Espécies autóctones pouco resistentes ao fogo: Medronheiro (*Arbutus unedo*)

Outro exemplo de planta nativa de Portugal, encontrada geralmente nas regiões do Algarve e centro do país. A sua resistência ao fogo é considerada baixa pois apesar de sua capacidade de rebrotar após um incêndio, se árvores jovens da espécie forem ardidas, pode acabar por afetar esta vantagem de regeneração.

- Espécies introduzidas resistentes ao fogo: Cipreste (*Cupressus spp.*)

Sendo uma árvore introduzida, pesquisas na região do Mediterrâneo indicam que o cipreste pode atuar como uma barreira ao fogo em paisagens onde incêndios florestais são uma preocupação, devido à sua casca grossa e à disposição de seus ramos (Della Rocca et al., 2020)

- Espécies introduzidas pouco resistentes ao fogo: Eucalipto (*Eucalyptus globulus*)

É uma espécie introduzida em Portugal, e suas características podem aumentar o risco de incêndios em algumas áreas, devido ao óleo inflamável

nas suas folhas e a grande quantidade de material morto que pode deixar no chão, facilitando a propagação do fogo (Moreira et al., 2009; Moreira et al., 2011). A Lei n.º 76/2017, de 17 de agosto, introduziu medidas específicas para a prevenção de incêndios, incluindo restrições do seu plantio em determinadas áreas e a necessidade de autorização para o replantio em locais já ocupados por essa árvore.

- **Remoção da cobertura vegetal:** A remoção de espécies invasoras sem a devida recuperação do solo ou a remoção descontrolada de espécies autóctones pode alterar as características do combustível na paisagem, influenciando assim a propagação do fogo (Pausas et al., 2008).
- **Distância de linhas d'água:** A água atua como uma barreira natural, reduzindo a continuidade do material combustível. Logo, pode ser considerado como um parâmetro para diminuir a perigosidade do risco (Agee, 1996).
- **Temperatura média anual:** Foram identificados a média anual através dos valores de máxima e mínima mensais de Valongo. A temperatura elevada diminui a umidade relativa do ar, facilitando a ignição dos combustíveis (folhas e galhos) (Rothermel, 1972).
- **Humidade relativa do ar:** Este parâmetro é um fator crítico nos modelos de cálculo deste risco, pois os baixos níveis podem secar o combustível vegetal, tornando-o mais suscetível à ignição (Dennison et al., 2014).
- **Vento:** Foram identificados valores de máxima e mínima mensais de Valongo. O vento é outro fator crucial, pois aumenta a disponibilidade de oxigênio para o fogo e pode transportar brasas, levando a sua rápida propagação e até mesmo ignições secundárias (Rothermel, 1983).

4.2. Riscos Antrópicos

A degradação do nosso planeta tem sido uma preocupação global crescente à medida que os impactos das atividades humanas se tornam mais evidentes. Em todo o mundo, observa-se a contaminação de ecossistemas aquáticos e terrestres, muitas vezes com consequências desastrosas para a biodiversidade e comunidades locais (Sala et al., 2000). Historicamente, o distrito do Porto, onde Valongo está inserido, é uma área de intensa atividade industrial, aumentando a probabilidade de possíveis contaminações. Ademais, acidentes e atividades culturais também podem contribuir para esse risco quando não são tomadas medidas adequadas de gestão de segurança e gestão de resíduos (UNEP & UN-HABITAT, 2010).

Como forma de prevenir e diminuir os riscos antrópicos, elaborou-se a metodologia a seguir. Além dos parâmetros de vulnerabilidade já mencionados no início do tópico de riscos naturais, também pode-se ressaltar que nos riscos antrópicos deve-se considerar os seguintes parâmetros tanto para **vulnerabilidade** quanto para **perigosidade**:

- **Distância de linhas d'água**: Em caso de a área em estudo estar situada próxima a rios, lagos ou lençóis freáticos, qualquer contaminação presente no solo alcança e infiltra-se com maior facilidade nessas fontes de água (Khan et al., 2008).
- **Tipologia da ocupação do solo**: Este tópico é um fator determinante nestes riscos, pois diferentes usos do solo possuem variadas propensões e consequências à contaminação e capacidades distintas de filtragem de poluentes (Foster et al., 2000).

4.2.1. Risco de contaminação de solos e corpos d'água via acidentes rodoviários

Pode-se observar que ao longo da última década houve um aumento preocupante na frequência de acidentes rodoviários com graves repercussões para o meio ambiente. Incidentes que muitas vezes envolvem o derramamento de cargas perigosas como produtos químicos e combustíveis, tendo o potencial para contaminar solos, lençóis freáticos e corpos d'água, resultando em desequilíbrios ecológicos e riscos à saúde pública (Fingas, 2021). Além dos danos ambientais, os custos para recuperação das áreas afetadas são dispendiosos.

Logo, ressaltando a relevância deste tópico, segue abaixo os parâmetros utilizados para o cálculo da **perigosidade**:

- **Nevoeiro**: O nevoeiro é um fenômeno meteorológico que afeta a segurança rodoviária devido à redução da visibilidade, aumentando o risco de acidentes (Peng et al., 2017).
- **Tráfego**: O aumento no volume do tráfego está diretamente associado a um aumento no número de acidentes (Elvik et al., 2009).
- **Tipo de via**: Rodovias de alta velocidade, como autoestradas, frequentemente possuem um tráfego mais intenso e com veículos circulando em maior velocidade (Elvik et al., 2009).

- **Características da via**: Características como curvas acentuadas, passagens de nível, cruzamentos e entradas de vias podem resultar em acidentes graves se relacionados com outros fatores (Peden et al., 2004).
- **Declive**: O declive pode não só facilitar a rápida movimentação de contaminantes, como pode aumentar a velocidade dos veículos e consequentemente a gravidade dos acidentes (Haan et al., 1994; AASHTO, 2018).
- **Precipitação**: Assim como declive, a precipitação ajuda a transportar os contaminantes para o solo e corpos d'água com mais facilidade (Shuster et al., 2007) e também aumenta o risco de acidentes.
- **Tipologia de carga derramada**: Segundo Horowitz (1985), diferentes substâncias químicas têm potenciais distintos de lixiviação no solo, mobilidade e persistência ambiental. Alguns exemplos de cargas:
 - **Materiais inertes**: materiais que não representam risco significativo à saúde humana ou ao meio ambiente, como madeira.
 - **Materiais não perigosos**: materiais que não apresentam um risco tão elevado de contaminação de solo e corpos d'água, como plásticos, metais não tóxicos, papel, etc.
 - **Materiais perigosos**: materiais que representam um grande perigo, como inflamáveis, tóxicos, corrosivos e radioativos.

4.2.2. Risco de contaminação de solos e corpos d'água via indústrias

As indústrias vêm se tornando cada vez mais essenciais na vida do ser humano e com elas surgem muitos desafios e problemas ambientais. As indústrias, especialmente as envolvidas com materiais perigosos, podem liberar substâncias tóxicas que se não forem adequadamente gerenciadas, podem infiltrar-se no solo e contaminar fontes de água subterrâneas ou até mesmo corpos d'água superficiais. Essa contaminação pode afetar a biodiversidade inteira de uma região ou tornar impróprio para manejo e consumo (Wang & Yang, 2016; Khan et al., 2008).

Diante deste perigo, nesta nova metodologia adotou-se os seguintes parâmetros de **perigosidade**:

- **Protocolos de higiene e segurança/ Sistemas de gestão ambiental**: Este é um tópico fundamental para avaliar e mitigar os riscos associados à

contaminação. A falta ou inadequação destes protocolos/sistemas pode levar a derramamentos, vazamentos ou descargas inadequadas de resíduos industriais, causando um grande impacto no meio ambiente (Boiral, O., 2013).

- **Vistoria e manutenção dos equipamentos**: Equipamentos defeituosos ou mal mantidos podem ser fontes significativas de poluição, uma vez que falhas operacionais podem resultar na liberação de poluentes (Boiral, O., 2013).
- **Tipologia de indústrias**: Segundo Kumar et al. (2016), indústrias químicas e outras que manuseiam materiais perigosos, têm um potencial maior de contaminação comparado com indústrias do setor têxtil. Para exemplificar os níveis de perigo das indústrias temos:
 - **Indústria com baixa/quase nenhuma perigosidade**: setores de alimentos e bebidas, fabricação de produtos de papel e celulose, fabricação de móveis e decoração, entre outros.
 - **Indústria com baixa à média perigosidade**: engloba setores da indústria têxtil e de vestuário, fabricação de produtos eletrônicos, indústria automobilística, entre outros.
 - **Indústria com média perigosidade**: fabricação de produtos químicos minimamente agressivos, setores de petróleo e gás, entre outros.
 - **Indústria com média à alta perigosidade**: engloba setores como mineração, metalúrgica, tratamento de produtos químicos tóxicos, entre outros.
 - **Indústria com alta perigosidade**: setores de produtos químicos altamente agressivos, refino de petróleo, energia nuclear, entre outros.

4.2.3. Risco de contaminação de solos e corpos d'água via atividades culturais

Assim como os dois tópicos anteriores, atividades culturais como, por exemplo, desportos radicais, caminhadas e observação da natureza, também podem trazer impactos para o solo e os corpos d'água da região. Como parâmetros para se calcular a **perigosidade** deste risco, foram utilizados os seguintes dados:

- **Tipo de atividade**: Atividades que envolvem o uso de veículos motorizados podem levar à liberação de combustíveis nos ecossistemas. Por outro lado, caminhadas e camping podem resultar na contaminação por resíduos sólidos, sucedendo à contaminação microbiológica dos corpos d'água (Pickering et al., 2011).

- **Tipologia do solo**: A tipologia do solo desempenha um papel crucial na contaminação, pois solos arenosos, por exemplo, têm alta permeabilidade e podem facilitar a rápida lixiviação de contaminantes para lençóis freáticos e corpo d'água próximos (Mcbride, 1994).
- **Tipologia da vegetação**: Diferentes tipos de vegetação têm capacidade variadas de retenção de nutrientes e contaminantes (Vymazal, 2011).
- **Realizações de ações de sensibilização ambiental**: Pesquisas indicam que a educação ambiental pode ter um impacto significativo no comportamento humano, levando a práticas mais sustentáveis (Monroe, 2003). Campanhas de conscientização bem-sucedidas podem reduzir o descarte inadequado de resíduos, que é uma fonte significativa de contaminação em áreas naturais (Schultz, 2011).
- **Apoios logísticos à atividade**: Uma logística bem planejada pode incluir a coleta eficaz de resíduos, instalações sanitárias adequadas e práticas de armazenamento seguro para potenciais materiais perigosos, sendo estes elementos fundamentais para minimizar o impacto ambiental (Fazzo et al., 2017).

Por fim, para proporcionar um entendimento mais aprofundado e permitir um exame detalhado das metodologias específicas para cada tipo de risco, todos os parâmetros e atributos de vulnerabilidade e perigosidade utilizados na pesquisa podem ser consultados nos Anexos 1 a 6 deste documento.

5. Cálculo do risco

De acordo com o Zêzere (2008) e com os ensinamentos aprendidos com o professor António Guerner na aula de Riscos Naturais do Mestrado de Ciência e Tecnologia do Ambiente da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP), o risco pode ser definido da seguinte forma (Fig. 12):

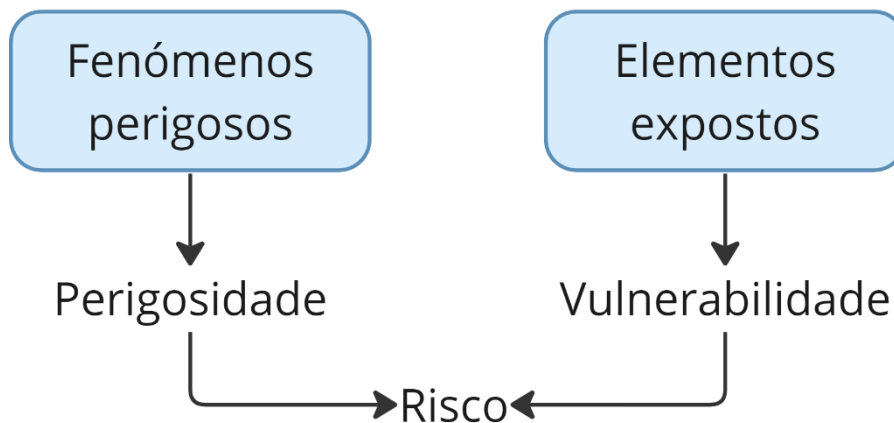


Figura 12 - Modelo conceitual do risco.

