



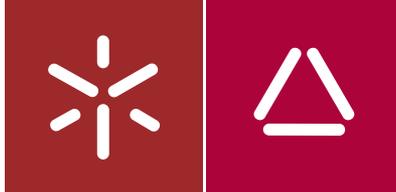
Isabel Catarina da Silva Machado Ferreira

O risco hidrológico no concelho de Braga:  
Um contributo geográfico

Universidade do Minho  
Instituto de Ciências Sociais







Universidade do Minho  
Instituto de Ciências Sociais

Isabel Catarina da Silva Machado Ferreira

O risco hidrológico no concelho de Braga:  
Um contributo geográfico

Dissertação de Mestrado  
Mestrado em Geografia  
Especialização em Planeamento e Gestão do Território

Trabalho efetuado sob a orientação de  
Professor Doutor António José Bento Gonçalves  
Professor Doutor António Avelino Batista Vieira

## **DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS**

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

### ***Licença concedida aos utilizadores deste trabalho***



**Atribuição-NãoComercial**

**CC BY-NC**

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

## **AGRADECIMENTOS**

Na realização da presente dissertação, foram múltiplos os apoios e incentivos de pessoas e entidades que, de forma direta ou indireta, contribuíram para que esta chegasse a bom porto. É para mim indispensável expor o meu agradecimento e o meu mais sincero respeito e consideração.

Em primeiro lugar, tenho umas palavras de agradecimento ao meu orientador, o Professor Doutor António Bento Gonçalves, por todos os ensinamentos durante todos estes anos fundamentais à aprendizagem de um geógrafo, pela confiança que depositou em mim e por acreditar no meu valor. Grata ainda pelo excelente exemplo que é como professor e fonte de inspiração.

Ao meu coorientador, Professor Doutor António Avelino Batista Vieira expresso a minha gratidão por toda a partilha de conhecimentos, por todos os sábios conselhos e por toda a paciência.

Foram sem dúvida incansáveis e estiveram sempre disponíveis para me apoiar sem hesitar!

À Câmara Municipal de Braga, pela amabilidade e confiança por parte de todos os técnicos envolvidos que contribuíram na disponibilização de dados e informações para que esta dissertação fosse realizada.

Aos meus pais por sempre me terem dado todo o apoio que precisei em todos os momentos bons assim como os mais desgastantes deste percurso.

À minha avó Maria que sempre me ajudou de todas as formas possíveis, e em especial por todo o carinho, a ela o meu caloroso obrigada.

Ao meu avô Luís, que será sempre o meu grande alicerce, agradeço do fundo do coração por fazer de mim a pessoa que sou hoje.

Espero que vos tenha feito orgulhosos!

À minha amiga de curso desde o primeiro dia, a ti, Marília, muito obrigada por toda a força, pelas recomendações, por toda a preocupação, no fundo, pela amizade verdadeira.

Ao Rui, expresso a minha gratidão por toda a atenção e paciência, pelo suporte, por todos os conselhos, por acreditar e me fazer acreditar em mim, sem dúvida que me ajudou a aprender e a crescer.

Por fim, agradeço a todos aqueles que, de uma forma ou de outra, fazem parte da minha vida e a tornam mais feliz.

O meu eterno obrigada por estarem presentes!

## **DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE**

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

## **RESUMO**

Vivemos atualmente numa “sociedade de risco” que se define pela inexistência de risco zero, sendo por isso o acesso à informação sobre os riscos a que os cidadãos estão sujeitos no território, uma obrigação legal no sentido de sensibilizar e garantir a adoção de medidas fundamentais para a sua gestão.

O risco hidrológico é normalmente classificado como natural e tem bastante incidência no território nacional. Naturalmente, o concelho de Braga não é exceção. Neste território os fenómenos de cheias, inundações e alagamentos são frequentes, originando consequências negativas a nível ambiental, social e económico.

É neste contexto que a Geografia, como ciência autónoma, mas também como ciência interface, pode contribuir para que seja elaborado um instrumento de apoio à gestão do risco hidrológico.

Na presente dissertação é proposta uma metodologia para a elaboração de uma cartografia de risco hidrológico, para o concelho de Braga, baseada num modelo que envolve três componentes de risco, sendo eles: a perigosidade, a exposição e a vulnerabilidade social. Estes são baseados num conjunto de particularidades naturais, humanas e mistas, que podem ser responsáveis pelo desencadeamento da materialização do risco hidrológico.

Esta cartografia de risco permitiu identificar as áreas de risco hidrológico: “muito baixo”, “baixo”, “médio”, “elevado” e “muito elevado”, do território em estudo, o que possibilitou estabelecer áreas prioritárias no que respeita à implementação de medidas de gestão, promovendo o planeamento e ordenamento do território.

## **PALAVRAS-CHAVE**

Risco hidrológico, Braga, perigosidade, exposição, vulnerabilidade social

**ABSTRACT**

We currently live in a “risk society” that is defined by the absence of zero risk, and that’s why the access to risk information by citizens it’s a legal obligation to raise awareness and ensure the adoption of fundamental measures for their management.

The hydrological risk is one of the multiple risks classified as natural, with a strong impact on the portuguese territory. In fact, the municipality of Braga is no exception. In this territory, hydrological phenomena are frequent, causing negative consequences in the environment, in the society and in the economy.

In this context Geography, as an autonomous science, but also as an interface science, can contribute to the elaboration of an instrument to support the management of hydrological risk.

So, in this dissertation, a methodology is proposed for the elaboration of a hydrological risk mapping, for the municipality of Braga. This is based on a model that involves three risk components: probability of the hazard, exposure and social vulnerability. These are based on a set of natural, human and mixed characteristics, which may be responsible for the materialization of hydrological risk.

This risk mapping made it possible to identify the areas of hydrological risk: "very low", "low", "medium", "high" and "very high", allowing the establishment of priority areas to implement management measures, promoting territorial planning.

**KEYWORDS**

Hydrological risk, Braga, probability of the hazard, exposure, social vulnerability

## **ÍNDICE**

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice de Figuras.....	ix
Índice de Quadros.....	xi
Índice de Gráficos.....	xiii
Índice de Equações.....	xiv
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xv
<b>Introdução.....</b>	<b>1</b>
Contexto geral.....	1
Objetivos.....	2
Metodologia.....	3
Estrutura.....	7
<b>Parte I – O enquadramento teórico do risco hidrológico.....</b>	<b>8</b>
1. O risco, das conceções teóricas às práticas operacionais.....	8
2. O risco hidrológico.....	16
3. O risco hidrológico à escala nacional e o caso do concelho de Braga.....	31
<b>Parte II – A caracterização do concelho de Braga.....</b>	<b>36</b>
1. Enquadramento Geográfico.....	36
2. Características territoriais.....	37
2.1. Clima e condições meteorológicas, a particularidade dos eventos pluviométricos.....	37
2.2. Litologia.....	39
2.3. Relevo.....	41
2.4. Rede hidrográfica.....	44
2.5. Ocupação do solo.....	46
2.6. População residente.....	49
2.7. Alojamentos.....	52
2.8. Rede rodoviária.....	53
2.9. Hospitais.....	54
2.10. Farmácias.....	55
2.11. Agentes de proteção civil.....	56

3. Incidência espacial de fenómenos hidrológicos .....	57
<b>PARTE III – A cartografia de risco hidrológico para o concelho de Braga .....</b>	<b>59</b>
1. Enquadramento e metodologia para a elaboração de uma cartografia de risco hidrológico .....	59
2. Carta de perigosidade .....	79
3. Carta de exposição.....	80
4. Carta de vulnerabilidade social .....	81
5. Cartografia do risco hidrológico .....	82
<b>PARTE IV – A gestão do risco hidrológico no concelho de Braga .....</b>	<b>83</b>
1. Áreas prioritárias.....	83
2. Sugestão de medidas para a gestão do risco hidrológico.....	84
<b>Conclusão .....</b>	<b>89</b>
Referências Bibliográficas .....	92
Referências Eletrónicas.....	97
Referências Legislativas .....	101
Referências da Comunicação Social.....	102
<b>ANEXOS.....</b>	<b>103</b>
ANEXO I – Ocorrências de fenómenos hidrológicos noticiados nos meios de comunicação social no concelho de Braga entre 2000 e 2019.....	104
ANEXO II – Notícias de fenómenos hidrológicos no concelho de Braga entre 2000 e 2019 .....	106

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Partes da dissertação.....	7
Figura 2: Modelo conceptual do risco segundo Panizza .....	9
Figura 3: Articulação dos conceitos fundamentais associados aos riscos naturais, tecnológicos e mistos .....	15
Figura 4: Muro de suporte vivo.....	26
Figura 5: Entrançado vivo .....	27
Figura 6: Bacia de retenção em Guimarães.....	27
Figura 7: Vala drenante .....	28
Figura 8: Modelo de pavimento permeável.....	28
Figura 9: Exemplos de pavimentos permeáveis .....	29
Figura 10: Avaliação Preliminar dos Riscos de Inundações .....	33
Figura 11: Risco de cheia e inundação do concelho de Braga.....	35
Figura 12: Localização geográfica do concelho de Braga .....	36
Figura 13: Litologia no concelho de Braga.....	40
Figura 14: Hipsometria no concelho de Braga.....	42
Figura 15: Declives no concelho de Braga.....	43
Figura 16: Rede hidrográfica no concelho de Braga.....	45
Figura 17: Ocupação do solo no concelho de Braga em 2018 .....	47
Figura 18: Densidade populacional no concelho de Braga em 2011 .....	50
Figura 19: Total de alojamentos no concelho de Braga em 2011.....	52
Figura 20: Rede rodoviária e ferroviária do concelho de Braga em 2017 .....	53
Figura 21: Principais hospitais no concelho de Braga em 2020.....	54
Figura 22: Farmácias no concelho de Braga em 2020 .....	55
Figura 23: Agentes de proteção civil no concelho de Braga em 2020 .....	56
Figura 24: Incidência espacial de fenómenos hidrológicos no concelho de Braga entre 2000 e 2019. 57	
Figura 25: Modelo para a elaboração de uma cartografia de risco hidrológico.....	59
Figura 26: Modelo conceptual do risco hidrológico .....	61
Figura 27: Escala de risco hidrológico para o concelho de Braga .....	66
Figura 28: Densidade da rede hidrográfica no concelho de Braga .....	71
Figura 29: Densidade da rede rodoviária no concelho de Braga em 2017 .....	72
Figura 30: Distância euclidiana aos hospitais do concelho de Braga em 2020 .....	74

Figura 31: Distância euclidiana às farmácias do concelho de Braga em 2020 .....	74
Figura 32: Distância euclidiana aos agentes de proteção civil do concelho de Braga em 2020 .....	75
Figura 33: Perigosidade no concelho de Braga.....	79
Figura 34: Exposição no concelho de Braga.....	80
Figura 35: Vulnerabilidade social no concelho de Braga .....	81
Figura 36: Risco hidrológico no concelho de Braga.....	82
Figura 37: Localizações prioritárias a adotar de medidas de gestão do risco hidrológico.....	83
Figura 38: Sinalização de perigo de “cheia” na Rua Maria Amélia Bastos Leite em Braga .....	84
Figura 39: Rio Este junto à Avenida da Liberdade.....	86
Figura 40: Habitação junto ao rio Este na rua dos Barbosas.....	86
Figura 41: Localizações mais seguras para a preparação de instalações .....	88
Figura 42: Estragos na zona industrial de Braga.....	106
Figura 43: Mau tempo em Braga provoca inundações e queda de árvores.....	107
Figura 44: Tromba de água causou várias inundações em vários pontos da cidade de Braga.....	108
Figura 45: Chuva forte causa inundações em Braga (a).....	109
Figura 46: Chuva forte causa inundações em Braga (b).....	109
Figura 47: Braga: rio transborda e deixa carros “semisubmersos” .....	109
Figura 48: Chuva causa inundações em Braga (freguesia de Lamações) .....	110
Figura 49: Chuva causa inundações em Braga (freguesia de Lamas).....	110
Figura 50: Inundações em Braga deixam carros submersos (a).....	111
Figura 51: Inundações em Braga deixam carros submersos (b).....	111
Figura 52: Inundações em Braga deixam carros submersos (c).....	112
Figura 53: Bombeiros rebocam 15 carros nas cheias de Braga (a) .....	112
Figura 54: Bombeiros rebocam 15 carros nas cheias de Braga (b).....	113
Figura 55: Mau tempo provoca estragos e inundações em Braga (a) .....	113
Figura 56: Mau tempo provoca estragos e inundações em Braga (b) .....	114
Figura 57: Inundações cortam um dos principais acessos em Braga .....	115
Figura 58: Inundações entopem trânsito em Braga (a) .....	115
Figura 59: Inundações entopem trânsito em Braga (b) .....	116