Para a determinação dos índices de perigosidade e vulnerabilidade, foi necessário estabelecer parâmetros específicos, cada um com seu respetivo peso ou relevância, expresso em termos percentuais. A percentagem foi decidida em conjunto com a chefe da Divisão de Ambiente da Câmara Municipal de Valongo. Além disso, cada parâmetro contém atributos (disponíveis para melhor visualização nos anexos) que são quantitativamente classificados em uma escala que varia de 1 a 5, onde 1 representa o atributo de menor ameaça e 5 denota o de maior ameaça. A equação utilizada para obter os resultados é a seguinte:

$$\text{Perigosidade ou Vulnerabilidade} = \sum (PPi \times VA)$$

Legenda:

PPi - Peso / relevância do parâmetro (percentagem)

VA – valor do atributo (de 1 a 5)

Conforme delineado na seção metodológica, os riscos apresentam variações significativas em termos de parâmetros e atributos, o que inevitavelmente resulta em uma heterogeneidade de valores quantitativos. No entanto, por meio da análise dos cálculos, foi possível identificar que o valor mínimo estabelecido para os índices de

perigosidade e vulnerabilidade, em todos os cenários de risco analisados, é igual a 1. Este padrão é exemplificado a seguir, no contexto específico de risco associado a eventos de cheias.

$$Perig_{\min}(RC) = ((0,25 \times 1) + (0,25 \times 1) + (0,20 \times 1) + (0,10 \times 1) + (0,10 \times 1) + (0,05 \times 1) + (0,05 \times 1)) = 1$$

$$Vuln_{\min}(RC) = ((0,25 \times 1) + (0,25 \times 1) + (0,15 \times 1) + (0,15 \times 1) + (0,10 \times 1) + (0,10 \times 1)) = 1$$

Adicionalmente, por meio da equação citada, foi possível determinar os valores máximos para as métricas em questão, o que permitiu uma categorização mais refinada dos níveis de perigosidade e vulnerabilidade (Tab. 7 / Tab. 8). Para uma análise mais aprofundada, os cálculos referentes a estes valores podem ser consultados no Anexo 7.




Categorização		PERIGOSIDADE				
		Baixa	Média Baixa	Média	Média Alta	Alta
RISCOS	Movimento de vertentes	[1,0; 1,65[	[1,65; 2,3[	[2,3; 2,95[	[2,95; 3,6[	[3,6; 4,25]
	Cheias	[1,0; 1,76[	[1,76; 2,52[	[2,52; 3,28[	[3,28; 4,04[	[4,04; 4,8]
	Incêndios florestais	[1,0; 1,76[	[1,76; 2,52[	[2,52; 3,28[	[3,28; 4,04[	[4,04; 4,8]
	Contaminação via acidentes rodoviários	[1,0; 1,6[	[1,6; 2,2[	[2,2; 2,8[	[2,8; 3,4[	[3,4; 4,0]
	Contaminação via indústrias	[1,0; 1,76[	[1,76; 2,52[	[2,52; 3,28[	[3,28; 4,04[	[4,04; 4,8]
	Contaminação via atividades culturais	[1,0; 1,65[	[1,65; 2,3[	[2,3; 2,95[	[2,95; 3,6[	[3,6; 4,25]

Tabela 7 - Categorização dos níveis da perigosidade para cada risco, baseado nos cálculos do Anexo 7.

Categorização		VULNERABILIDADE				
		Muito reduzida	Reduzida	Moderada	Elevada	Muito elevada
RISCOS	Movimento de vertentes	[1,0; 1,51[	[1,51; 2,02[	[2,02; 2,53[	[2,53; 3,04[	[3,04; 3,55]
	Cheias	[1,0; 1,51[	[1,51; 2,02[	[2,02; 2,53[	[2,53; 3,04[	[3,04; 3,55]
	Incêndios florestais	[1,0; 1,51[	[1,51; 2,02[	[2,02; 2,53[	[2,53; 3,04[	[3,04; 3,55]
	Contaminação via acidentes rodoviários	[1,0; 1,59[	[1,59; 2,18[	[2,18; 2,77[	[2,77; 3,36[	[3,36; 3,95]
	Contaminação via indústrias	[1,0; 1,62[	[1,62; 2,24[	[2,24; 2,86[	[2,86; 3,48[	[3,48; 4,1]
	Contaminação via atividades culturais	[1,0; 1,62[	[1,62; 2,24[	[2,24; 2,86[	[2,86; 3,48[	[3,48; 4,1]

Tabela 8 - Categorização dos níveis da vulnerabilidade para cada risco, baseado nos cálculos do Anexo 7.

Para uma melhor análise dos dados e valores adquiridos, o “Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal”, produzido pela Autoridade Nacional de Proteção Civil classificou o risco em 3 níveis:

-  ➤ Risco Elevado
-  ➤ Risco Moderado
-  ➤ Risco Reduzido

Contudo, com o objetivo de conferir maior rigor na avaliação e classificação dos riscos, foi elaborada uma matriz contendo subdivisões adicionais (Tab. 9). Este sistema aprimorado, com múltiplas categorias, tem o potencial de ser crucial para a priorização e alocação otimizada de recursos, contribuindo para uma tomada de decisões mais eficiente.

MATRIZ DE RISCO		VULNERABILIDADE				
		MUITO REDUZIDA	REDUZIDA	MODERADA	ELEVADA	MUITO ELEVADA
PERIGOSIDADE	BAIXA	RISCO MUITO BAIXO	RISCO MUITO BAIXO	RISCO BAIXO	RISCO MODERADO	RISCO ELEVADO
	MÉDIA BAIXA	RISCO MUITO BAIXO	RISCO BAIXO	RISCO MODERADO	RISCO MODERADO	RISCO ELEVADO
	MÉDIA	RISCO MUITO BAIXO	RISCO BAIXO	RISCO MODERADO	RISCO ELEVADO	RISCO EXTREMO
	MÉDIA ALTA	RISCO BAIXO	RISCO MODERADO	RISCO MODERADO	RISCO ELEVADO	RISCO EXTREMO
	ALTA	RISCO BAIXO	RISCO MODERADO	RISCO ELEVADO	RISCO EXTREMO	RISCO EXTREMO

Tabela 9 - Matriz de risco desenvolvida através da categorização da perigosidade e vulnerabilidade.

Por meio desta matriz de risco, foram conduzidos dois estudos de caso, abordando respetivamente os fenômenos de cheias e incêndios florestais, com o propósito de validar a eficácia da abordagem proposta.

6. Estudos de casos

6.1. Estudo de caso sobre cheias

As cheias são fenômenos naturais frequentemente devastadores, ocorrendo quando o volume de água em rios, lagos ou correntes excede sua capacidade usual. Ao longo das últimas décadas, a frequência e a magnitude desses eventos têm aumentado em diversas regiões do mundo, levantando preocupações tanto no âmbito social quanto econômico.

De acordo com o Relatório Especial sobre o Oceano e a Criosfera em um Clima em Mudança (IPCC, 2019), eventos extremos relacionados ao clima, incluindo cheias, tornaram-se mais frequentes e intensos devido às mudanças climáticas. Esta tendência é amplamente atribuída ao aumento das temperaturas globais, que levam a eventos de precipitação mais intensos e ao derretimento de geleiras, elevando o nível do mar em áreas costeiras (IPCC, 2019).

Paralelamente, a rápida urbanização, em especial em zonas de baixa altitude e áreas costeiras, amplia significativamente o risco de cheias. De acordo com a United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT, 2022), espera-se 68% da população mundial irá residir em áreas urbanas até 2050. Muitas destas áreas urbanas estão situadas em regiões propensas a inundações, o que intensifica os riscos associados (Jongman et al., 2012).

Para além disso, as projeções futuras da EMAAC preveem um futuro com diminuição da precipitação média anual, porém com um aumento dos fenômenos extremos de precipitação.

No contexto desta realidade, pretende-se nessa subseção aprofundar em um caso de cheia ocorrido no início deste ano. Nos dias 7 e 8 de janeiro deste ano, o distrito do Porto foi fortemente atingido por chuvas torrenciais, deixando o mesmo sob alerta laranja. De acordo com o jornal de notícias SIC, o Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) estimou que tenha chovido cerca de 25 litros de água por metro em apenas 20 minutos. As consequências deste fenômeno natural puderam ser vistas por toda a cidade como, por exemplo, na estação de metro do Bolhão que ficou completamente inundada.

Para além do Grande Porto, a forte precipitação foi sentida em todo o distrito, incluindo o município de Valongo. De acordo com dados internos da Proteção Civil de Valongo, ocorreram 15 relatos de inundações no município, alguns sob a margem do Rio Ferreira e do Rio Leça (Tab.10).

Incidências de cheias			
Dia	Hora do alerta	Local	Freguesia
07/01/2023	11:40	Rua Fonte Mourisca	Valongo
07/01/2023	11:44	Rua José Joaquim Ribeiro Teles	Ermesinde
07/01/2023	11:52	Nacional 15	-
07/01/2023	12:00	Rua do Mercado, 360	Valongo
07/01/2023	12:09	Nacional 15	-
07/01/2023	12:41	Rua da Costa	Campo
07/01/2023	13:28	Rua Central da Pinguela, 265	Sobrado
07/01/2023	15:15	Rua Doutor Mário Cal Brandão	Valongo
07/01/2023	17:44	Rua da Barreira	-
08/01/2023	08:03	Rua de Punhete	Alfena
08/01/2023	08:10	Ponte de S. Lázaro	Alfena
08/01/2023	08:18	Rua Rio Leça	Ermesinde
08/01/2023	09:42	Ponte de Luriz	Campo
08/01/2023	10:08	Rua Trás da Bouça	Ermesinde
08/01/2023	10:11	Av. Joaquim Ribeiro da Mota	Campo

Tabela 10 - Ocorrências de inundações no município de Valongo nos dias 7 e 8 de janeiro de 2023 (Adaptado de tabela interna da Proteção Civil).

O evento que será detalhadamente examinado para validar a metodologia proposta neste estudo é o destacado em amarelo. Esta inundação foi registada por volta de 08:18 da manhã do dia 08/01, situada nas proximidades do Rio Leça (Fig. 13). A região afetada é caracterizada por uma área urbana com muitas residências/prédios e comércios locais. Foram inseridas linhas/formas coloridas para facilitar a visualização e assimilação dos elementos locais nas fotografias (Fig. 14).



Figura 13 – Antes (Street View) e depois (reportagem A Voz de Ermesinde) da cheia.



Figura 14 - Antes (Street View) e depois (reportagem A Voz de Ermesinde) da cheia.

Dado o delineamento metodológico apresentado anteriormente, procedeu-se a aplicação prática no caso em questão.

PERIGOSIDADE		
Parâmetro	Atributo	Justificativa
Precipitação	3) 1000 – 1500mm	A precipitação média em Valongo é 1236,7mm.
Distância de linhas d'água	5) < 25 m do eixo da linha d'água	Trata-se de uma rua que passa por cima do Rio Leça e suas margens.
Coberto da superfície	5) Zona edificada e alcatroada	Trata-se de uma zona residencial com asfalto.
Altitude	4) 50 – 100m	Valor retirado da carta de altitudes do município de acordo com a localidade.
Declive	5) < 10%	De acordo com a carta de declives de Valongo, a cheia ocorreu em um local com mínimo declive.
Combinação de outras tipologias de risco	1) Apenas 1 tipologia	Após análise das informações pode-se observar que não há outras tipologias de risco.
Histórico de ocorrências	3) 2 ou mais ocorrências no último ano	De acordo com as informações internas da Proteção Civil de Valongo, ocorreram cheias no mesmo local nos dias 29/12/2022 e 01/01/2023.
VULNERABILIDADE		
Parâmetro	Atributo	Justificativa
Áreas habitacionais e de serviço	3) zonas urbanas densas	Trata-se de uma zona residencial e com comércio locais.
Patrimônio natural e cultural	2) 1 património nas proximidades	Considerou-se o próprio Rio Leça como um património natural.

Infraestruturas	3) 2 ou mais redes de abastecimento	Através dos mapas de saneamento e infraestruturas do município, disponíveis na plataforma SIG da Câmara, existe na localidade redes de abastecimento de água, saneamento e postes de transporte de energia de alta tensão.
Vias de comunicação	5) < 50 m	O local da inundação trata-se de uma via de comunicação (Rua Rio Leça).
Medidas de prevenção e sistemas de alerta	1) Há várias medidas de prevenção / sistemas de alerta	Explicado melhor a seguir.
Realização de simulacros	1) 1 simulacro por ano	O PMEPC e o site da Câmara Municipal de Valongo asseguram que simulacros são realizados anualmente (inclusive com a participação da população em comemorações, como o dia da Proteção Civil).

Tabela 11 - Análise da vulnerabilidade e perigosidade da cheia da Rua Rio Leça.

Dentro das ferramentas de alerta, o PMEPC assegura o Sistema de Vigilância e Alerta de Recursos Hídricos (SVARH). Trata-se de um mecanismo em tempo real com o intuito de prever e alertar a população sobre o risco de cheias. Adicionalmente, como estratégias preventivas destaca-se os folhetos informativos no site da Câmara Municipal, a es de sensibilização nas escolas e o novo projeto Corredor do Rio Leça, que integra os 4 municípios ao qual o rio navega (Santo Tirso, Valongo, Maia e Matosinhos). A proposta deste projeto é de reabilitar integralmente o Rio Leça, como diz no site do projeto. Pretende-se também realizar a retirada de possíveis vegeta es invasoras, intervenção nas margens de forma a proteger de erosão e cheias, reabilita o da biodiversidade e paisagem, replantio das margens, melhora da qualidade

da água, entre outras intervenções. O Corredor do Rio Leça surge como um projeto promissor, com potencial de redefinir o panorama do Rio Leça e, por extensão, mitigar os riscos de inundações na região circundante.

Após a recolha de todas estas informações (Tab. 11), procedeu-se o cálculo da perigosidade e vulnerabilidade, como mostrado a seguir.

$$\begin{aligned} \text{Perig (RC)} &= ((0,25 \times 3) + (0,25 \times 5) + (0,20 \times 5) + (0,10 \times 4) + (0,10 \times 5) \\ &+ (0,05 \times 1) + (0,05 \times 3)) = 4,1 \rightarrow \text{Perigosidade Alta} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vuln (RC)} &= ((0,25 \times 3) + (0,25 \times 2) + (0,15 \times 3) + (0,15 \times 5) + (0,10 \times 1) \\ &+ (0,10 \times 1)) = 2,65 \rightarrow \text{Vulnerabilidade Elevada} \end{aligned}$$

Conclui-se que para este caso de estudo em específico, é possível verificar que a Rua Rio Leça apresenta um **Risco Extremo** de cheias. Esta constatação corrobora a eficácia da metodologia adotada, visto que, em um período inferior a um ano, o local registou três incidentes de inundações.

6.2. Estudo de caso sobre incêndios florestais

Os incêndios florestais têm se destacado nas últimas décadas como uma das catástrofes naturais de maior impacto e frequência. Caracterizados pela propagação descontrolada do fogo em áreas de vegetação, esses eventos não apenas comprometem ecossistemas inteiros, como também apresentam riscos diretos à comunidades humanas e infraestruturas (Bowman et al., 2017).

Segundo o IPCC, em seu relatório especial sobre mudança climática e terra de 2019, a incidência de incêndios florestais tem crescido em diversas partes do mundo, estreitamente vinculada às mudanças climáticas. Elevações de temperatura e períodos prolongados de seca, muitas vezes intensificados pelas mudanças climáticas, criam condições ideais para o início e propagação de incêndios (IPCC, 2019).

O futuro, infelizmente, projeta uma tendência de aumento nas ocorrências. Com o aquecimento global previsto e as alterações nos padrões de precipitação, é esperado que grandes extensões de florestas em diversas regiões do mundo se tornem ainda mais suscetíveis a incêndios severos (Jolly et al., 2015).

A EMAAC de Valongo elaborou duas projeções climáticas utilizando cenários de emissões de gases de efeito estufa, sendo eles:

- **RPC4.5:** uma tendência ascendente na concentração de CO₂ atmosférico, alcançando 520 ppm em 2070 e progredindo de maneira mais moderada até o término do século.
- **RPC8.5:** uma tendência de evolução semelhante ao RCP4.5 até meados do século, posteriormente marcada por uma aceleração significativa, culminando numa concentração de CO₂ de 950 ppm ao concluir o século.

Em ambos os cenários é possível perceber uma tendência de variação climática (Fig. 15).









Variável climática	Sumário	Alterações projetadas
	 Diminuição da precipitação média anual	<p>Média anual Diminuição da precipitação média anual no final do séc. XXI, podendo variar entre 5% e 12%.</p> <p>Precipitação sazonal Nos meses de inverno a tendência é de ligeiro aumento da precipitação, podendo variar entre 0% e 17%. No resto do ano, projeta-se uma tendência de diminuição, que pode variar entre 9% e 25% na primavera, entre 13% e 51% no verão e entre 14% e 22% no outono.</p> <p>Secas mais frequentes e intensas Diminuição do número de dias com precipitação, entre 11 e 25 dias por ano. Aumento da frequência e intensidade das secas no sul da Europa [IPCC, 2013].</p>
	 Aumento da temperatura média anual, em especial das máximas	<p>Média anual e sazonal Subida da temperatura média anual, entre 2°C e 4°C, no final do século. Aumento acentuado das temperaturas máximas no outono (entre 2°C e 4°C) e no verão (entre 2°C e 5°C).</p> <p>Dias muito quentes Aumento do número de dias com temperaturas muito altas ($\geq 35^\circ\text{C}$) e de noites tropicais, com temperaturas mínimas $\geq 20^\circ\text{C}$.</p> <p>Ondas de calor Ondas de calor mais frequentes e intensas.</p>
	 Diminuição do número de dias de geada	<p>Dias de geada Diminuição acentuada do número de dias de geada.</p> <p>Média da temperatura mínima Aumento da temperatura mínima entre 2°C e 4°C no inverno, sendo mais expressivo no verão (entre 2°C e 5°C) e no outono (entre 2°C e 4°C).</p>
	 Aumento dos fenómenos extremos de precipitação	<p>Fenómenos extremos Aumento dos fenómenos extremos, em particular de precipitação intensa ou muito intensa (projeções nacionais) [Soares <i>et al.</i>, 2015]. Tempestades de inverno mais intensas, acompanhadas de chuva e vento forte (projeções globais) [IPCC, 2013].</p>

Figura 15 - Variações climáticas em Valongo até o final do século XXI (EMAAC, 2019).

A partir destas projeções, infere-se que o clima e ambiente serão consideravelmente mais propícios à ignição de incêndios, ressaltando a relevância de adotar-se medidas preventivas face a tal cenário.

Diante desse cenário global, a presente subseção se dedica a analisar um caso específico de incêndio florestal em Valongo, que por se tratar de uma região bastante florestada, já sofreu com números elevados de incêndios florestais. Ao analisar os dados do Sistema de Gestão de Informação de Incêndios Florestais (SGIF), fornecidos pela Proteção Civil de Valongo, de incidências no município, contemplando o período de 2020 a 2022, nota-se uma acentuada diminuição nas ocorrências nos meses de maio, junho, julho, agosto e setembro (meses mais quentes do ano). Em contrapartida, os

meses de primavera, outono e inverno, especialmente janeiro, fevereiro, março e abril, evidenciando o fato de que o inverno está se tornando cada vez mais quente e seco (Tab.12).

Incidências de incêndios florestais (2020-2022)			
Mês	2020	2021	2022
Janeiro	0	0	3
Fevereiro	0	0	1
Março	2	2	4
Abril	1	1	4
Maio	12	0	3
Junho	6	2	5
Julho	100	4	23
Agosto	33	2	8
Setembro	10	1	6
Outubro	0	0	1
Novembro	0	2	0
Dezembro	0	0	0

Tabela 12 - Ocorrências de incêndios no município de Valongo entre 2020 e 2022 (retirado do SGIF fornecido pela Proteção Civil de Valongo).

O evento que será detalhadamente examinado para validar a metodologia proposta neste estudo é um incêndio que ocorreu em agosto de 2020 representado pelo círculo vermelho no mapa (Fig. 16). Este incêndio foi registado por volta de 16:37 da tarde do dia 02/08, situada na localidade de Rua da Rampinha em Paço, Valongo. A região afetada é caracterizada por uma área florestal e residencial e outras infraestruturas sociais, como escolas e restaurantes.

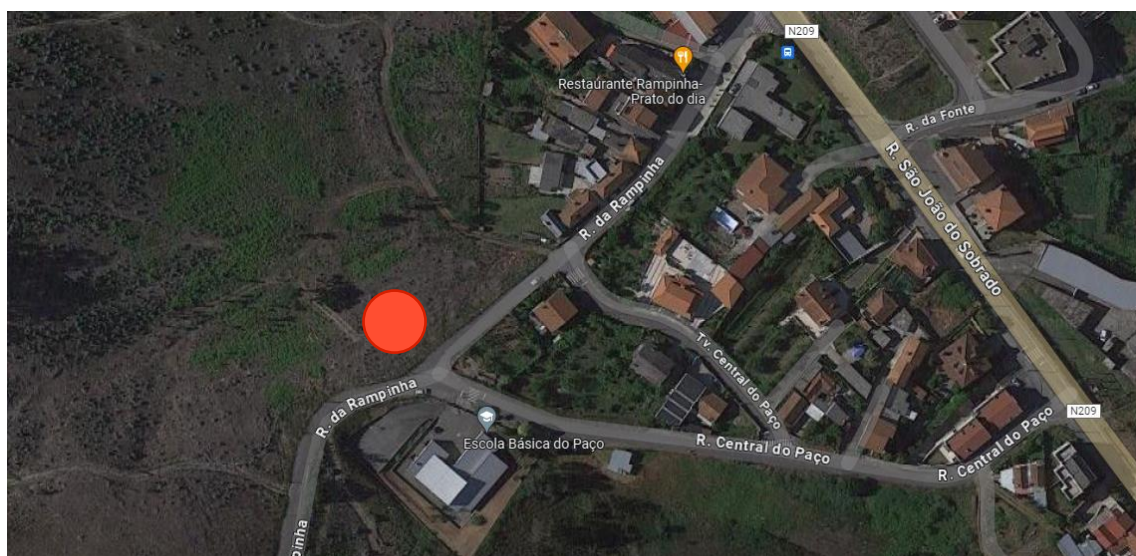


Figura 16 - Local da incidência em Paço.

Dado o delineamento metodológico apresentado anteriormente, procedeu-se a aplicação prática no caso em questão.