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro I: Questões de partida .....	2
Quadro II: Definição de risco, perigo e crise .....	9
Quadro III: Definição de perigosidade, vulnerabilidade, elementos variáveis e risco .....	10
Quadro IV: Conceitos fundamentais associados aos riscos naturais, tecnológicos e mistos.....	12
Quadro V: Tipologia dos riscos .....	16
Quadro VI: Riscos naturais, tecnológicos e mistos .....	17
Quadro VII: Tipologia de riscos segundo a Comissão Nacional de Proteção Civil.....	18
Quadro VIII: Efeitos negativos do risco hidrológico .....	22
Quadro IX: Principais ocorrências de cheias e inundações.....	31
Quadro X: Grau de probabilidade de gravidade e de risco .....	32
Quadro XI: Áreas de risco potencial significativo de inundação para o concelho de Braga.....	34
Quadro XII: Tipologia de risco .....	34
Quadro XIII: Classes da litologia no concelho de Braga .....	41
Quadro XIV: Classes de hipsometria no concelho de Braga.....	43
Quadro XV: Classes de declives no concelho de Braga .....	44
Quadro XVI: Classes da ocupação do solo no concelho de Braga.....	48
Quadro XVII: Classes de densidade populacional por subsecção estatística no concelho de Braga.....	51
Quadro XVIII: Taxas populacionais no concelho de Braga no ano de 2018 .....	51
Quadro XIX: Classes de alojamentos no concelho de Braga .....	53
Quadro XX: Escala de risco para a incidência espacial de fenómenos hidrológicos no concelho de Braga .....	68
Quadro XXI: Escala de risco para a ocupação do solo no concelho de Braga.....	69
Quadro XXII: Escala de risco para a litologia no concelho de Braga .....	70
Quadro XXIII: Escala de risco para a densidade da rede hidrográfica no concelho de Braga .....	72
Quadro XXIV: Escala de risco para a densidade rodoviária no concelho de Braga .....	73
Quadro XXV: Escala de risco para a distância euclidiana aos hospitais, farmácias e agentes de proteção civil no concelho de Braga .....	75
Quadro XXVI: Ponderações para a cartografia de risco no município de Braga .....	77
Quadro XXVII: Perigosidade no concelho de Braga.....	79
Quadro XXVIII: Exposição no concelho de Braga .....	80
Quadro XXIX: Vulnerabilidade social no concelho de Braga .....	81

Quadro XXX: Risco hidrológico no concelho de Braga .....	82
Quadro XXXI: Ocorrências de fenómenos hidrológicos noticiados nos meios de comunicação social no concelho de Braga entre 2000 e 2019.....	104

## **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

Gráfico 1: Médias mensais das temperaturas na estação climatológica automática de Braga – Merlim (2000 - 2020) .....	38
Gráfico 2: Médias mensais das precipitações na estação climatológica automática de Braga – Merlim (2000 - 2020) .....	38
Gráfico 3: Gráfico termo pluviométrico de Braga.....	39
Gráfico 4: Evolução da população residente total e por sexo no concelho de Braga em 1991, 2001, 2011 e 2018.....	49
Gráfico 5: Número de ocorrências noticiadas no concelho de Braga por ano.....	58
Gráfico 6: Número de ocorrências noticiadas no concelho de Braga por mês.....	58

## **ÍNDICE DE EQUAÇÕES**

Equação 1: Avaliação quantitativa do risco.....	10
Equação 2: Perigosidade.....	78
Equação 3: Exposição.....	78
Equação 4: Vulnerabilidade social.....	78
Equação 5: Risco hidrológico.....	78

## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS**

**ANEPC** – Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil

**ANPC** – Autoridade Nacional de Proteção Civil

**APA** – Agência Portuguesa do Ambiente

**CAOP** – Carta Administrativa Oficial de Portugal

**CMB** – Câmara Municipal de Braga

**CNPC** – Comissão Nacional de Proteção Civil

**COS** – Carta de Uso e Ocupação do Solo

**CVP** – Cruz Vermelha Portuguesa

**DGT** – Direção Geral do Território

**GNR** – Guarda Nacional Republicana

**INE** – Instituto Nacional de Estatística

**INEM** – Instituto Nacional de Emergência

**IPMA** – Instituto Português do Mar e Atmosfera

**LNEG** – Laboratório Nacional de Energia e Geologia

**MDT** – Modelo Digital do Terreno

**NUT** – Nomenclatura de Unidades Territoriais

**PDM** – Plano Diretor Municipal

**PDMB** – Plano Diretor Municipal de Braga

**PMEPC** – Plano Municipal de Emergência e Proteção Civil

**PMEPCB** – Plano Municipal de Emergência e Proteção Civil de Braga

**PMOT** – Planos Municipais de Ordenamento do Território

**PNEPC** – Plano Nacional de Emergência de Proteção Civil

**PNRRC** – Plataforma Nacional para a Redução do Risco de Catástrofes

**PSP** – Polícia de Segurança Pública

**SIG** – Sistemas de Informação Geográfica

**SNIRH** – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos

**SNS** – Serviço Nacional de Saúde

**UNESCO** - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

## **INTRODUÇÃO**

### **CONTEXTO GERAL**

Rebelo (1996) afirma que o ser humano, ao se consciencializar da sua existência, ficou também ciente dos riscos a que estava exposto, sendo por isso, o risco, inerente à própria vida (Smith, 1992).

O risco acompanha o homem desde o momento em que este habita a Terra. Todavia, a ideia de risco do passado difere bastante das preocupações atuais, pois o conceito de risco transporta uma carga evolutiva, uma vez que acompanha a evolução da humanidade (Inácio, 2010).

No passado, os riscos eram exclusivamente naturais e pouco a pouco, além desses, vieram outros decorrentes da atividade humana (Rebelo, 2003). No presente, os riscos já são de toda a ordem (Faugères, 1991), sendo muitas das vezes impossível analisá-los em separado, pois constituem-se em verdadeiros “complexos de riscos” (Rebelo, 2003, pp: 11). Verifica-se ainda uma crescente pressão sobre o território, traduzida pelo aumento demográfico, a industrialização e a rápida urbanização nem sempre planeada (Teles, 2010), que desencadearam a materialização do risco.

Veyret (2007) alega que, na nossa sociedade, o risco está em toda a parte, podendo mesmo falar-se de uma “sociedade de risco” (Beck, 1992, pp: 183).

As sociedades atuais são mais vulneráveis e mais sensíveis do que no passado (Lourenço e Souza, 2015). Diante deste paradigma, o risco zero não existe (Lourenço e Souza, 2015), sendo, portanto, indispensável gerir o risco (Veyret, 2007), assumindo que essa gestão deve envolver quer um plano de prevenção, quer um plano de minimização de consequências (Gomes, 2012).

O risco hidrológico é um dos riscos classificado como natural (Lourenço e Amaro, 2018), com bastante incidência no território nacional e, a cada ano que passa, são ainda muitos os concelhos do país que continuam a ter problemas a ele associado (Costa, 2013).

Naturalmente, o concelho de Braga não é exceção. Neste território, os fenómenos hidrológicos são frequentes, causando consequências negativas para o ambiente, sociedade e economia.

Cabe assim ao Homem atuar com o intuito de prevenir estes fenómenos e de minimizar os seus impactes, o que pode ser concretizado com o apoio da Geografia, como ciência que procura responder às questões que o Homem coloca acerca do ambiente físico, humano e suas interações, desempenhando um papel fundamental na educação para o risco (Silva e Ferreira, 2000).

## OBJETIVOS

Como para qualquer investigação, é essencial considerar as questões de partida e uma série de objetivos que lhe deem resposta, de modo a permitir alcançar uma conclusão clara e precisa (quadro I).

Quadro I: Questões de partida

<b>Questão de partida 1</b>
Quais as áreas que apresentam risco hidrológico no concelho de Braga?
<b>Questão de partida 2</b>
Quais as áreas prioritárias a implementar medidas de gestão do risco hidrológico no concelho de Braga?

Face a estas questões, é crucial delinear os objetivos de modo a alcançar o cerne deste trabalho.

O objetivo principal consiste em:

- desenvolver uma metodologia para a elaboração de uma cartografia de risco hidrológico.

Os objetivos secundários consistem em:

- clarificar o conceito de risco hidrológico;
- caracterizar o concelho de Braga;
- identificar e delimitar as áreas com diferentes níveis de risco hidrológico no concelho de Braga;
- sugerir medidas específicas para a gestão do risco hidrológico para o concelho de Braga.

Esta cartografia consiste num instrumento de apoio à decisão, uma vez que permite identificar e delimitar as áreas de risco.

O risco zero não existe e, portanto, todas as áreas têm um determinado nível de risco: “muito baixo”, “baixo”, “médio”, “elevado” e “muito elevado”, sendo que este último corresponde ao nível máximo, refletindo as áreas mais problemáticas que, por isso, devem ser as prioritárias no que respeita à implementação de medidas para a gestão do risco hidrológico, essenciais para o planeamento e ordenamento do território.

## **METODOLOGIA**

Para responder aos objetivos pretendidos, esta dissertação tem uma base teórica e uma componente prática. O processo de pesquisa assentou no trabalho de gabinete, onde foram tidas em consideração fontes primárias e fontes secundárias, sendo alicerçado tanto em dados quantitativos como qualitativos. Durante todo o processo de desenvolvimento deste estudo, procurou-se desenvolver e aferir uma metodologia acessível e foram numerosas as observações e reflexões para atingir todos os objetivos e para que os resultados fossem obtidos da forma clara, completa e o mais real possível.

A base teórica corresponde ao estado da arte (parte I – o enquadramento teórico do risco hidrológico), e o pretendido é clarificar conceitos e noções da temática em questão.

De um modo geral, a metodologia aplicada nesta parte consistiu na pesquisa, leitura e revisão de bibliografia de dados e informações, tanto em suporte de papel como digital.

Mais concretamente, foram organizados conhecimentos de obras de autores especialistas sobre o assunto, como Lourenço, Rebelo, Ramos, Zêzere, Costa, Faugères e Panizza, consultados *websites* de entidades como a United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), a Plataforma Nacional para a Redução do Risco de Catástrofes (PNRRC), a Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (ANEPC) e a APA (Agência Portuguesa do Ambiente), assimilados documentos como o Plano Diretor Municipal de Braga (PDMB) e Plano Municipal de Emergência e Proteção Civil de Braga (PMEPCB) e, para completar, foi ainda verificada legislação associada, através do Diário da República Eletrónico.

A componente prática diz respeito à área de estudo (parte II – a caracterização do concelho de Braga), ao diagnóstico (parte III – a cartografia de risco hidrológico para o concelho de Braga) e à proposta (parte IV – proposta para a gestão do risco hidrológico no concelho de Braga).

A parte referente à área de estudo diz respeito às particularidades que o concelho de Braga apresenta e, de uma forma geral, foram recolhidos e tratados, estatisticamente, graficamente e cartograficamente, dados e informações do território em estudo.

A elaboração de toda a cartografia que representa o território foi realizada com o apoio dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), uma vez que estes nos permitem visualizar e interpretar dados, facilitando a sua compreensão (ESRI, 2019).

Optou-se por recorrer ao *Software* ArcGis versão 10.6.1, da ESRI para a sua elaboração, tendo como base a Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP) de 2019, disponível na Direção Geral do Território (DGT). O sistema de coordenadas utilizado foi o ETRS89\_Portugal\_TM06.

Primeiramente foi realizado o enquadramento geográfico do concelho de Braga com o apoio da Câmara Municipal de Braga (CMB) e da DGT.

Em seguida, para a caracterização do clima e condições meteorológicas, a particularidade dos eventos pluviométricos, foi efetuado o agrupamento dos dados referentes à temperatura e à precipitação, numa base de dados, recolhidos a partir do IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera), onde se procedeu ao seu tratamento estatístico e gráfico com o auxílio do *Microsoft Excel*, permitindo que estes fossem interpretados de forma simples e precisa.

Para a litologia, foi essencial o recurso a documentos como a Carta Geológica de Portugal referente à folha 5-D (Braga), e ao Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG) para a obtenção da *shapefile* da litologia, sendo esta posteriormente trabalhada através do *software* SIG e agrupada nas respetivas classes nominais: “granito de Celeirós e Vieira do Minho”, “granito de Braga”, “granito do Sameiro”, “granito de Briteiros”, “granito de Gondizalves”, “metassedimentos do Paleozóico” e “depósitos de cobertura”.

Para o relevo, foi essencial a predisposição da Câmara Municipal de Braga (CMB) na disponibilização das curvas de nível (2015) e dos pontos cotados (11258), que juntamente com os limites administrativos, adquiridos através da DGT, permitiram a elaboração de um Modelo Digital do Terreno (MDT). A partir deste MDT foi possível elaborar um mapa da hipsometria, através da sua reclassificação em 8 classes de altitude em metros ( $\geq 50$ , 50 - 100, 100 - 150, 150 - 200, 200 - 300, 300 - 400, 400 - 500,  $< 500$ ), e um mapa de declives, através da execução de uma ferramenta de geoprocessamento designada de *TIN to raster* para que em seguida corresse a ferramenta *slope*, sendo por fim o declive reclassificado em 5 classes em percentagem (0 - 4, 4 - 8, 8 - 12, 12 - 16,  $> 16$ ).

No que respeita à rede hidrográfica, a APA auxiliou na parte da análise dos cursos de água que constituem o concelho de Braga, já para a elaboração dos mapas o suporte foi a CMB.

A CMB, como referido anteriormente, permitiu a elaboração de um MDT. Este modelo também foi útil para a representação da rede hidrográfica de Braga segundo a ordem de Strahler, onde foram utilizadas várias ferramentas de *hydrology*.

A ferramenta *fill*, foi a primeira a ser utilizada, uma vez que tem como função preencher as *pias*<sup>1</sup> num *raster* de superfície para remover pequenas imperfeições nos dados (ESRI, 2020). Seguidamente correu a ferramenta *flow direction*, esta usa uma superfície como entrada e produz um *raster* mostrando a

---

<sup>1</sup> As *pias* são erros frequentes devido à resolução dos dados ou arredondamento das elevações para o valor inteiro mais próximo. Estas devem ser preenchidas para garantir o delineamento adequado das bacias e rios. Se as *pias* não forem preenchidas, uma rede de drenagem derivada pode ser descontínua (ESRI, 2020).

direção do fluxo de cada célula, até ao seu “vizinho” de declive mais íngreme (ESRI, 2020). Posteriormente utilizou-se a ferramenta *flow accumulation* que cria um *raster* de fluxo acumulado em cada célula (ESRI, 2020). A ferramenta *stream order* foi a que se seguiu, uma vez que atribui uma ordem numérica aos segmentos de um *raster* que representam ramos de uma rede linear, esta ordem é um método para identificar e classificar tipos de rios com base no número de afluentes (ESRI, 2020). O método adotado nesta ferramenta foi o proposto por Strahler em 1957.

A ocupação do solo foi elaborada com o apoio da DGT, que permitiu a obtenção Carta de Uso e Ocupação do Solo (COS) de 2018. Em seguida foram agrupadas as classes da COS 2018 em 8 megaclasses, para que fosse mais sucinta a identificação das áreas, nomeadamente em: “territórios artificializados”, “agricultura”, “pastagens”, “superfícies agroflorestais”, “florestas”, “matos”, “espaços descobertos ou com pouca vegetação” e “massas de água superficiais”.

O INE (Instituto Nacional de Estatística), foi essencial obter informações e para representar a evolução da população e a densidade populacional do concelho de Braga.

Procedeu-se ao tratamento estatístico e gráfico com o auxílio do *Microsoft Excel* para representar a evolução da população residente total e por sexo do concelho de Braga nos anos 1991, 2001, 2011 e 2018. Seguidamente, a densidade populacional por subsecções estatísticas foi representada com o apoio do *software* SIG adotado. Foi realizado um *join data* da tabela com os dados da densidade populacional por subsecção estatística em 2011 e assim representada num mapa os habitantes por  $Km^2$ , classificadas em 5 classes ordinais: 0; 1 – 500; 501 – 2000; 2001 – 5000; 5001 – 64657.

Para obter o número de alojamentos por subsecção estatística em 2011, recorreu-se ao INE, e a partir daí, através do *software*, foi realizado um *join data* da tabela com os dados dos alojamentos por subsecção estatística e assim representado num mapa dos alojamentos classificadas em 5 classes ordinais: 0; 1 – 50; 51 – 100; 101 – 200; 201 – 401.

O *join data* é normalmente usada para anexar os campos de uma tabela aos de outra por meio de um atributo ou campo comum a ambas as tabelas (ESRI, 2020).

A representação da rede rodoviária foi fundamentada com os dados fornecidos pela CMB. As estradas nacionais, estradas regionais, estradas e caminhos municipais e as autoestradas fornecidas em formato CAD foram convertidas para formato *shapefile* para que possa ser trabalhado no *software* adotado e representado num mapa.

Para os hospitais, foi feita uma procura dos mesmos com o apoio do GoogleMaps. Depois, as suas coordenadas foram agrupadas em tabela com o apoio do *Microsoft Excel*, sendo a tabela inserida no *software* e, através do *display XY data*, conseguida a sua representação.

Para as farmácias foi essencial recorrer ao INE e a colaboração do Infarmed, na medida em que forneceram o número e o nome das farmácias do concelho. A partir destes dados, foram anotadas as suas coordenadas através do GoogleMaps e agrupadas em tabela, com o apoio do *Microsoft Excel*. Posteriormente, com o auxílio do *software* SIG, e através do *display XY data*, estas foram representadas. Para os agentes de proteção civil, foi feita uma busca dos mesmos com o apoio do GoogleMaps e apontadas, numa tabela, as suas coordenadas com o apoio da ferramenta do *Microsoft Excel*. Posteriormente, com a ajuda do *software* SIG e através do *display XY data*, estes foram representados. Relativamente à incidência espacial de fenómenos hidrológicos, o suporte consistiu numa série notícias da comunicação social, nomeadamente do jornal Correio do Minho, do jornal O Minho, do jornal o Diário de Notícias, e televisão como a SIC Notícias, a TVI24, entre outras fontes.

Analisadas e resumidas 19 notícias entre os anos de 2000 a 2019, registou-se um total de 47 ocorrências, que foram agrupadas, por anos, numa tabela com o apoio do *Microsoft Excel*, juntamente com a respetiva latitude e longitude obtidas com o apoio do GoogleMaps (Anexo I).

Esta tabela foi inserida posteriormente no *software* SIG, sendo realizado o *display XY data* para que se obtivesse a sua representação por pontos num mapa. Posteriormente procedeu-se à utilização de uma ferramenta de geoprocessamento, *kernel density*, que permite calcular a densidade de recursos (ESRI, 2020), possibilitando o cálculo da densidade de pontos, ou seja, da incidência espacial de fenómenos hidrológicos no concelho de Braga, sendo esta representada através da utilização do método de classificação de dados *natural breaks*. Seguidamente foi atribuída uma classe nominal de densidade: “muito baixa”, “baixa”, “média”, “elevada” e “muito elevada”.

A parte do diagnóstico foi igualmente realizada com base nos SIG. Esta compreende a elaboração das cartas de perigosidade, de exposição e de vulnerabilidade social, cujo propósito é desenvolver uma metodologia para a elaboração de uma cartografia de risco hidrológico para o concelho de Braga.

A abordagem metodológica, aqui desenvolvida, consistiu na criação de um modelo que permitisse a elaboração de um instrumento de apoio à decisão, com vista a identificar as áreas problemáticas e, portanto, prioritárias no que respeita à implementação de medidas.

A metodologia correspondente será descrita, de forma mais minuciosa, na respetiva parte correspondente (parte III - a cartografia de risco hidrológico para o concelho de Braga).

No que concerne à proposta, foram aqui elencadas um conjunto de medidas de prevenção e de mitigação para a gestão do risco hidrológico, com base na observação dos resultados obtidos na cartografia de risco hidrológico do território em estudo, e com base na pesquisa e leitura bibliográfica e consulta de legislação.

## **ESTRUTURA**

Para atingir os objetivos propostos, a dissertação foi estruturada em quatro partes teórico-práticas, antecedidas por uma introdução e precedidas por uma conclusão (figura 1).