PERIGOSIDADE		
Parâmetro	Atributo	Justificativa
Temperatura média anual	2) 10°C – 20°C	A temperatura média anual em Valongo é 15,17°C.
Humidade relativa do ar	3) 50 – 70%	A humidade relativa do ar costuma ser de 61% em agosto.
Precipitação	3) 1000 – 1500mm	A precipitação média em Valongo é 1236,7mm.
Vento	3) 15 – 20 km/h	A velocidade média do vento costuma variar entre 14,10 km/h e 18,84 km/h.
Coberto vegetal	4) Espécies introduzidas pouco resistentes ao fogo	De acordo com o site de notícias CM TV, trata-se de uma zona eucaliptal e de mato.
Combinação de outras tipologias de risco	1) Apenas 1 tipologia	Após análise das informações pode-se observar que não há outras tipologias de risco.
Declive	2) 10% - 15%	Declive do local de acordo com a carta de declives do município.
Distância de linhas d'água	5) > 180m do eixo da linha d'água	O corpo d'água mais próximo é o Rio Ferreira que fica a cerca de 300m.
Histórico de ocorrências	3) 2 ou mais ocorrências no último ano	De acordo com as informações do SGIF, ocorreram incêndios no local ou proximidades nos dias 08/09/2019, 18/05/2020 e 30/07/2020. Além disso notou-se que já ocorreram outras incidências no local desde 2016 até 2020, sendo 13/08/2020 a última delas.

Remoção da cobertura vegetal	1) Nunca houve remoção	De acordo com informações e ortofomapas do município é possível dizer que não houve remoção, porém atualmente o local não possui mais árvores, tendo apenas uma vegetação rasteira.
VULNERABILIDADE		
Parâmetro	Atributo	Justificativa
Áreas habitacionais e de serviço	4) Infraestruturas sociais	Trata-se de uma zona residencial, com escolas e restaurantes por perto.
Patrimônio natural e cultural	2) 1 património nas proximidades	Considerou-se a zona florestal como um património natural.
Infraestruturas	3) 2 ou mais redes de abastecimento	Através dos mapas de saneamento e infraestruturas do município, disponíveis na plataforma SIG da Câmara, existe na localidade redes de abastecimento de água, saneamento e postes de transporte de energia de alta tensão.
Vias de comunicação	5) < 50 m	O local do incêndio é ao lado de uma rua com movimentação pois é uma zona residencial e com outras infraestruturas sociais.
Medidas de prevenção e sistemas de alerta	1) Há várias medidas de prevenção / sistemas de alerta	Explicado melhor a seguir.
Realização de simulacros	1) 1 simulacro por ano	O PMEPC e o site da Câmara Municipal de Valongo asseguram que simulacros são realizados anualmente

		(inclusive com a participação da população em comemorações, como o dia da Proteção Civil).
--	--	--

Tabela 13 - Análise da vulnerabilidade e perigosidade da cheia da Rua Rio Leça.

Dentro das ferramentas de alerta, o Sistema de Informação Geográfica de Valongo assegura um site onde é possível visualizar as ocorrências de incêndios em direto, porém é necessário ter um login na plataforma ArcGIS Online. Além disso também é possível estar ciente das ações de fogo controlado. Adicionalmente, como estratégias preventivas destacam-se os folhetos informativos no site da Câmara Municipal, ações de sensibilização nas escolas e ações de plantação de espécies nativas na região do Parque das Serras. O EMAAC também promete promover opções de adaptação a este risco, como:

- Gestão de combustível à escala da paisagem, recorrendo, por exemplo, à silvo pastorícia;
- Promover o ordenamento florestal e reflorestamento com espécies autóctones;
- Implementar e manter corredores de ventilação naturais etc.

Após a recolha de todas estas informações (Tab. 13), procedeu-se o cálculo da perigosidade e vulnerabilidade, como mostrado a seguir.

$$\begin{aligned}
 \text{Perig (RIF)} &= ((0,20 \times 2) + (0,15 \times 3) + (0,15 \times 3) + (0,15 \times 3) + (0,10 \times 4) \\
 &\quad + (0,05 \times 1) + (0,05 \times 2) + (0,05 \times 5) + (0,05 \times 3) + (0,05 \times 1)) = 2,75 \\
 &\rightarrow \text{Perigosidade Média}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Vuln (RIF)} &= ((0,25 \times 4) + (0,25 \times 2) + (0,15 \times 3) + (0,15 \times 5) + (0,10 \times 1) \\
 &\quad + (0,10 \times 1)) = 2,90 \rightarrow \text{Vulnerabilidade Elevada}
 \end{aligned}$$

Conclui-se que para este caso de estudo em específico, é possível verificar que a zona florestal da Rua da Rampinha em Paço apresenta um **Risco Elevado** de incêndios. Esta constatação corrobora a eficácia da metodologia adotada, visto que, desde 2016 o local já chegou a registar pelo menos 15 incidências.

7. Conclusão

O fascínio pelo presente tema foi despertado durante as aulas de riscos naturais ministradas pelo Professor António Guerner. A profundidade e abrangência dos conteúdos apresentados em sala amplificaram meu interesse em aprofundar no assunto e engajar em ações de sensibilização ambiental. Este cenário motivou a decisão de estagiar na Câmara Municipal de Valongo, onde constatei que a compreensão sobre a avaliação de riscos ambientais não é trivial, tanto para indivíduos internos da Câmara quanto para o público externo. Essa percepção fortaleceu minha determinação em eleger este tema, visando contribuir para uma mudança deste panorama.

De forma abrangente, este estudo objetivou: avaliar os riscos aos quais o município de Valongo está mais suscetível, bem como aqueles com um potencial ascendente; propor uma nova metodologia de avaliação destes riscos e, subsequentemente, validar sua eficiência ao examinar as ocorrências dos dois riscos mais recorrentes na região. A realização deste trabalho foi viabilizada por meio de uma revisão bibliográfica meticulosa, complementada por uma análise de dados referentes ao município. É importante enfatizar que a metodologia foi desenvolvida de modo a ser facilmente compreendida por todos os indivíduos, independente de possuírem domínio ou não acerca do tema.

Os resultados obtidos ao analisar as ocorrências de cheias e incêndios florestais destacam a eficácia da metodologia proposta na identificação e avaliação dos riscos ambientais específicos de Valongo. Isso é particularmente evidente, uma vez que os locais selecionados revelaram inúmeras incidências registadas, refletindo de maneira incontestável um alto grau de risco associado a eles. Estas informações podem ser valiosas para tomadas de decisões focadas em mitigar os riscos ambientais no município e garantir a segurança de sua população e património.

Adicionalmente, uma das características marcantes deste estudo é a versatilidade da metodologia, que pode ser adaptada e aplicada em diversos contextos geográficos, seja em âmbito nacional ou internacional. Com ajustes adequados (valores e dados que variam dependendo da localidade, como temperatura e características do solo), ela pode se transformar em uma ferramenta valiosa para autoridades, pesquisadores e profissionais envolvidos na área de gestão ambiental.

Em investigações futuras, é possível conciliar o desenvolvimento desta metodologia com um software no qual basta o usuário inserir o endereço de seu interesse, e, em resposta, a ferramenta fornece a magnitude dos riscos associados ao local. Para tal funcionalidade, o programa necessitaria de um banco de dados robusto, contemplando todas as informações dos atributos propostos. Adicionalmente, a ampliação no número de atributos pode potencializar a precisão da análise e reduzir a margem de erro.

Conforme elucidado neste estudo, o enfoque principal recai sobre a relação entre o meio ambiente e o ser humano. As ações humanas, ao promoverem a degradação ambiental, tornam-nos igualmente vítimas de suas repercussões. Mesmo com numerosas iniciativas de sensibilização ambiental, acordos internacionais orientados à melhoria da situação global e inovações tecnológicas, estamos progressivamente nos encaminhando a um limiar do qual, possivelmente, não será possível reverter nossas falhas, cabendo apenas a mitigação de seus impactos. Assim, compreende-se que é uma responsabilidade intrínseca ao ser humano adotar uma postura mais proativa em relação ao destino do planeta, tanto na prevenção quanto na capacidade de identificar e gerenciar os riscos associados a ele.

Logo, espera-se que esta pesquisa sirva de fonte de inspiração para a comunidade acadêmica e também para futuros estudantes que estejam interessados na área de estudo abordada, destacando a necessidade urgente de elevar a conscientização sobre os riscos enfrentados pela sociedade. Pretende-se que as pessoas compreendam que a ignorância dos perigos potenciais pode levar a consequências adversas e que a preparação é fundamental para garantir a segurança e o bem-estar geral. Em última análise, acredita-se que esta pesquisa desempenhará um papel fundamental na sensibilização para os desafios enfrentados e na promoção de uma sociedade mais informada e resiliente.

Referências Bibliográficas

Agee, J.K. (1996). "Fire Ecology of Pacific Northwest Forests". Island Press, Washington, D.C., p. 505.

AASHTO (2018). "A policy on geometric design of highways and streets (7th edition)". American Association of State Highway and Transportation Officials.

Boiral, O. (2013). "Sustainability reports as simulacra? A counter-account of A and A+ GRI reports". Accounting, Auditing & Accountability Journal, 26(7), 1036-1071.

Bowman, D. M. J. S., Williamson, G. J., Abatzoglou, J. T., Kolden, C. A., Cochrane, M. A., Smith, A. M. S. (2017). "Human exposure and sensitivity to globally extreme wildfire events". Nature Ecology & Evolution, 1(2), 58.

Caderno 1 (2019). PMDFCI de Valongo.

Chow, V.T., Maidment, D.R., Mays, L.W. (1988). "Applied Hydrology." New York: McGraw-Hill, p. 572-574.

Crozier, M. J. (2010). "Deciphering the effect of climate change on landslide activity: A review." Geomorphology, 124(3-4), 260-267.

Cruden, D.M., Varnes, D.J. (1996). "Landslide types and processes." In: Landslides: investigation and mitigation. Special Report, Transportation Research Board, National Academy of Sciences, 247, p. 36-75.

Coppola, D.P. (2015). "Introduction to International Disaster Management." Third Edition, Elsevier.

Cutter, S.L.; Boruff, B.J.; Shirley, W.L. (2003). "Social Vulnerability to Environmental Hazards". Social Science Quarterly, 84(2), p. 242-261.

Decreto-Lei n.º 254/2007. Diário da República. 1ª Série, nº 133. 12 de Julho de 2007. 4408-4424pp.

Della Rocca, G., Danti, R., Hernando, C., Guijarro, M., Michelozzi, M., Carrillo, C., Madrigal, J. (2020). "Terpenoid Accumulation Links Plant Health and Flammability in the Cypress-Bark Canker Pathosystem". Forests, 11(6), 651.

Dennison, P.E., Brewer, S.C., Arnold, J.D., Moritz, M.A. (2014). "Large wildfire trends in the Western United States, 1984-2011." Geophysical Research Letters, 41(8), p. 2928-2933.

Elvik, R., Høy, A., Vaa, T., Sørensen, M. (2009). "The Handbook of Road Safety Measures (2nd Edition)". Emerald Group Publishing.

Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas (2019). Município de Valongo.

Fazzo, L., Minichilli, F., Santoro, M., Ceccarini, A., Della Seta, M., Bianchi, F., Comba, P., Martuzii, M. (2017). "Hazardous Waste and Health Impact: A Systematic Review of the Scientific Literature". *Environmental Health*, 16, 107.

Fernandes, P.M., Vega, J.A., Jiménez, E., Rigolot, E. (2008). "Fire resistance of European pines". *Forest Ecology and Management*, 256, p. 246-255.

Field, E.H., Biasi, G.P., Bird, P., Dawson, T.E., Felzer, K.R., Jackson, D.D., Johnson, K.M., Jordan, T.H., Madden, C., Michael, A.J., Milner, K.R., Page, M.T., Parsons, T., Powers, P.M., Shaw, B.E., Thatcher, W.R., Weldon, R.J., II, and Zeng, Y. (2013). "Uniform California earthquake rupture forecast, version 3 (UCERF3)—The time-independent model". U.S. Geological Survey Open-File Report 2013–1165, 97 p., California Geological Survey Special Report 228, and Southern California Earthquake Center Publication 1792.

Fingas, Merv. (2021). "Petrodiesel Fuels: Science, Technology, Health and Environment". CRC Press, 3.

Flannigan, M. D.; Krawchuk, M. A.; de Groot, W. J.; Wotton, B. M.; Johnston, L. M. (2009). "Implications of changing climate for global Wildland fire". *International Journal of Wildland Fire*, 18(5), p. 483-507.