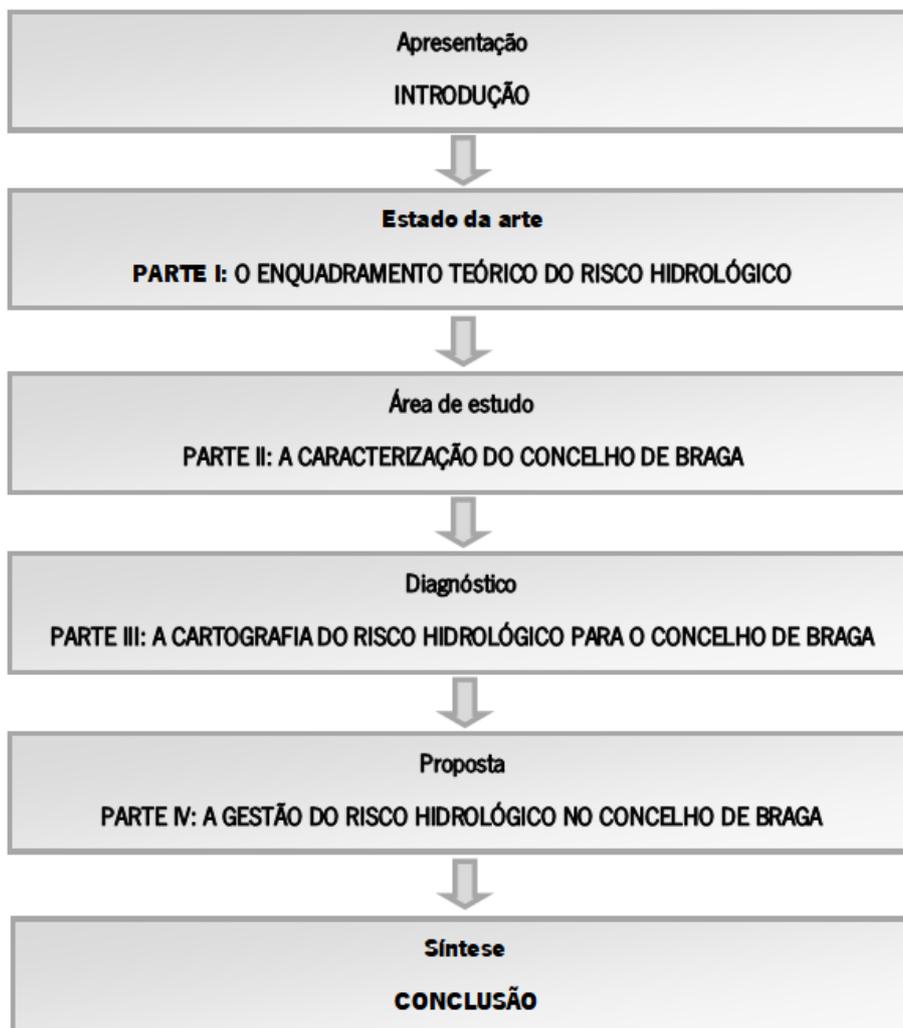


Figura 1: Partes da dissertação

## **PARTE I – O ENQUADRAMENTO TEÓRICO DO RISCO HIDROLÓGICO**

### **1. O RISCO, DAS CONCEÇÕES TEÓRICAS ÀS PRÁTICAS OPERACIONAIS**

“A ideia de risco tem acompanhado desde sempre o Homem” (Rebelo, 2003, pp: 11). O risco está presente em todas as ações e atitudes, desde as mais simples às mais complexas, praticadas pelo ser humano, assim, não há ninguém que não tenha uma pequena ideia do que vem a ser um risco (Rebelo, 1999). A noção de risco é, portanto, “pré-científica”, pois antes de qualquer formulação, a ideia já existia nas sociedades de forma empírica (Rebelo, 1999, pp: 3).

Apesar de atualmente ocupar um lugar privilegiado na sociedade contemporânea, o conceito de risco é relativamente recente (Almeida, 2014). Foi apenas em 1987 que o risco beneficiou de uma abordagem científica a partir das ações realizadas pela UNESCO (Rebelo, 2003). Com efeito, nesse ano, foi realizada em Paris uma reunião direcionada para o risco ao nível das empresas, onde foi igualmente abordado o risco ao nível individual e da sociedade (Queirós *et. al.*, 2006).

Em 1989 as Nações Unidas instituíram o “Dia Internacional para a Redução de Catástrofes”, que se celebra a 13 de outubro, cujo propósito consiste em sensibilizar governos, organizações e cidadãos de todo o mundo, para a necessidade de desenvolverem ações que contribuam para prevenir riscos e reduzir vulnerabilidades, aumentando a resiliência das comunidades e a capacidade de antecipação e resposta face à ocorrência de acidente graves ou catástrofes (PNRRC, 2019).

A década de 90 foi proclamada, pelas Nações Unidas, de “Década Internacional para a Redução de Riscos Naturais” (Belo, 2012). Este período foi marcado pela introdução da noção de risco a nível académico, onde é crucial fazer referência ao trabalho apresentado pelo geógrafo francês Lucien Faugères que apresenta a “teoria de risco” (1990), a qual se organiza em torno de três conceitos sequenciais e hierarquizados: o risco, o perigo e a crise (quadro II).

Quadro II: Definição de risco, perigo e crise

<b>Conceito</b>	<b>Descrição</b>
<b>Risco</b>	Caracteriza-se por ser um sistema complexo de processos cuja modificação do funcionamento é suscetível de produzir danos diretos ou indiretos a uma determinada população.
<b>Perigo</b>	Este caracteriza uma situação de desregulação do sistema que torna perceptível e desencadeia toda uma série de reações de defesa e de tentativas para restabelecer o modo de funcionamento anterior. Neste sentido o perigo é considerado como limiar de transição entre o risco e a crise.
<b>Crise</b>	Ocorre quando as defesas ou tentativas de restabelecer o funcionamento anterior se tornam inoperantes, quando certos limiares são ultrapassados; quando é iniciada uma escalada, e quando o curso dos fenómenos em causa não pode ser previsto ou controlado, o que, de certo modo, ajuda a um melhor enquadramento das diferentes crises.

Fonte: Faugères (1990, pp: 53) e Lourenço e Amaro (2018, pp: 63 - 67)

Também em 1990 se destaca outro autor, nomeadamente Panizza, que apresenta o modelo conceptual do risco (figura 2).



Figura 2: Modelo conceptual do risco segundo Panizza

Fonte: Zêzere *et al.* (2006, pp: 3), adaptado de Panizza (1990)

Neste modelo destacam-se os conceitos de “perigosidade”, “vulnerabilidade” e “elementos em risco” ou “elementos vulneráveis” (quadro III).

Quadro III: Definição de perigosidade, vulnerabilidade, elementos variáveis e risco

<b>Conceito</b>	<b>Descrição</b>
<b>Perigosidade</b>	Entendida como a probabilidade de ocorrência, avaliada qualitativamente 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.
<b>Vulnerabilidade</b>	Corresponde ao grau de perda de um elemento ou conjunto de elementos vulneráveis, resultante de um fenómeno natural ou induzido pelo Homem, com determinada magnitude ou intensidade.
<b>Elementos vulneráveis</b>	Representados pela população, equipamentos, propriedades e atividades económicas vulneráveis num território.
<b>Risco</b>	O risco é entendido como a probabilidade de ocorrência de um efeito específico causador de danos graves à Humanidade e/ou ao ambiente, num determinado período e em circunstâncias determinadas. Por outras palavras, o risco exprime a possibilidade de ocorrência, e a respetiva quantificação em termos de custos, de consequências gravosas, económicas ou mesmo para a segurança das pessoas, em resultado do desencadeamento de um fenómeno natural ou induzido pela atividade antrópica.

Fonte: Zêzere *et al.* (2006, pp: 2 - 3)

A avaliação quantitativa do risco é obtida através da multiplicação da perigosidade pela vulnerabilidade e pelo valor dos elementos em risco (Zêzere *et al.*, 2006, pp: 3) (equação 1).

$$\text{Risco} = \text{Perigosidade} \times \text{Vulnerabilidade} \times \text{Elementos em risco}$$

Equação 1: Avaliação quantitativa do risco

Fonte: Zêzere *et al.* (2006, pp: 3)

Deste modo, verifica-se que o risco pode ser mitigado a partir da intervenção em qualquer um dos seus componentes (perigosidade, vulnerabilidade, valor dos elementos expostos), sendo nulo se um deles for eliminado (Zêzere *et al.*, 2006).

A Cindídica, “ciência do risco”, é ainda relativamente recente e segundo Kervern e Rubise (1991), citados por Lourenço (2003), tem como objetivo o estudo do perigo, enquanto medida do risco, seguindo uma sequência lógica de que quanto maior o perigo maior o risco, e quanto menor o perigo menor o risco.

Este pode ser maior ou menor dependendo do perigo a que estamos expostos, o que nos leva a perceber que estamos em qualquer situação perante um risco.

O estudo do risco, tema de várias conferências e vários artigos técnicos e científicos, veio comprovar o reconhecimento da sua importância e complexidade.

Sob o lema “um mundo mais seguro para todos”, ocorreu a 2ª Conferência Mundial sobre a Redução do Risco de Catástrofes, em 2005, em Kobé no Japão, em que Portugal subscreeveu, juntamente com 168 Estados-membros das Nações Unidas, a Declaração de Hyogo e o Quadro da Ação de Hyogo 2005-2015, com o foco de constituir a resiliência das nações e das comunidades face aos desastres (PNRRC, 2019).

Para dar cumprimento às recomendações das Nações Unidas, Portugal, em 2010, constituiu no quadro da Comissão Nacional de Proteção Civil (CNPC), a Plataforma Nacional para a Redução do Risco de Catástrofes (PNRRC, 2019).

Em 2015, Portugal participou na 3ª Conferência Mundial das Nações Unidas sobre a Redução do Risco de Catástrofes que ocorreu em Sendai no Japão, onde foi adotado o Quadro de Sendai 2015-2030 cujo foco é “tornar o mundo mais seguro face aos riscos de catástrofes nas décadas vindouras para as gerações presentes e futuras” (PNRRC, 2019).

Assim, para a sociedade contemporânea, falar de riscos, quer a nível local, regional ou global, é elementar, pois fazem parte do nosso quotidiano (Lourenço, 2007). Contudo, atualmente, falar neste assunto exige cautela, pois abrange conceções e enfoques diferentes (Ayach *et al.*, 2012), além de existir diferentes maneiras de visualizar ou de perceber o que vem a ser um risco, sendo resultado das preocupações crescentes quer nacionais quer internacionais. De facto, para um geógrafo, o risco apresenta-se como uma área rica para a investigação (Queirós *et al.*, 2006) e, nos dias de hoje, são muitas e variadas as definições e tipologias de risco, desde as mais académicas às mais práticas.

As conceções de âmbito prático, decorrem fundamentalmente da necessidade de, em termos operacionais, se uniformizar o significado dos termos e, por conseguinte, ser criada alguma “doutrina” que possa facilitar a clarificação de alguns dos conceitos mais usuais, para atuar com clareza e objetividade, contribuindo para a segurança e bem-estar da comunidade (Lourenço, 2003).

Um passo importante, em Portugal, para efeitos técnicos, foi dado com a produção do Guia Metodológico para a Produção de Cartografia Municipal de Risco e para a Criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de Base Municipal, em 2009, apoiado pela Autoridade Nacional de Proteção Civil (ANPC), conjuntamente com a Direção-Geral de Ordenamento do Território e o Desenvolvimento Urbano e Instituto Geográfico Português (Ramos, 2013). O referido documento apresenta uma série de conceitos

relacionados com o risco que têm sido objeto de estudo e discussão científica um pouco por todo o mundo. Este visa harmonizar e simplificar metodologias e uniformizar os conceitos associados aos riscos naturais, tecnológicos e mistos, constituindo um quadro de referência capaz de promover o entendimento comum neste domínio (Julião *et al.*, 2009) (quadro IV).

Quadro IV: Conceitos fundamentais associados aos riscos naturais, tecnológicos e mistos

<b>Conceito</b>	<b>Designação</b>	<b>Observações</b>
<b>Perigo</b> <i>Hazard</i>	Processo, ou ação natural, tecnológico ou misto, suscetível de produzir perdas e danos identificados.	O conceito aplica-se à totalidade dos processos e ações naturais, tecnológicos e mistos.
<b>Severidade</b> <i>Severity</i>	Capacidade do processo ou ação para danos em função da magnitude, intensidade, grau, velocidade ou outro parâmetro que melhor expresse o seu potencial destruidor.	O conceito reporta, exclusivamente, a grandeza física do processo ou ação e não das suas consequências, estas dependem também da exposição.
<b>Suscetibilidade</b> <i>Susceptibility</i>	Incidência espacial do perigo. Representa a propensão para uma área ser afetada por um determinado perigo, em tempo indeterminado, sendo avaliada para a ocorrência dos processos ou ações, não contemplando o seu período de retorno ou a probabilidade de ocorrência.	Representável cartograficamente através de mapas de zonamento, sobretudo nos casos dos processos naturais e mistos identificados.
<b>Perigosidade ou probabilidade do perigo</b> <i>Probability of the hazard</i>	Probabilidade de ocorrência de um processo ou ação atual, natural tecnológico ou misto, com potencial destruidor (ou para provocar danos) com uma determinada severidade, numa dada área e num dado período.	Representável cartograficamente de mapas de zonamento, nos casos dos processos naturais e mistos identificados. A probabilidade de ocorrência é quantificada e sustentada cientificamente.

<p><b>Exposição;</b> <b>Elementos</b> <b>expostos;</b> <b>Elementos em</b> <b>risco</b> <i>Exposure;</i> <i>Exposed elements;</i> <i>Elements at risk</i></p>	<p>População, propriedades, estruturas, infraestruturas, atividades económicas, etc., expostos (potencialmente afetáveis) a um processo perigoso natural tecnológico ou misto, num determinado território.</p>	<p>Expressão cartográfica com representação pontual, linear e zonal.</p>
<p><b>Elementos</b> <b>expostos</b> <b>estratégicos,</b> <b>vitais e/ou</b> <b>sensíveis</b> <i>Critical and</i> <i>strategic exposed</i> <i>elements</i></p>	<p>Conjunto de elementos expostos de importância vital e estratégica, fundamentais para a resposta à emergência (rede hospitalar e de saúde, rede escolar, quartéis de bombeiros e instalações de outros agentes de proteção civil e autoridades civis e militares) e de suporte básico às populações (origens e redes principais de abastecimento de água, rede elétrica, centrais e retransmissores de telecomunicações).</p>	<p>Expressão cartográfica com representação pontual, linear e zonal.</p>
<p><b>Vulnerabilidade</b> <i>Vulnerability</i></p>	<p>Grau de perda de um elemento ou conjunto de elementos expostos, em resultado da ocorrência de um processo (ou ação) natural, tecnológico ou misto de determinada severidade. Expressa numa escala de 0 (sem perda) a 1 (perda total).</p>	<p>Reporta-se aos elementos expostos. Pressupõe a definição de funções ou matrizes de vulnerabilidade reportadas ao leque de severidades de cada perigo considerado.</p>
<p><b>Valor (dos</b> <b>Elementos</b> <b>Expostos)</b> <i>Value</i></p>	<p>Valor monetário (também pode ser estratégico) de um elemento ou conjunto de elementos em risco que deverá corresponder ao custo de</p>	<p>Reporta-se aos elementos expostos.</p>

	mercado da respetiva recuperação, tendo em conta o tipo de construção ou outros fatores que possam influenciar nesse custo. Deve incluir a estimativa das perdas económicas diretas e indiretas por cessação ou interrupção de funcionalidade, atividade ou laboração.	
<b>Consequências ou dano potencial</b> <i>Consequence or potencial loss</i>	Prejuízo ou perda expectável num elemento ou conjunto de elementos expostos, em resultado do impacto de um processo (ou ação) perigoso natural, tecnológico ou misto, de determinada severidade (Dano potencial= Vulnerabilidade X Valor).	Reporta-se aos elementos expostos.
<b>Risco</b> <i>Risck</i>	Probabilidade de ocorrência de um processo (ou ação) perigoso e respetiva estimativa das suas consequências sobre pessoas, bens ou ambiente, expressas em dados corporais e/ou prejuízos materiais e funcionais, diretos ou indiretos (Risco= Perigosidade X Dano potencial).	Produto da perigosidade pela consequência.

Fonte: Julião *et. al.* (2009, pp: 20 – 22)

Depois de conhecer estes conceitos fundamentais, importa entender de que forma estes se relacionam no processo de avaliação dos riscos. Aqui são destacados os conceitos de suscetibilidade, elementos expostos e localização do risco (figura 3).



Figura 3: Articulação dos conceitos fundamentais associados aos riscos naturais, tecnológicos e mistos

Fonte: Julião *et. al.* (2009, pp:22)

Sendo a cartografia das áreas de risco um instrumento importante na prevenção, controle e gestão do mesmo (Veyret, 2007), é crucial cartografá-las e defini-las utilizando uma terminologia comum a todos os agentes que lidam com as questões do risco (Ramos, 2013).

Estes conceitos são assim imprescindíveis para a produção de cartografia de risco que possa ser elaborada por todos os concelhos, constituindo informação indispensável, por exemplo para o Plano Diretor Municipal (PDM) e o Plano Nacional de Emergência de Proteção Civil (PNEPC).

Apesar de não ser possível eliminar os riscos na sociedade, pois irão sempre existir riscos residuais (Veyret, 2007), é possível reduzi-los através da previsão, autoproteção, prevenção e mitigação, desenvolvendo uma cultura de segurança onde as ações de socorro deverão ser mínimas, mas eficazes quando necessárias.

Em Portugal, as referidas ações têm estado associadas à Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil. A Lei de Bases da Proteção Civil, Lei n.º 27/2006 3 de julho, na sua redação atual, descreve que a Proteção Civil é a atividade desenvolvida pelo Estado, Regiões Autónomas e autarquias locais, pelos cidadãos e por todas as entidades públicas e privadas com a finalidade de prevenir riscos coletivos inerentes a situações de acidente grave ou catástrofe, de atenuar os seus efeitos e proteger e socorrer as pessoas e bens em perigo quando aquelas situações ocorram. Trata-se de um conceito abrangente e transversal, assente num ciclo permanente entre a prevenção e a resposta, em que as estratégias reativas não se podem encontrar dissociadas das preventivas.

A redução dos riscos é tanto um problema como uma responsabilidade de todos os cidadãos (PNRRC, 2019). Assim, é mais que uma obrigação legal o acesso à informação sobre os riscos a que os cidadãos

estão sujeitos, para garantir a sensibilização da população em matéria de autoproteção e promover uma melhor aplicação do princípio da precaução, contribuindo para a adoção de medidas para a redução do risco (ANEPC, 2019).

## 2. O RISCO HIDROLÓGICO

Os riscos devem ser estudados numa lógica de tratamento conjunto decorrente de uma visão holística (Lourenço, 2007), e classificados de forma a que todos possam ser incluídos nessa categorização, sendo que ainda seja possível tratar somente aqueles que têm a ver com determinado objeto de estudo (Lourenço e Amaro 2018).

É possível encontrar diferentes classificações de riscos que variam conforme autores e entidades. Uma forma simples e lógica de os agrupar é em função da sua génese (quadro V).

Quadro V: Tipologia dos riscos

<b>Riscos naturais</b>	<b>Exemplos</b>
São, essencialmente, fenómenos que podem produzir danos e estão associados à evolução da Terra ao longo dos tempos. Por outras palavras, quando o fenómeno que produz danos tem a sua origem na natureza.	Geológicos; Tectónicos; Magmáticos; Climáticos e meteorológicos; Hidrológicos; Geomorfológicos; Biológicos.
<b>Riscos antrópicos</b>	<b>Exemplos</b>
Dizem respeito a fenómenos que causam danos em resultado da intervenção do ser humano, em função da sua própria evolução à face da Terra, ou seja, o fenómeno causador do dano tem a sua origem em ações humanas.	Tecnológicos; Sociais.
<b>Riscos mistos</b>	<b>Exemplos</b>
Quando o fenómeno causador do prejuízo pode ter as duas causas, pode ter uma origem natural como uma causa humana.	De componente atmosférica; De componente geodinâmica; De componente biomédica ou do foro infectocontagioso.

Fonte: Lourenço (2003); Lourenço (2007); Lourenço e Amaro (2018)

O risco natural é a denominação para fazer referência aos riscos que não podem ser facilmente atribuídos ou relacionados com a ação humana (Dagnino e Junior, 2007), no entanto, essa é uma tarefa cada vez mais difícil nos dias de hoje (Rebelo, 2003).

Os riscos naturais, por vezes, não podem ser estudados isoladamente (Rebelo, 2003), pois estes resultam da conjugação de dois aspetos: da dinâmica do meio físico e o da exposição de uma comunidade (Fernandes, 2009). Desta forma, pode-se afirmar que, o risco natural, aparece relacionado com o ambiente físico como elemento ativo e relacionado com a presença do homem como elemento passivo (Fernandes, 2009).

Durante muitos séculos, os riscos limitavam-se a ser de origem natural, e ainda nos dias de hoje os riscos naturais são diversos ocorrendo, por vezes, ciclicamente na mesma região (ANEPC, 2019).

Contudo, com a evolução tecnológica, a criação de novos tipos de indústrias, a utilização de mais e maiores quantidades de substâncias perigosas fez surgir outro tipo de acontecimentos catastróficos, nomeadamente os acidentes tecnológicos, acontecimentos súbitos e não planeados, que causam graves danos nos seres humanos assim como no ambiente (ANEPC, 2019).

Posto isto, segundo a ANPC (2009), os riscos em Portugal são classificados como naturais, tecnológicos e mistos (quadro VI).

Quadro VI: Riscos naturais, tecnológicos e mistos

<b>Riscos</b>	<b>Descrição</b>
<b>Naturais</b>	Resultam do funcionamento dos sistemas naturais.
<b>Tecnológicos</b>	Resultam de acidentes, frequentemente súbitos e não planeados, decorrentes da atividade humana.
<b>Mistos</b>	Resultam da combinação de ações continuadas da atividade humana com o funcionamento dos sistemas naturais.

Fonte: ANPC (2009b, pp: 14)

Em termos práticos, a Comissão Nacional de Proteção Civil adotou uma classificação de riscos que agrega os riscos naturais, tecnológicos e mistos (CNPC, 2019) (quadro VII).

Quadro VII: Tipologia de riscos segundo a Comissão Nacional de Proteção Civil

<b>Riscos</b>	<b>Categoria</b>	<b>Designação</b>
<b>Naturais</b>	Meteorologia adversa	Nevões
		Ondas de calor
		Ondas de frio
		Ventos fortes
	<b>Hidrologia</b>	<b>Secas</b>
		<b>Cheias e inundações</b>
		<b>Inundações e galgamentos costeiros</b>
	Geodinâmica interna	Sismos
		Tsunamis
	Geodinâmica externa	Movimentos de massa em vertentes
		Erosão costeira – Recuo e instabilidade de arribas
<b>Tecnológicos</b>	Acidentes graves de transporte	Acidentes rodoviários
		Acidentes ferroviários
		Acidentes aéreos
		Acidentes no transporte terrestre de mercadorias perigosas
	Infraestruturas	Acidentes em infraestruturas fixas de transporte de produtos perigosos
		Incêndios urbanos
		Colapso de túneis, pontes e infraestruturas
		Rutura de barragens
	Atividade industrial e comercial	Acidentes em instalações fixas com substâncias perigosas
		Colapso de edifícios com elevada concentração populacional
		Energias radiológicas
<b>Mistos</b>	Relacionados com a atmosfera	Incêndios rurais

Fonte: CNPC (2019, pp: 31)

Os riscos hidrológicos estão vulgarmente inseridos no grande grupo de riscos naturais. Segundo Lourenço e Amaro (2018), o risco hidrológico decorre do excesso de água à superfície terrestre, comportando três subtipos que assumem uma aparência semelhante, sendo, por isso, muitas vezes confundidos e tratados como um só, no entanto são tecnicamente distintos, podendo assim diferenciar-se o risco de cheia, o risco de inundação e o risco de alagamento (Lourenço e Amaro, 2018).

O risco de cheia decorre de um aumento brusco do caudal, ou da altura da água num leito fluvial ou num outro canal com capacidade para transportar água (Lourenço e Amaro 2018).

Na perspetiva hidrológica, as cheias reconhecem-se pela rápida subida da altura da água acompanhada pelo rápido aumento de caudal que, após a ponta de cheia, desce de forma gradual e cada vez mais lenta à medida que desce a altura da água, descrevendo uma curva assimétrica que identifica o hidrograma característico das cheias (Lourenço e Amaro 2018).

O risco de inundação ocorre quando se dá o transbordo da água para fora dos elementos que normalmente a contêm, sejam eles do leito normal dos rios, da linha de costa dos lagos, dos mares e dos oceanos, e dos canais subterrâneos naturais e artificiais (Lourenço e Amaro 2018).

Conforme o tipo de canal que normalmente transporta ou armazena água, é possível identificar quatro subtipos distintos: risco de inundação marinha e lacustre, risco de inundação cársica, risco de inundação fluvial e risco de inundação rápida urbana (Lourenço e Amaro 2018).