Foster, S., Chilton, J., Moench, M., Cardy, F., Schiffler, M. (2000). "Groundwater in rural development: facing the challenges of supply and resource sustainability". World Bank Technical Paper, 463.

Froude, M.J., Petley, D.N. (2018). "Global fatal landslide occurrence from 2004 to 2016." *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18(8), p. 2161-2181.

Glade, T., Anderson, M., Crozier, M.J. (2005). "Landslide Hazard and Risk: Issues, Concepts and Approach". John Wiley & Sons, p. 97-134.

Guzzetti, F., Carrara, A., Cardinali, M., & Reichenbach, P. (1999). "Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy." *Geomorphology*, 31, 181-216.

Guzzetti, F., Peruccacci, S., Rossi, M., Stark, C.P. (2008). "The rainfall intensity-duration control of shallow landslides and debris flows: an update." *Landslides*, 5(1), p. 3-17.

Haan, C. T., Barfield, B. J., Hayes, J. C. (1994). "Design hydrology and sedimentology for small catchments". Academic Press.

Horowitz, A. J. (1985). "A primer on trace metal-sediment chemistry". US Geological Survey Water-Supply Paper, 2277.

Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (2018). "Relatório Anual de Segurança Interna 2017". Lisboa: Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas.

IPCC (2013). "Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

IPCC (2018). "Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty". Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3-24.

IPCC (2019). "Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems". In press.

IPCC (2019). "IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate". Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 755 pp.

Jolly, W.M., Cochrane, M.A., Freeborn, P. H., Holden, Z. A., Brown, T. J., Williamson, G.J., Bowman, D. M. J. S. (2015). "Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013." *Nature Communications*, 6, p.7537.

Jongman, B., Ward, P. J., Aerts, J. C. J. H. (2012). "Global exposure to river and coastal flooding - long term trends and changes". *Global Environmental Change*, 22, 823-835.

Julião, R., Nery, F., Ribeiro, J., 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. 93 pp.

Kappes, M.S., Keiler, M., von Elverfeldt, K., Glade, T. (2012). "Challenges of analyzing multi-hazard risk: a review." *Natural Hazards*, 64(2), p. 1925-1958.

Khan, S., Cao, Q., Zheng, Y. M., Huang, Y. Z., & Zhu, Y. G. (2008). Health risks of heavy metals in contaminated soils and food crops irrigated with wastewater in Beijing, China. *Environmental Pollution*, 152(3), 686-692.

Koks, E.E.; Rozenberg, J.; Zorn, C.; Tariverdi, M.; Vousdoukas, M.; Fraser, S.A.; Hall, J.W.; Hallegatte, S. (2019). "A global multi-hazard risk analysis of road and railway infrastructure assets". *Nature Communications*, 10, 2677.

Kumar. A.; Batley, G. E.; Nidumolu, B.; Hutchinson, T. H. (2016). "Derivation of water quality guidelines for priority pharmaceuticals". *Environ Toxicol Chem*, 35(7), 1815-24.

Lei n.º 76/2017, de 17 de agosto. *Diário da República* n.º 158/2017, Série I, p. 4109-4112.

McBride, M. B. (1994). "Environmental Chemistry of Soils". Oxford University Press.

Merz, B., Thieken, A.H., Gocht, M. (2007). "Flood Risk Mapping at the Local Scale: Concepts and Challenges." In: *Flood Risk Management in Europe*, p. 231-251.

Monroe, M. C. (2003). "Two Avenues for Encouraging Conservation Behaviors". *Human Ecology Review*, 10(2), 113–125.

Montz, B.E., Grunfest, E. (2002). "Flash flood mitigation: recommendations for research and applications." *Environmental Hazards*, 4(1), p. 15-22.

Moreira, F.; Ferreira, P. G.; Rego, F. C.; Bunting, S. (2011). "Landscape–wildfire interactions in southern Europe: Implications for landscape management". *Journal of Environmental Management*, 92(10), p. 2389-2402.

Moreira, F.; Vaz, P.; Catry, F.; Silva, J. S. (2009). "Regional variations in wildfire susceptibility of land-cover types in Portugal: implications for landscape management to minimize fire hazard". *International Journal of Wildland Fire*, 18(5), p. 563-574.

Pausas, J.G.; Llovet, J.; Rodrigo, A.; Vallejo, R. (2008). "Are wildfires a disaster in the Mediterranean basin? – A review". *International Journal of Wildland Fire*, 17(6), p. 713-723.

Peden, M., Scurfield, R., Sleet, D., Mohan, D., Hyder, A. A., Jarawan, E., Mathers, C. (2004). "World report on road traffic injury prevention". Geneva: World Health Organization.

Peng, Y.; Abdel-Aty, M.; Asce, M.; Lee, J., Zou, Y. (2017). "Analysis of the Impact of Fog-Related Reduced Visibility on Traffic Parameters". *Journal of Transportation Engineering*, 144(2).

Pickering, C.M., Rossi, S.D., Barros, A. (2011). "Assessing the impacts of mountain biking and hiking on subalpine grassland in Australia using an experimental protocol". *Journal of Environmental Management*, 92(12), 3049-3057.

Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil de Valongo (2014).

Relatório 2 (2014). "Caraterização Biofísica." PDM de Valongo.

Rothermel, R.C. (1972). "A Mathematical Model for Predicting Fire Spread in Wildland Fuels." USDA Forest Service Research Paper INT-115.

Rothermel, R.C. (1983). "How to Predict the Spread and Intensity of Forest and Range Fires." USDA Forest Service, General Technical Report INT-143.

Sala, O.E., Chapin, F.S., Armesto, J.J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L.F., Jackson, R.B., Kinzig, A., Leemas, R., Lodge, D.M., Mooney, H.A., Oesterheld, M., Poff, N.L., Sykes, M.T., Walker, B., Walker, M., Wall, D.H. (2000). "Biodiversity - Global biodiversity scenarios for the year 2100". *Science*, 287(5459), 1770-1774.

Schultz, P. W. (2011). "Conservation Means Behavior". *Conservation Biology*, 25(6), 1080–1083.

Silva, A. S., Fernandes, J. P. M. (2020). "Acordo de Paris 2015-2020". Agência Portuguesa de Ambiente.

Shuster, W. D., Bonta, J., Thurston, H., Warnemuende, E., Smith, D. R. (2007). "Impacts of impervious surface on watershed hydrology: A review". *Urban Water Journal*, 2(4), 263-275.

Oliveira, C. I. P. (2006). "Susceptibilidade de Incêndio Florestal no concelho de Valongo. Implicações no Planeamento de Áreas Periurbanas." Dissertação de Licenciamento em Geografia. Universidade do Porto.

Tierney, K.J. (1999). "Towards a Critical Sociology of Risk". *Sociological Forum*, 14, p. 215-242.

Turner, B.L.; Kasperson, R.E.; Matson, P.A.; McCarthy, J.J.; Corell, R.W.; Christensen, L.; Eckley, N.; Kasperson, J.X.; Luers, A.; Martello, M.L.; Polsky, C.; Pulsipher, A.;

Schiller, A. (2003). "A Framework for Vulnerability Analysis in Sustainability Science". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(14), p. 8074-8079.

United Nations Environment Programme, & United Nations Human Settlements Programme – UNEP & UN-HABITAT (2010). "Sick Water: The Central Role of Wastewater Management in Sustainable Development - A Rapid Response Assessment".

United Nations Human Settlements Programme – UN-HABITAT (2022). "Envisaging the Future of Cities – World Cities Report 2022"

UNESCO. (2010). "Managing Disaster Risks for World Heritage". UNESCO World Heritage Centre, Paris.

Vymazal, J. (2011). "Constructed Wetlands for Wastewater Treatment: Five Decades of Experience". *Environmental Science & Technology*, 45(1), 61–69.

Wolman, M.G., Gerson, R. (1978). "Relative Scales of Time and Effectiveness of Climate in Watershed Geomorphology." *Earth Surface Processes*, 3(2), p. 189-208.

Wu, T.H., McKinnell, W.P., Swanston, D.N. (1979). "Strength of tree roots and landslides on Prince of Wales Island, Alaska." *Canadian Geotechnical Journal*, 16(1), p. 19-33.

Zêzere, J. L. (1997). "Movimentos de vertente e perigosidade geomorfológica na Região a Norte de Lisboa". Tese de doutoramento em Geografia Física. Universidade de Lisboa

Zêzere, J., Pereira, A., Morgado, P. (2008). "Perigos naturais e tecnológicos no território de Portugal continental". Centro de Estudos Geográficos, Universidade de Lisboa. 17pp.

Wang, Q., Yang, Z. (2016). "Industrial water pollution, water environment treatment, and health risks in China". *Environmental Pollution*, 218, 358-365.

Referências Webgráficas

<https://www.publico.pt/2023/08/08/azul/noticia/nao-ha-memoria-mes-tao-quente-julho-2023-2059512>

<https://www.publico.pt/2023/08/05/azul/noticia/comecou-ebulicao-global-avisou-antonio-guterres-significa-2059190>

<https://pt.euronews.com/green/2023/07/27/planeta-terra-chegou-a-era-da-ebulicao-global-alerta-onu>

<https://www.cm-valongo.pt/investir/setores-estrategicos/o-territorio>

Pordata, 2023. <https://www.pordata.pt/o+que+sao+nuts>

Gazilion, 2014. https://commons.wikimedia.org/wiki/User:Gazilion/Porto-Santarém-Setúbal#/media/File:Valongo_freguesias_2013.svg

<https://ambiente.cm-valongo.pt/floresta>

<https://tabulador.ine.pt/CENSOS2021/>

<https://sicnoticias.pt/meteorologia/2023-01-08-Cheias-no-Porto-as-imagens-que-a-populacao-partilhou-na-internet-1a9245d8>

<http://www.avozdeermesinde.com/noticia.asp?idEdicao=407&id=13439&idSeccao=4527&Action=noticia>

<https://www.cm-valongo.pt/viver/noticias/noticia/dia-municipal-da-protECAo-civil-em-alfena>

<https://opendata-sig-cmvalongo.hub.arcgis.com/datasets/sig-cmvalongo::estruturas-de-transporte-e-abastecimento-linha/explore?location=41.225029%2C-8.553162%2C19.25>

<https://opendata-sig-cmvalongo.hub.arcgis.com/datasets/estruturas-de-transporte-e-abastecimento-ponto/explore?location=41.224868%2C-8.553374%2C20.50>

<https://sig.cm-valongo.pt/Html5Viewer/Index.html?configBase=https://sig.cm-valongo.pt/MuniSIG/REST/sites/AguaSaneamento/viewers/BeWaterHTML5/virtualdirectory/Resources/Config/Default>