Inundação marinha consiste na ocorrência de galgamentos oceânicos, mais concretamente, quando se verifica o limite máximo do perímetro de inundação estabelecido através dos dados estimados de ondulação e da amplitude dos valores de declive do perfil, registados no território (Trindade, 2010).

A inundação lacustre, como o seu nome indica, está associada a inundações em lagos e lagoas. A planície de inundação lacustre constitui numa área relativamente plana e sujeita a inundações periódicas associadas a um regime climático e hidrológico, onde normalmente se dá a deposição temporária de sedimentos (Bitencourt *et al.*, 2016).

A respeito das inundações cársicas, estas estão associadas ao meio cársico. As inundações no carso são causadas por precipitações e tem características específicas devido às condições de circulação da água que existem nos terrenos cársicos (Bonacci, 2006). Este é um sistema geológico que se caracteriza pela dissolução química das rochas carbonatadas, que leva ao surgimento de variadas características físicas, como por exemplo: cavernas, dolinas, vales cársticos, cones cársticos, rios subterrâneos, canhões fluviocársicos, paredões rochosos expostos e lapiás (Aboo, 2013). Estas paisagens cársicas, de baixa altitude, podem estar suscetíveis a inundações das águas subterrâneas devido a uma combinação do

baixo armazenamento de aquíferos, da elevada difusividade e da drenagem superficial limitada ou mesmo ausente (Naughton *et al.*, 2020).

O risco de inundação fluvial resulta normalmente de cheias, motivo pelo qual é muitas vezes confundido (Lourenço e Amaro 2018).

Muitas das vezes, em resultado de precipitações intensas, ocorre uma subida brusca da altura da água no leito normal, que num curto espaço de tempo transborda e cobre extensas áreas do leito de inundação. Estas inundações por serem mais frequentes e por surgirem de forma rápida e repentina, ao resultarem de cheias, confundem-se com elas, daí existir uma relação direta entre ambas que gera a confusão (Lourenço e Amaro 2018). Todavia, para além destas, também existem as inundações progressivas onde o transbordo ocorre de uma forma mais lenta como consequência de precipitações prolongadas não concentradas no tempo, fazendo subir a água no leito de forma mais gradual. Razão pela qual, do ponto de vista hidrológico, estas inundações não podem ser consideradas como cheias, justificando-se distinguir os conceitos (Lourenço e Amaro 2018).

As inundações fluviais podem ainda ser subdivididas conforme as origens em monogénicas, quando se atribuem a apenas uma origem, sendo normalmente súbitas repentinamente e rápidas, ou em poligénicas, quando resultam de causas conjugadas, tendo várias origens, e, por isso, tendo mais do que uma ponta de cheia, sendo mais lentas e demoradas que as anteriores (Lourenço e Amaro 2018).

O risco de inundação rápida urbana é, indubitavelmente, uma das “grandes preocupações do planeamento urbano” (Rebelo, 1997, pp: 29). Estas estão relacionadas com a ocorrência de chuvas intensas, por outras palavras, de muita precipitação em pouco tempo (Rebelo, 1997), em áreas urbanas. De modo a desenvolver o seu estudo, é importante considerar não só as características naturais das áreas em estudo (características climáticas e hidrológicas, relacionando-se estas com as biogeográficas, morfológicas e geológicas), mas também as características da sua ocupação humana (Rebelo, 1997). Por vezes, umas e outras interpenetram-se nem sempre se demonstrando separáveis de forma clara (Rebelo, 1997).

O risco de alagamento ainda é pouco mencionado por produzir um efeito semelhante e coincidir com o risco de inundação do ponto de vista hidrológico, contudo apresenta uma gênese diferente e, por essa razão, deve ser tratado em separado (Lourenço e Amaro, 2018). Este corresponde a uma acumulação de água em áreas aplanadas da superfície terrestre, resultando exclusivamente da precipitação devido a dificuldades de infiltração e de escoamento superficial por saturação do solo e das rochas, pelo que não deve ser confundido com inundações pois não resulta de nenhum transbordo (Lourenço e Amaro, 2018).

Já segundo CNPC (2019) os riscos associados à categoria de hidrologia dizem respeito a secas, cheias e inundações e inundações e galgamentos costeiros.

Uma situação de seca encontra-se geralmente associada a longos períodos em que não ocorre precipitação, ou em que esta apresenta valores abaixo do normal (CNPC, 2019). Estão associadas a períodos em que a humidade do solo é deficitária, de tal forma que as necessidades das plantas, animais e os seres humanos não podem ser satisfeitas (Silva *et al.*, 2009).

Por outro lado, as cheias e inundações, ocorrem principalmente na sequência de fenómenos de precipitação extrema e de frequência variável que, de forma natural ou induzida pela ação humana, podem resultar na submersão de terrenos usualmente emersos (CNPC, 2019).

Estes dois termos são distintos, ou seja, enquanto a cheia é caracterizada por uma acentuada subida do nível da água num curso de água, lago, reservatório ou região costeira, já a inundação é definida como um aumento do nível da água (ANPC, 2009a) que leva à submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água ou acumulação de água, em zonas que normalmente não se encontram submersas (Silva *et al.*, 2009).

As inundações e galgamentos costeiros são caracterizadas por afetar praias, dunas costeiras, arribas, barreiras detriticas, tómbolos, sapais, faixa terrestre de proteção costeira, águas de transição e respetivos leitos e faixas de proteção, bem como estruturas e infraestruturas existentes na orla costeira (CNPC, 2019).

Portugal, ao longo da sua história, testemunhou os efeitos simultaneamente providenciais e devastadores, resultado de fenómenos hidrológicos (ANPC, 2011). Assim, as consequências destes fenómenos podem ser divididas em dois grupos, referente aos benefícios e outro alusivo às consequências negativas.

Como exemplos de benefícios temos (Carmo, 2018):

- o incremento da fertilidade do solo (devido ao aumento do caudal do rio a água atinge maior velocidade e maior capacidade de transporte, permitindo que, quando o rio voltar a correr no seu leito normal sejam depositados sedimentos e minerais nas margens, fertilizando os solos);
- a possibilidade de retirar várias colheitas;
- a existência de peixe em abundância.

Porém, são mais os efeitos negativos que condicionam o desenvolvimento do território (quadro VIII).

Quadro VIII: Efeitos negativos do risco hidrológico

<b>Nível</b>	<b>Efeitos negativos do risco hidrológico</b>
<b>Ambiente</b>	Destruição da flora e da fauna local;
	Contaminação dos rios e diminuição da água potável;
	Deslizamento e destruição do solo que podem ainda causar erosão acentuada e acumulação de sedimentos;
<b>Sociedade</b>	Perda de vidas e ferimentos humanos;
	Propagação de doenças devido à contaminação da água em contacto com matérias prejudiciais à saúde;
	Destruição de edifícios sensíveis como os hospitais, lares de idosos, creches, infantários, escolas, edifícios de armazenamento ou processamento de substâncias perigosas, infraestruturas de gestão de efluentes e de armazenamento ou transformação de resíduos;
	Destruição de edifícios com importância na gestão de emergências como quartéis de bombeiros, instalações das forças de segurança e das forças armadas, da Cruz Vermelha, Comando Nacional e Comandos Distritais de Operações de Socorro e Serviços Municipais de Proteção Civil;
	Destruição de infraestruturas rodoviárias e ferroviárias, de abastecimento público de água e de tratamento de resíduos e de águas residuais;
	Degradação de patrimónios natural, histórico e cultural;
<b>Economia</b>	Danos na agricultura e na pecuária;
	Perda de produção por parte da indústria;
	Interrupção no funcionamento de serviços.

Fonte: Carmo (2018); Sá (2016); Relatório do Estado do Ambiente (2019)

Nesse sentido, o Homem, com o passar do tempo, sentiu a necessidade de prevenir e minimizar tais efeitos, sendo, portanto, imprescindível apostar na gestão do risco com a adoção de medidas adequadas e concretas (Sá, 2016).

A proteção absoluta é um “mito”, irão existir sempre riscos residuais (Costa *et. al.*, 2014, pp: 287), assim, estas medidas não se traduzem numa eliminação da possibilidade de ocorrências de fenómenos hidrológicos, mas antes na redução do risco que lhes está associado, quer em termos de vidas, quer em termos de bens (APA, 2019).

Posto isto, torna-se imprescindível dotar os cidadãos dos conhecimentos e competências essenciais para uma cidadania ativa e responsável perante os riscos.

A capacidade em responder apropriadamente a um fenómeno depende do conhecimento e da consciência do risco, por parte da população, o que requer planeamento e atividades educacionais (Costa *et al.*, 2014). Neste contexto, a educação para o risco deve focar-se em ações que visem promover o conhecimento do conceito de risco e desenvolver uma cultura de segurança, consubstanciada em atitudes e comportamentos de prevenção, de minimização e autoproteção perante os riscos (Direção-Geral da Educação, 2020).

São pois necessárias ações para a formação dos cidadãos (Saúde *et al.*, 2015):

- os riscos devem ser considerados antecipadamente, identificados, estudados, difundidos e treinados;
- devem ser realizadas ações de informação pública que motivem os cidadãos para a adesão a projetos que aumentem a sua preparação para uma emergência (como por exemplo a realização de simulacros);
- devem ser executados processos de planeamento de emergência, incluindo a componente da formação e do exercício;
- devem ser feitas operações de resposta ao acidente, à emergência, à catástrofe, capacitando e estimulando o cidadão a reagir pró-ativamente nos processos.

Estas ações devem de passar por um trabalho de proximidade, nomeadamente com escolas e nas diversas vertentes do sistema nacional de emergência e proteção civil (Saúde *et al.*, 2015).

O Conselho Nacional de Educação, através da Recomendação sobre a educação para o risco, Recomendação n.º 5/2011, na sua redação atual, considera que a escola deve promover a educação para o risco, introduzindo matérias relevantes relacionadas com o risco, tratando-as, não só pela transmissão de informação e conhecimentos, mas também pela promoção da ação que lida na prática com casos específicos de risco (Nunes *et al.*, 2013).

Conhecer e agir no paradigma de “sociedade de risco” exige novas competências pessoais, fundadoras de uma cidadania informada, ativa e participativa, que deve ser adquirida desde o início do percurso escolar (Saúde *et al.*, 2015, adaptado da Recomendação do Conselho Nacional de Educação).

Dadas as graves consequências associadas ao risco, a ação preventiva constitui a estratégia mais eficaz no combate a fenómenos hidrológicos e, na maior parte das situações, é possível prevê-los (ANEPC, 2020).

Neste seguimento, o IPMA tem um papel importante a nível de previsão destes fenómenos, pois recebe dados dos satélites meteorológicos que permitem acompanhar a evolução dos estados de tempo que possam originar precipitações abundantes (concentradas ou contínuas) capazes de pôr em risco pessoas, animais e bens, razão pela qual se deve prestar atenção às suas informações.

Atualmente dispomos de tecnologia que nos permite uma comunicação direta e imediata com as populações, fazendo, por isso, sentido apostar na emissão de avisos via SMS dos estados de tempo por parte das entidades responsáveis. Todavia, deve-se ter em linha de conta que nem toda a população tem acesso ou sabe lidar com um dispositivo de comunicação móvel, com internet disponível, pelo que o aviso às populações deverá ser também veiculado através de vários meios de comunicação social tradicionais, como a rádio e a televisão.

A disponibilização destas informações aliado ao conhecimento dos locais mais problemáticos, que devem ser devidamente sinalizados no território, permite informar e avisar a população dos locais a evitar em casos de precipitações abundantes.

A limpeza e desobstrução das linhas de água é também uma ação crucial na prevenção dos danos causados por fenómenos hidrológicos, pois permite assegurar o bom estado ecológico e as condições de escoamento da água e sedimentos de toda a rede hidrográfica e zonas ribeirinhas (Sinergo, 2020). A lei da água incita à limpeza e desobstrução das linhas de água como uma das medidas de conservação e reabilitação da rede hidrográfica e zonas ribeirinhas (Lei da água, n.º 1 do artigo 33.º da Lei 58/2005 de 29 de dezembro, na sua redação atual).

Estas medidas de conservação e reabilitação devem ser executadas sob a orientação da APA através dos departamentos de Administração da Região Hidrográfica, sendo da responsabilidade: dos municípios, nos aglomerados urbanos; dos proprietários, nas frentes particulares fora dos aglomerados urbanos; e dos organismos dotados de competência, própria ou delegada, para a gestão dos recursos hídricos na área nos demais casos (Lei da água, n.º 5 do artigo 33.º da Lei 58/2005 de 29 de dezembro, na sua redação atual).

Não obstante, nem sempre é possível avisar atempadamente as populações para que possam agir previamente. São exemplos os casos de precipitações intensas e repentinas, associadas a instabilidades atmosféricas de difícil previsão, ou em situações que apesar de serem mais raras em Portugal podem acontecer: a rutura de barragens. Desta forma, também é necessário que sejam tomadas em consideração medidas de mitigação que visem minimizar os impactes do risco hidrológico nocivos ao Homem e ao ambiente.

Uma das medidas de mitigação para o risco hidrológico deve passar pela elaboração e revisão dos Planos Municipais de Ordenamento do Território (PMOT) de forma a terem em consideração a ocupação do solo, salvaguardando e tirando o máximo benefício das áreas com coberto vegetal, uma vez que estas contribuem para a infiltração das águas e diminuição do escoamento superficial, minimizando situações de cheia, inundações e alagamentos.

O Domínio Público Hídrico (DPH) diz respeito às águas públicas que, conforme o caso, podem pertencer ao estado, às regiões autónomas e aos municípios e freguesias (APA, 2014). Pertencem-lhe as categorias de águas marítimas, lacustres, fluviais e outras, mas também terrenos conexos com estas águas, designadamente, os seus leitos e as margens (Correia, 2016).

Por conseguinte, este também deve ser refletido, tendo em conta a identificação das construções que se encontram dentro dos limites do DPH, das áreas adjacentes, sobre as margens ou sobre o leito dos principais rios e seus afluentes, visto que são áreas que se encontram mais sujeitas à materialização do risco hidrológico, de forma a identificar os respetivos proprietários para que seja possível oferecer-lhes apoios e, em casos de precipitação contínua e prolongada ou concentrada, sejam avisados previamente e enviada ajuda o mais rapidamente possível.

As zonas consideradas inundáveis ou ameaçadas pelas cheias, devem ser objeto de classificação particular e de medidas especiais de prevenção e de proteção, delimitando cartograficamente as áreas em que é proibida a edificação e aquelas em que a edificação é condicionada, para segurança de pessoas e bens (Lei da água, n.º2 do artigo 40º da Lei 58/2005 de 29 de dezembro, na sua redação atual).

Na ausência da delimitação e classificação das zonas inundáveis ou ameaçadas pelas cheias, os instrumentos de planeamento territorial devem estabelecer as restrições necessárias para reduzir o risco associado e os seus efeitos, devendo definir designadamente que as cotas dos pisos inferiores das edificações sejam superiores à cota local da máxima cheia conhecida (Lei da água, n.º5 do artigo 40º da Lei 58/2005 de 29 de dezembro, na sua redação atual).

De destacar que é da competência da Autoridade Nacional da Água, em articulação com a Autoridade Nacional de Proteção Civil, a criação de sistemas de alerta para salvaguarda de pessoas e bens (Lei da água, n.º8 do artigo 40º da Lei 58/2005 de 29 de dezembro, na sua redação atual).

É ainda conveniente que sejam privilegiadas espécies. A promoção da conectividade da vegetação ao longo das margens deve ser executada através da plantação de espécies autóctones ou alóctones bem-adaptadas, não se verificando manifestações de comportamentos invasivos na região. As plantas com comportamento invasor devem ser removidas através do controlo físico (Araújo, 2013). As espécies perenes que promovam o bom revestimento do solo são também benéficas, uma vez que permitem

combater mais eficientemente a erosão e facilitam o processo de infiltração das águas no solo (Araújo, 2013).

Adicionalmente é relevante que sejam consideradas algumas medidas que envolvam técnicas de engenharia, como as que se seguem.

A colocação de rochas disseminadas no leito. Este método permite a redução da velocidade da água em leitos com declives pouco acentuados, e consiste na colocação de blocos de pedra de peso variável no leito, próximos das margens, com o lado mais plano orientado para montante, de forma a evitar que sedimentos fiquem retidos (Araújo, 2013).

A construção de muros de suporte vivos em margens fluviais. Esta é uma técnica utilizada para a consolidação de margens verticais íngremes e tem como vantagem o aumento do efeito estabilizador do solo, proporcionando um efeito protetor imediato e uma elevada capacidade drenante (Ecosalix, 2020). Para a sua construção será necessária a utilização de pregos, pedras, faxinas, troncos de madeira e terra vegetal (Araújo, 2013). O período do ano mais indicado para a sua realização é, devido à utilização de material vivo, o período de repouso vegetativo (Araújo, 2013) (figura 4).



Figura 4: Muro de suporte vivo

Fonte: Ecosalix, 2020

A criação de entrancados vivos. Estes são colocados em taludes e margens fluviais de baixo declive (Ecosalix, 2020) e têm como função promover a estabilização das margens e a retenção da camada superficial do solo (Araújo, 2013). Tem a vantagem de ter uma ação muito eficaz após o desenvolvimento dos ramos vivos, de favorecer a evolução dos ecossistemas e ainda de ser de baixo custo e de execução simples (Ecosalix, 2020). O processo construtivo compreende o entrance de ramos vivos entre estacas e, posteriormente o enchimento com terra vegetal para que o material vivo não seque, sendo que a extremidade mais grossa dos ramos utilizados deve ser colocada em profundidade no solo ou imersa em

água (Araújo, 2013). Quanto maior os ramos, maior a profundidade a que se irão desenvolver as raízes e, portanto, maior estabilidade será em profundidade (Ecosalix, 2020). A sua construção é feita no início do período de repouso vegetativo (Araújo, 2013) (figura 5).



Figura 5: Entrançado vivo

Fonte: Ecosalix (2020)

A construção de bacias de retenção. Estas criam uma depressão com capacidade de armazenamento de águas e constituem uma mais valia para o meio (Araújo, 2013), sobretudo para o meio urbano (Bichança, 2006). Para além de possibilitarem a melhoria do comportamento do sistema de drenagem, pois permitem a regularização dos caudais através da capacidade de armazenamento, permitem a criação de reservas de água para fazer frente a necessidades agrícolas, atividades industriais, ocorrências de incêndios, entre outras, e permitem ainda melhorar a qualidade da água retida, principalmente por efeito da decantação dos materiais sólidos suspensos (Bichança, 2006) (figura 6).



Figura 6: Bacia de retenção em Guimarães

Fonte: CM de Guimarães, 2020

A colocação de valas drenantes. Estas são estruturas lineares concebidas para facilitar o armazenamento e transporte de águas provenientes do escoamento superficial promovendo a infiltração e simultaneamente o tratamento da água transportada devido ao seu revestimento vegetal (Araújo, 2013) (figura 7).



Figura 7: Vala drenante

Fonte: Leca, 2020

Recomenda-se ainda que sejam adotados materiais que se destinem à construção de pavimentos permeáveis (figura 8), em alternativa aos que nada favorecem a infiltração (Araújo, 2013).

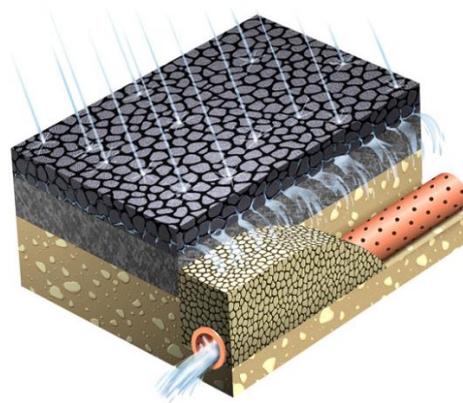


Figura 8: Modelo de pavimento permeável

Fonte: Engenharia 360, 2020

Os pavimentos permeáveis são compostos por materiais porosos, ou seja, têm uma estrutura formada por uma granulometria mais aberta, sendo utilizados agregados com diâmetros maiores do que os utilizados em pavimentos convencionais (Engenharia 360, 2020), ou com juntas que favoreçam a drenagem das águas (Araújo, 2013) (figura 9).



Figura 9: Exemplos de pavimentos permeáveis

Fonte: Engenharia360, 2020

Estes pavimentos permitem a drenagem das águas pluviais através da superfície para camadas subjacentes, onde a água pode ser armazenada temporariamente até se infiltrar no solo, ou pode ser reutilizada ou encaminhada para outro componente de drenagem ou linha de água (Lourenço, 2014, adaptado de Ballard *et al*, 2007). Esta é uma medida com grande potencial para redução do volume das águas de escoamento superficial em meio urbano, uma vez que pode ser aplicada a uma escala significativa e proporcional à área impermeabilizada (Araújo, 2013).

A construção de coberturas verdes ou ajardinadas. Estas consistem no desenvolvimento de um revestimento vegetal (plantas, flores, arbustos e/ou árvores) ao nível da cobertura, cultivado de forma intencional (Lourenço, 2014). Estas têm diversos benefícios, entre eles têm a capacidade de retenção das águas pluviais, reduzindo a que é escoada até aos sistemas de drenagem, minorando os problemas associados aos fenómenos hidrológicos, promovem a melhoria do ar, a diminuição do ruído e a biodiversidade (Associação Nacional de Coberturas Verdes, 2020).

Estar preparado para enfrentar situações hidrológicas é fundamental para evitar danos maiores. Neste sentido, as medidas de prevenção e mitigação devem ser completadas com medidas de autoproteção, destinadas a prevenir e controlar os riscos que possam visar pessoas e bens e que permitam dar uma resposta adequada às possíveis situações de emergência (Pinheiro, 2012).

Assim, todos os cidadãos devem de tomar em consideração uma serie de ações que lhes possibilitem maior segurança (ANPC, 2007; Deco Proteste, 2020; Segurança online, 2020):

- Fora do período das ocorrências:
  - devem ser identificados e divulgados os locais mais seguros onde seja possível os cidadãos refugiarem-se;
  - os cidadãos devem preparar uma mochila de emergência a levar em caso de evacuação, com agasalhos, alimentos, água potável, um estojo de primeiros socorros, um rádio transmissor a pilhas, pilhas de reserva, um isqueiro ou fósforos e os documentos pessoais dentro de um saco impermeável;
  - deve ser avaliada a hipótese de fazer um seguro de casa e de recheio.
- Durante as ocorrências, os cidadãos devem:
  - estar atentos e seguir as orientações dadas pelas entidades oficiais;
  - estar prontos para evacuar a casa e fazê-lo de forma calma e organizada;
  - antes de evacuar a casa, desligar a água, eletricidade e gás, e deixar em local seguro embalagens de produtos poluentes ou tóxicos devidamente selados;
  - ao evacuar a casa, não perder tempo e respeitar as orientações que lhe forem dadas, assim como levar consigo a mochila de emergência;
  - ao evacuar, trancar as portas que dão acesso ao exterior;
  - não comer alimentos que tenham estado em contacto com águas das ocorrências e beber apenas água engarrafada;
  - estar alerta e procurar dar apoio a quem mais necessitar (crianças, idosos e deficientes);
  - não utilizar o telefone, exceto em caso de emergência, para não sobrecarregar as linhas telefónicas;
  - não utilizar o carro, pois este pode ser arrastado;
  - evitar os locais mais atingidos, pois pode-se ser arrastado pela corrente ou dar-se um aumento repentino do nível da água, no caso de não haver alternativa, caminhar com o auxílio de um chapéu de chuva ou bengala.
- Após ocorrências, os cidadãos devem:
  - se houver evacuação, regressar apenas depois de ser dada essa indicação;
  - ter especial cuidado com aparelhos elétricos e a gás atingidos, deve ser chamado um técnico para os examinar;
  - não tocar em cabos elétricos caídos, pois pode-se ficar eletrocutado;
  - verificar o estado das substâncias inflamáveis ou tóxicas que possa ter em casa;
  - iniciar as limpezas da casa pelas áreas mais altas;

- deitar fora comida (mesmo a embalada) e medicamentos que estiveram em contacto com as águas das ocorrências;
- não andar descanso, deve ser utilizado calçado protetor, duro e antiderrapante;
- facilitar o trabalho das equipas de limpeza da via pública.