<https://corredor.rio-leca.pt/sobre-crl-am/>

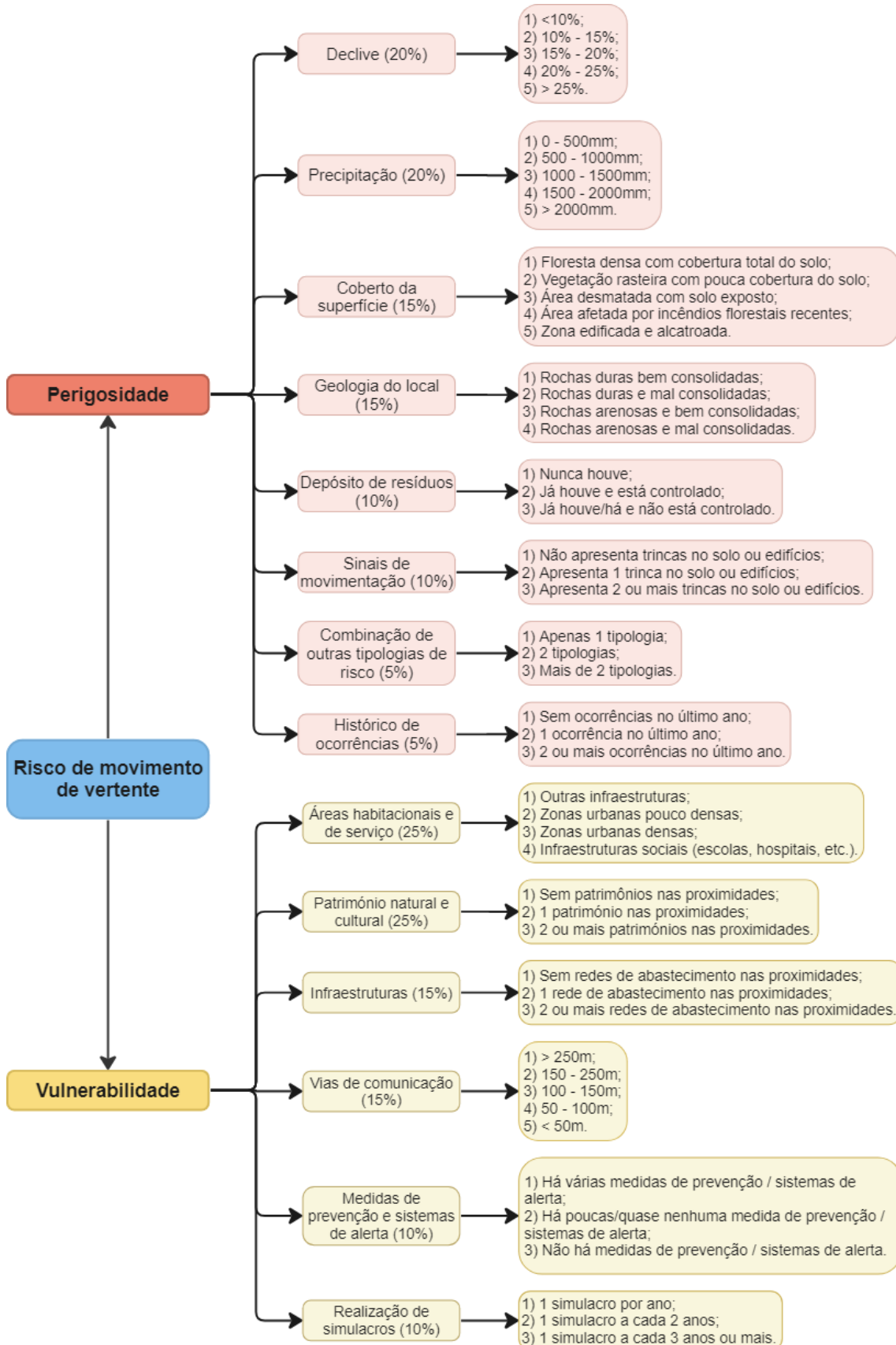
<https://www.cm-tv.pt/atualidade/detalhe/video--tres-bombeiros-feridos-com-gravidade-em-incendio-em-valongo-viatura-consumida-pelas-chamas>

<https://sig.cm-valongo.pt/portal/apps/opstdashboard/index.html#/c951ac0c18bf4b678f3d2d0bc48af480>

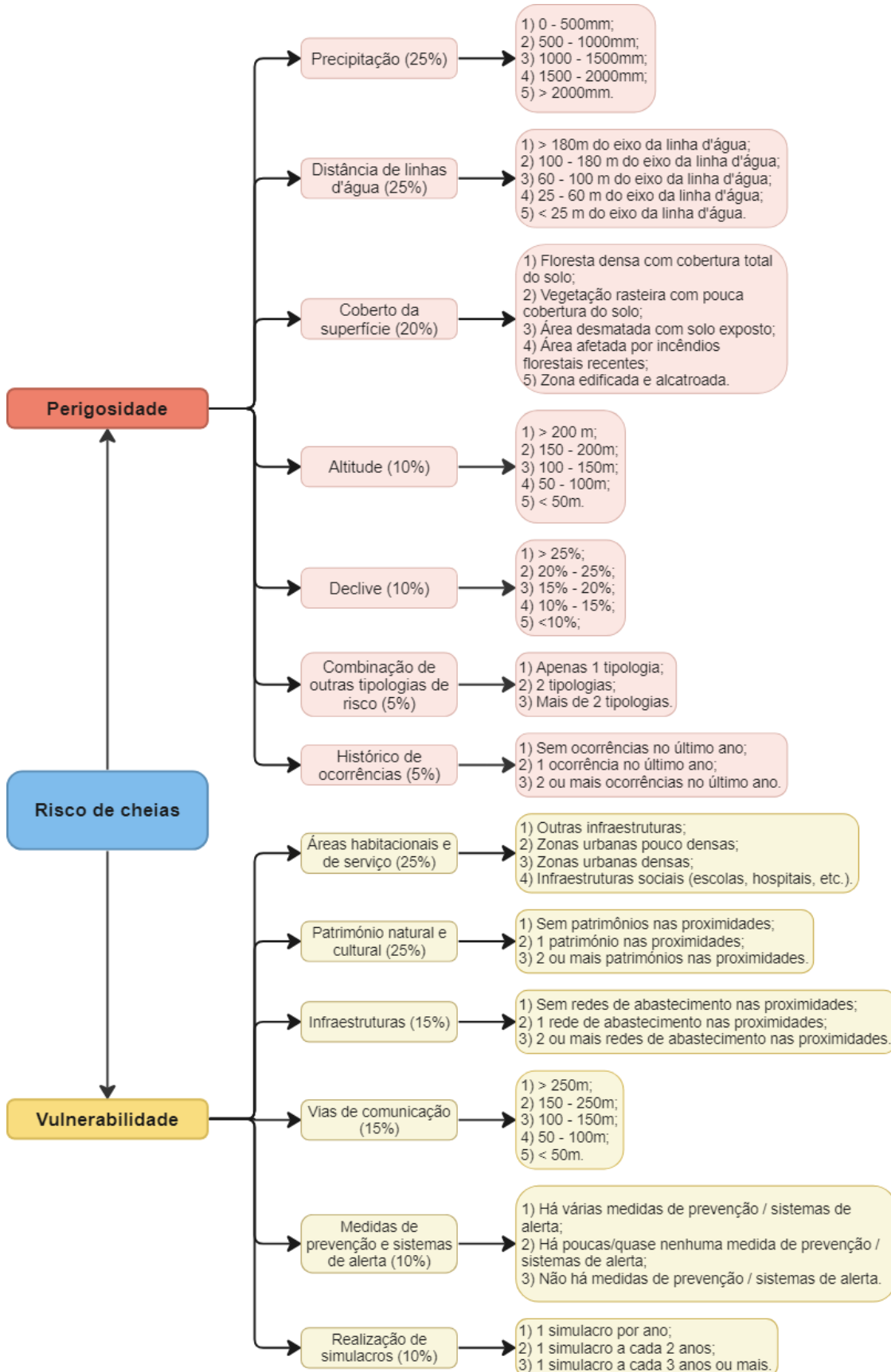
<https://experience.arcgis.com/experience/677d434028e44c0a978e22a9fd15070f>

Anexos

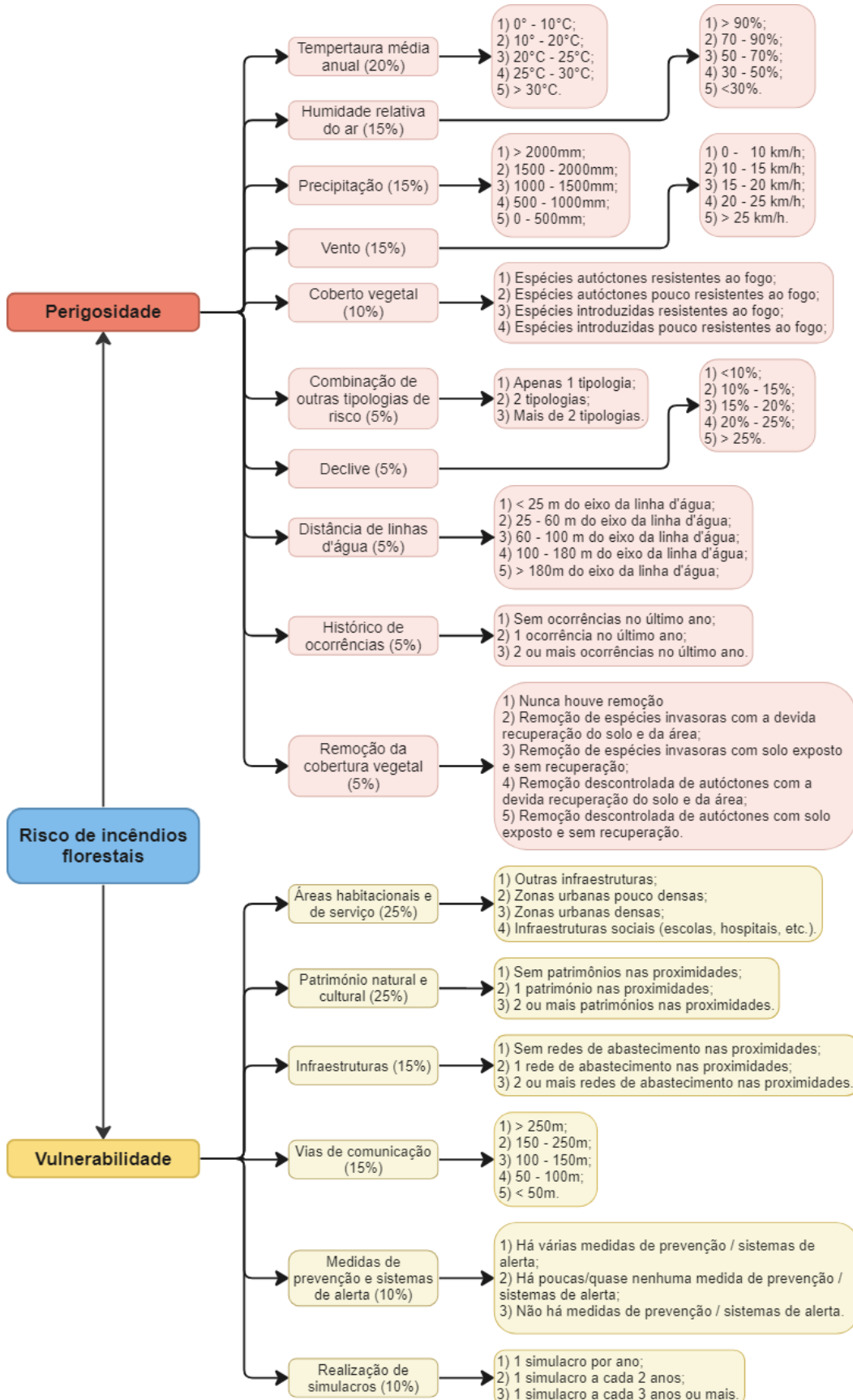
Anexo 1 – Risco de movimento de vertente



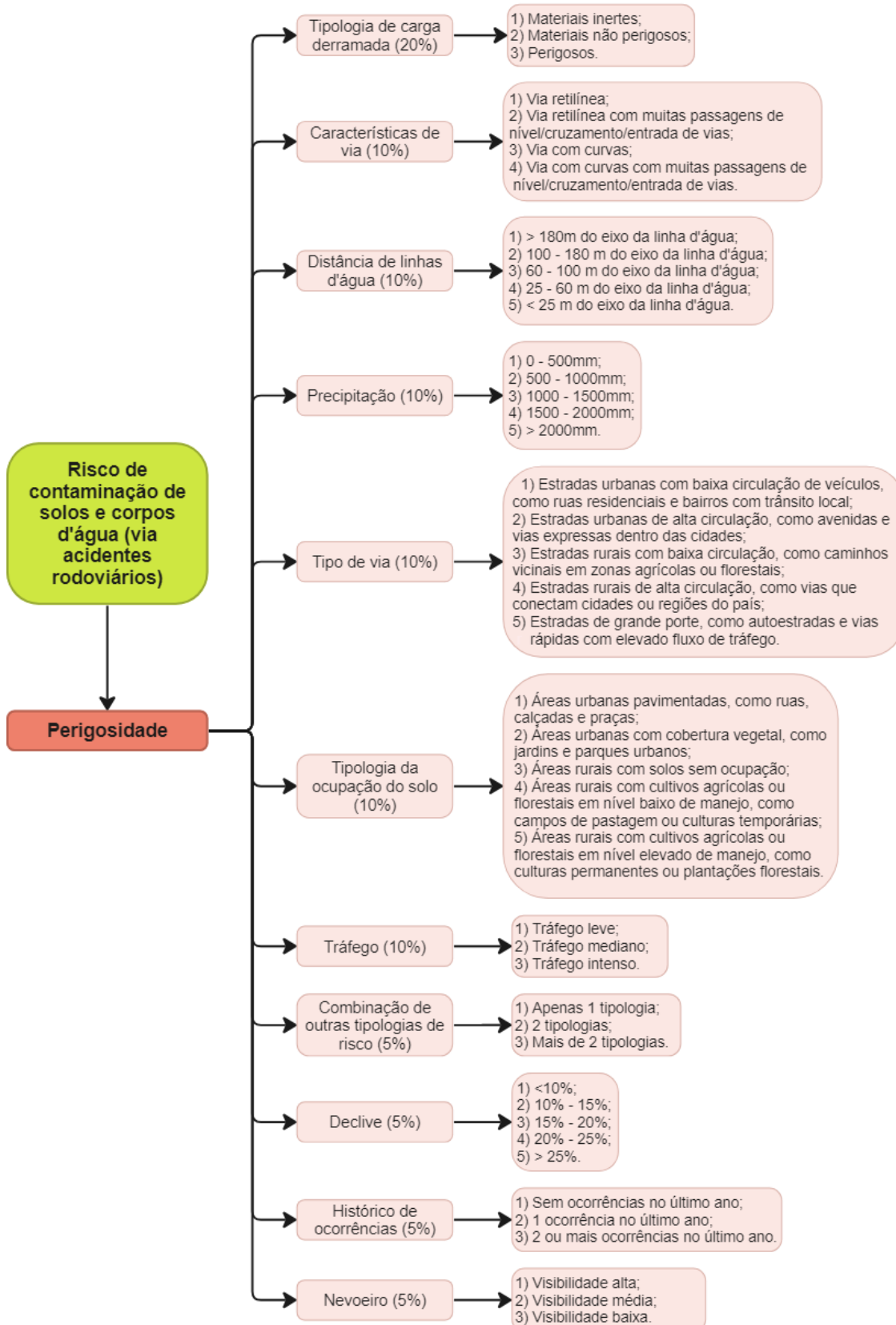
Anexo 2 – Risco de cheias

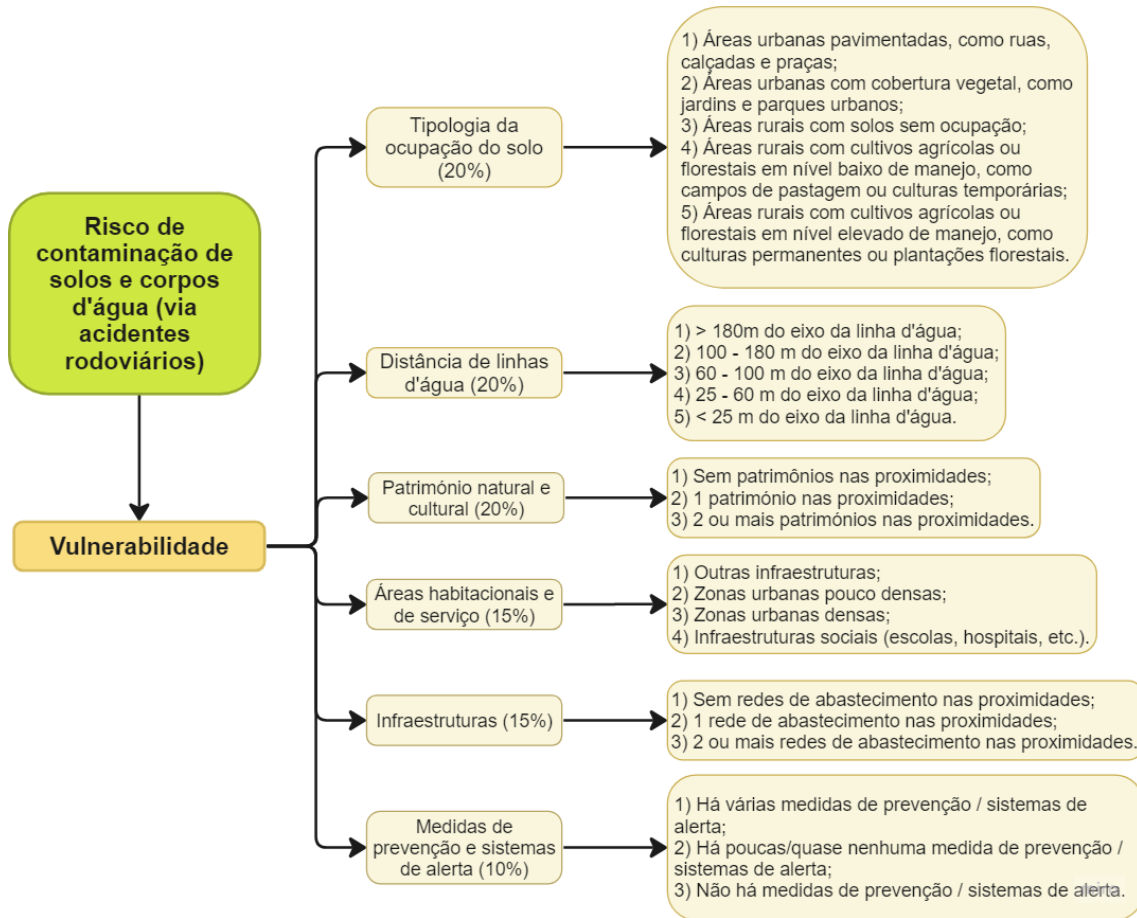


Anexo 3 – Risco de incêndios florestais

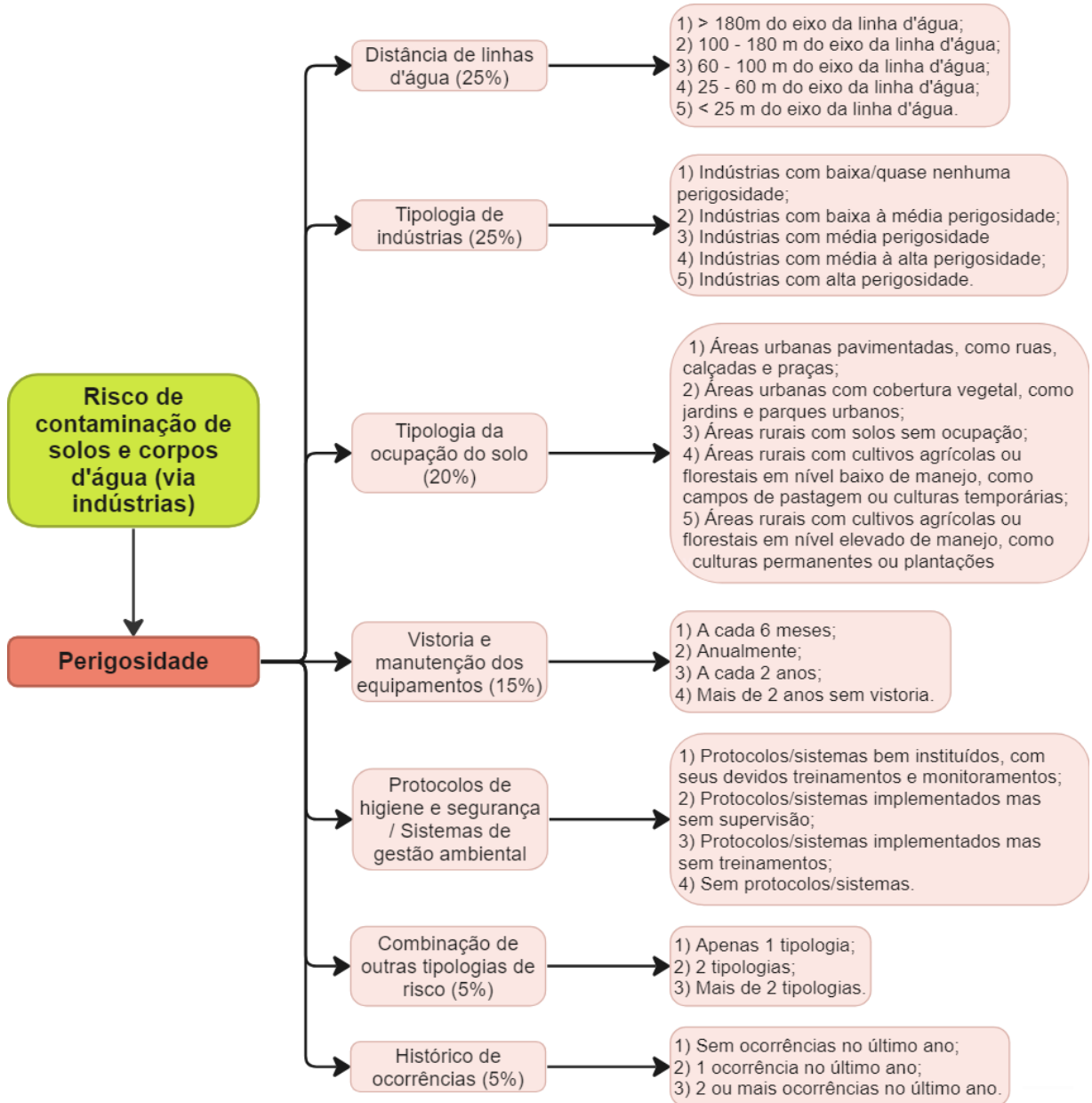


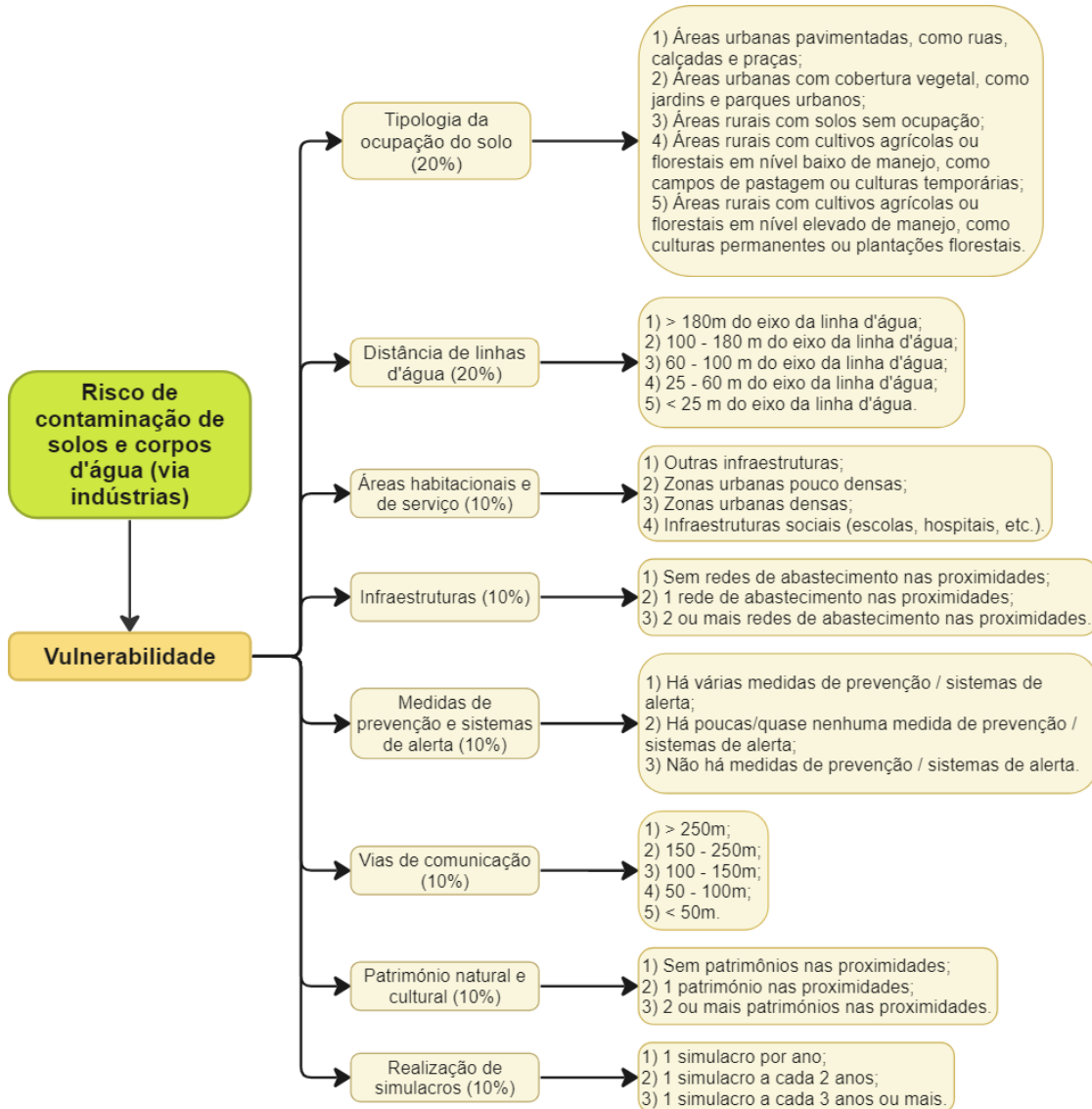
Anexo 4 – Risco de contaminação de solos e corpos d'água via acidentes rodoviários



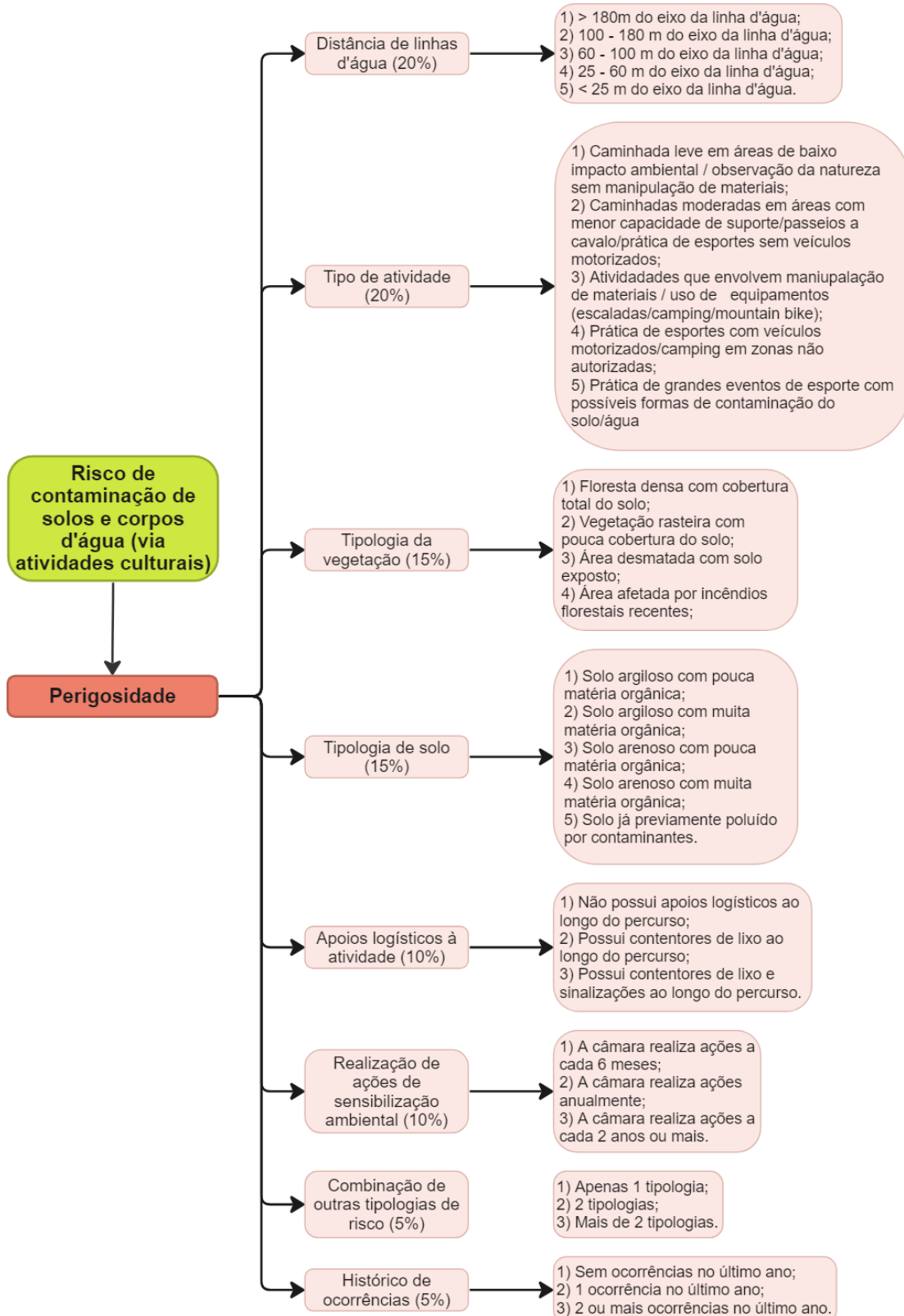


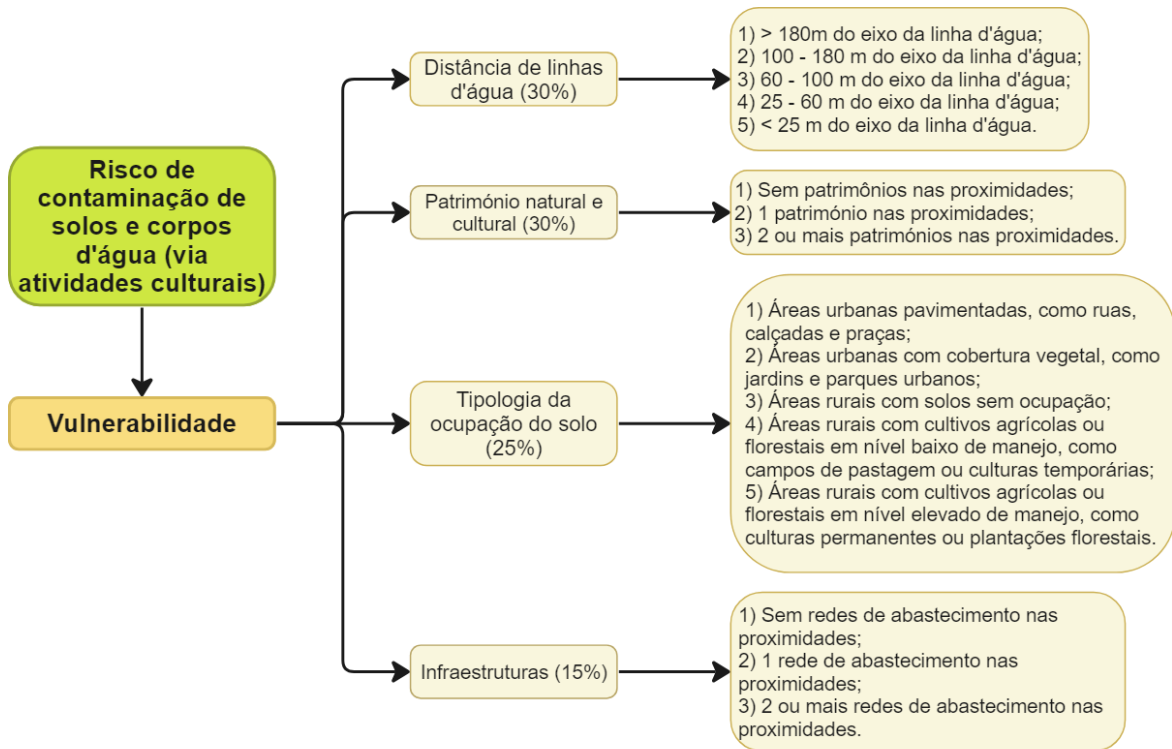
Anexo 5 – Risco de contaminação de solos e corpos d'água via indústrias





Anexo 6 – Risco de contaminação de solos e corpos d’água via atividades culturais





Anexo 7 – Cálculo dos valores máximos de perigosidade e vulnerabilidade

1. Risco de movimento de vertentes

$$Perig_{m\acute{a}x} = ((0,2 \times 5) + (0,2 \times 5) + (0,15 \times 5) + (0,15 \times 4) + (0,10 \times 3) + (0,10 \times 3) + (0,05 \times 3) + (0,05 \times 3)) = 4,25$$

$$Vuln_{m\acute{a}x} = ((0,25 \times 4) + (0,25 \times 3) + (0,15 \times 3) + (0,15 \times 5) + (0,10 \times 3) + (0,10 \times 3)) = 3,55$$

2. Risco de cheias

$$Perig_{m\acute{a}x} = ((0,25 \times 5) + (0,25 \times 5) + (0,20 \times 5) + (0,10 \times 5) + (0,10 \times 5) + (0,05 \times 3) + (0,05 \times 3)) = 4,8$$

$$Vuln_{m\acute{a}x} = ((0,25 \times 4) + (0,25 \times 3) + (0,15 \times 3) + (0,15 \times 5) + (0,10 \times 3) + (0,10 \times 3)) = 3,55$$

3. Risco de incêndios florestais

$$Perig_{m\acute{a}x} = ((0,20 \times 5) + (0,15 \times 5) + (0,15 \times 5) + (0,15 \times 5) + (0,10 \times 5) + (0,05 \times 3) + (0,05 \times 5) + (0,05 \times 5) + (0,05 \times 3) + (0,05 \times 5)) = 4,8$$

$$Vuln_{m\acute{a}x} = ((0,25 \times 4) + (0,25 \times 3) + (0,15 \times 3) + (0,15 \times 5) + (0,10 \times 3) + (0,10 \times 3)) = 3,55$$

4. Risco de contaminação de solos e corpos d'água via acidentes rodoviários

$$Perig_{m\acute{a}x} = ((0,20 \times 3) + (0,10 \times 4) + (0,10 \times 5) + (0,10 \times 5) + (0,10 \times 5) + (0,10 \times 5) + (0,10 \times 3) + (0,05 \times 3) + (0,05 \times 5) + (0,05 \times 3) + (0,05 \times 3)) = 4,0$$

$$Vuln_{m\acute{a}x} = ((0,20 \times 5) + (0,20 \times 5) + (0,20 \times 3) + (0,15 \times 4) + (0,15 \times 3) + (0,10 \times 3)) = 3,95$$

5. Risco de contaminação de solos e corpos d'água via indústrias

$$\begin{aligned} Perig_{m\acute{a}x} &= ((0,25 \times 5) + (0,25 \times 5) + (0,20 \times 5) + (0,15 \times 4) + (0,10 \times 4) + (0,05 \times 3) \\ &+ (0,05 \times 3)) = 4,8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vuln_{m\acute{a}x} &= ((0,20 \times 5) + (0,20 \times 5) + (0,10 \times 4) + (0,10 \times 3) + (0,10 \times 3) + (0,10 \times 5) \\ &+ (0,10 \times 3) + (0,10 \times 3)) = 4,10 \end{aligned}$$

6. Risco de contaminação de solos e corpos d'água via atividades culturais

$$\begin{aligned} Perig_{m\acute{a}x} &= ((0,20 \times 5) + (0,20 \times 5) + (0,15 \times 4) + (0,15 \times 5) + (0,10 \times 3) + (0,10 \times 3) \\ &+ (0,05 \times 3) + (0,05 \times 3)) = 4,25 \end{aligned}$$

$$Vuln_{m\acute{a}x} = ((0,30 \times 5) + (0,30 \times 3) + (0,25 \times 5) + (0,15 \times 3)) = 4,10$$