### 3. O RISCO HIDROLÓGICO À ESCALA NACIONAL E O CASO DO CONCELHO DE BRAGA

Em Portugal Continental, as cheias e as inundações ocorrem principalmente nas bacias hidrográficas dos grandes e médios rios (CNPC, 2019), sendo possível destacar as consideradas principais ocorrências (quadro IX).

Quadro IX: Principais ocorrências de cheias e inundações

<b>Data</b>	<b>Localização</b>
<b>Inverno de 2000-2001</b>	Rio Douro, Mondego e Tejo
<b>Outubro de 1997</b>	Região de Monchique
<b>Novembro de 1997</b>	Baixo Alentejo
<b>Dezembro de 1989</b>	Rios Douro e Tejo
<b>Novembro de 1983</b>	Rio Tejo
<b>Dezembro de 1981</b>	Região de Lisboa
<b>Fevereiro de 1979</b>	Rio Tejo
<b>Novembro de 1967</b>	Região de Lisboa
<b>Fevereiro de 1967</b>	Rio Tejo e Sado
<b>Janeiro de 1962</b>	Rio Douro e Mondego
<b>Janeiro de 1948</b>	Generalizado por Portugal
<b>Dezembro de 1909</b>	Rio Douro

Fonte: ANEPC (2020); CNPC (2019); SNIRH (2019)

No entanto, também ocorrem em pequenas bacias hidrográficas sujeitas a cheias rápidas ou repentinas, sendo estas potencialmente mais perigosas que as nos grandes rios, especialmente quando ocorrem em áreas urbanas, devido ao reduzido tempo de concentração das águas e à velocidade do escoamento superficial que as define (Zêzere *et, al.*, 2006).

Pelo que consta na Avaliação Nacional de Risco (CNPC, 2019), em caso de ocorrência de cheias e inundações, considera-se um reduzido número de vítimas diretas, mas um moderado número de pessoas deslocadas e danos económicos em infraestruturas, habitações e no setor agrícola.

No território nacional, o risco de cheias e inundações pode ter um grau de probabilidade médio-alto, um grau de gravidade moderado e um grau de risco elevado (CNPC, 2019) (quadro X).

Quadro X: Grau de probabilidade de gravidade e de risco

<b>Grau</b>	<b>Descrição</b>
<b>Grau de probabilidade</b>	Tendo por base o nível de recorrência de cheias com características semelhantes às definidas para o cenário, bem como os registos históricos existentes, foi atribuído um grau de probabilidade médio-alto, o que corresponde a um período de retorno entre 5 e 20 anos.
<b>Grau de gravidade</b>	Foi atribuído um grau de gravidade moderado, sobretudo por força do impacte na socioeconómico, em particular decorrente da disrupção na comunidade e da perda financeira associada.
<b>Grau de risco</b>	De acordo com a matriz de risco, da combinação dos graus de probabilidade e de gravidade resulta um grau de risco elevado.

Fonte: CNPC (2019)

Segundo Lourenço (2003), os riscos hidrológicos que se manifestam de forma mais frequente e que costumam assumir maior magnitude no território nacional são o risco de inundação fluvial e o risco de inundação rápida urbana (Lourenço, 2003).

Neste contexto, as principais regiões com risco potencial significativo de inundação em Portugal Continental, foram identificadas no âmbito do Quadro para a Avaliação e Gestão dos Riscos de Inundação. Essas zonas incluem os vales dos rios internacionais (ex.: Monção, Valença e Caminha, no rio Minho; Ponte da Barca e Ponte de Lima, no rio Lima; Régua e Porto/Gaia, no rio Douro; de Abrantes ao estuário do Tejo, no rio Tejo; Vila Real de Santo António, no rio Guadiana), bem como diversas outras localidades afetadas pelo transbordo de rios nacionais como por exemplo, Braga, Esposende, Chaves, Mirandela, Amarante, Aveiro, Águeda, Coimbra até ao estuário do Mondego, Pombal, Leiria, Alcobaça, Tomar, Coruche, Lourinhã, Torres Vedras, Odivelas, Loures, Seixal, Setúbal, Alcácer do Sal, Albufeira, Faro, Silves e Tavira, entre outros (CNPC, 2019).

A Avaliação Preliminar dos Riscos de Inundações, responsabilidade da APA, consiste na identificação dos locais considerados sujeitos a riscos significativos associados a eventos de inundação e, no ano de 2018, procedeu-se à sua revisão, tendo sido identificadas 63 áreas de risco potencial significativo de inundação em Portugal Continental (APA, 2019) (figura 10).

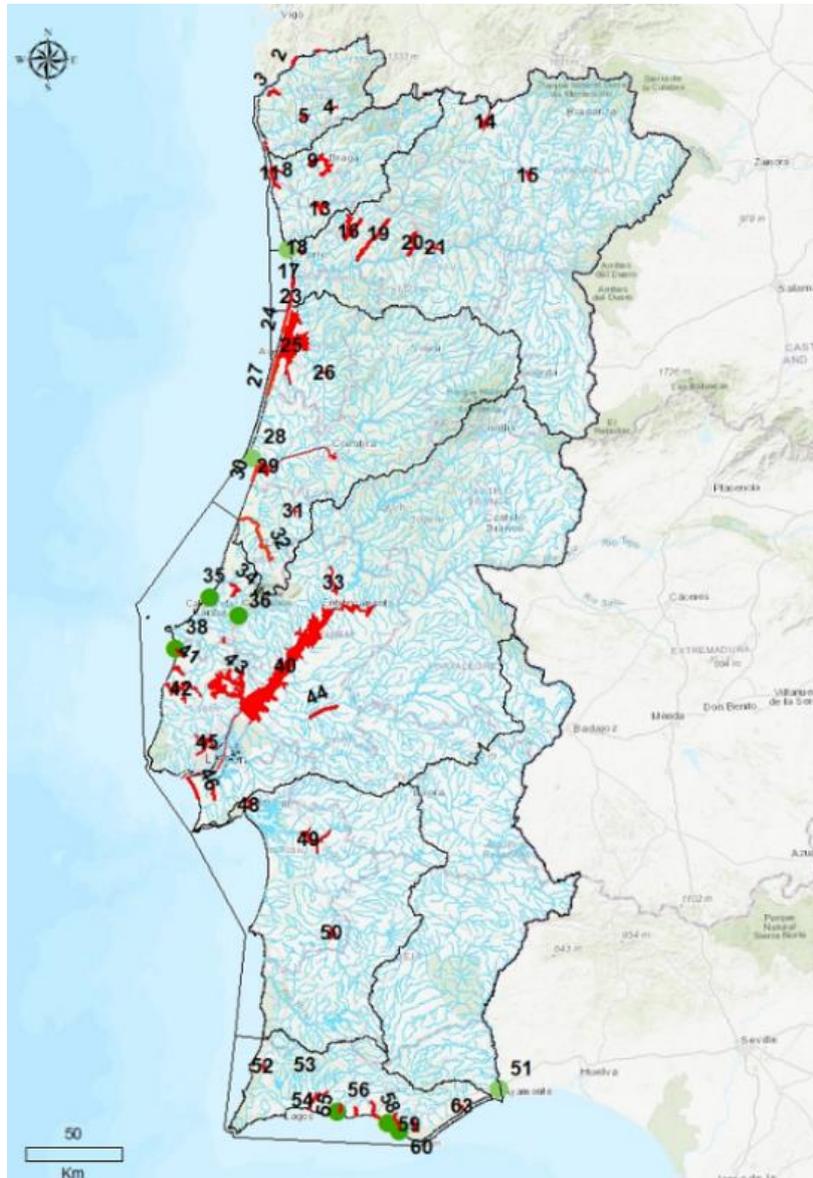


Figura 10: Avaliação Preliminar dos Riscos de Inundações

Fonte: APA (2019)

Segundo o que se encontra disposto no Relatório de Avaliação Preliminar dos Riscos de Inundação correspondente à Região Hidrográfica 2 (RH2), nomeadamente do Cávado, Ave e Leça, para o concelho de Braga, verificam-se duas áreas de risco potencial significativo de inundação, nomeadamente Padim da Graça e Braga Este (quadro XI).

Quadro XI: Áreas de risco potencial significativo de inundação para o concelho de Braga

<b>Região hidrográfica</b>	<b>Designação</b>	<b>Identificação</b>	<b>Local</b>
PTRH2	Braga Padim da Graça	9	Zona interior
PTRH2	Braga Este	10	Zona interior

Fonte: APA (2019)

A consulta do PDMB permite completar esta informação a uma escala de maior pormenor. De acordo com este documento formal, entre todos os riscos que possam ocorrer neste território encontram-se o risco de cheia e de inundação categorizado nos riscos naturais (quadro XII).

Quadro XII: Tipologia de risco

<b>Tipologia de risco</b>	<b>Risco</b>
<b>Riscos naturais</b>	Risco de movimento de massa em vertente
	<b>Risco de cheia e inundação</b>
	Risco sísmico
	Risco de ondas de calor
	Risco de secas
	Risco de vagas de frio, geadas e nevões
<b>Riscos tecnológicos</b>	Risco de incêndios urbanos
	Risco de acidentes rodoviários
	Risco de acidentes ferroviários
	Risco de acidentes no transporte de matérias perigosas
	Acidentes em estabelecimentos industriais perigosos
	Risco de colapso de estruturas (barragens, pontes, viadutos, diques)
	Risco de ruína (edifícios degradados)
<b>Riscos mistos</b>	Risco de incendio florestal
	Risco de contaminação de aquíferos

Fonte: CMB (2018, pp: 11)

Com efeito, a “carta de risco de cheia e inundações” do concelho de Braga apresenta algumas áreas de risco de cheia e de inundação.

A área afetada com uma maior dimensão está associada à margem esquerda do rio Cávado, sobretudo na freguesia de Padim da Graça, mas também na freguesia de Mire de Tibães, na freguesia de Adaúfe, na união de freguesias de Merelim (São Paio), Panoias e Parada de Tibães, na união de freguesias de Merelim (São Pedro e Frossos) e na união de freguesias de Real, Dume e Semelhe.

As áreas próximas ao rio Este e ao rio Veiga são também afetadas, sobretudo na freguesia de São Vitor e na união de freguesias de Escudeiros e Penso (Santo Estevão e São Vicente), mas também na freguesia de Esporões, na freguesia de Figueiredo, na freguesia de Lamas, na união de freguesias de Maximinos, Sé e Cidade e na união de freguesias Celeirós, Aveleda e Vimieiro (figura 11).

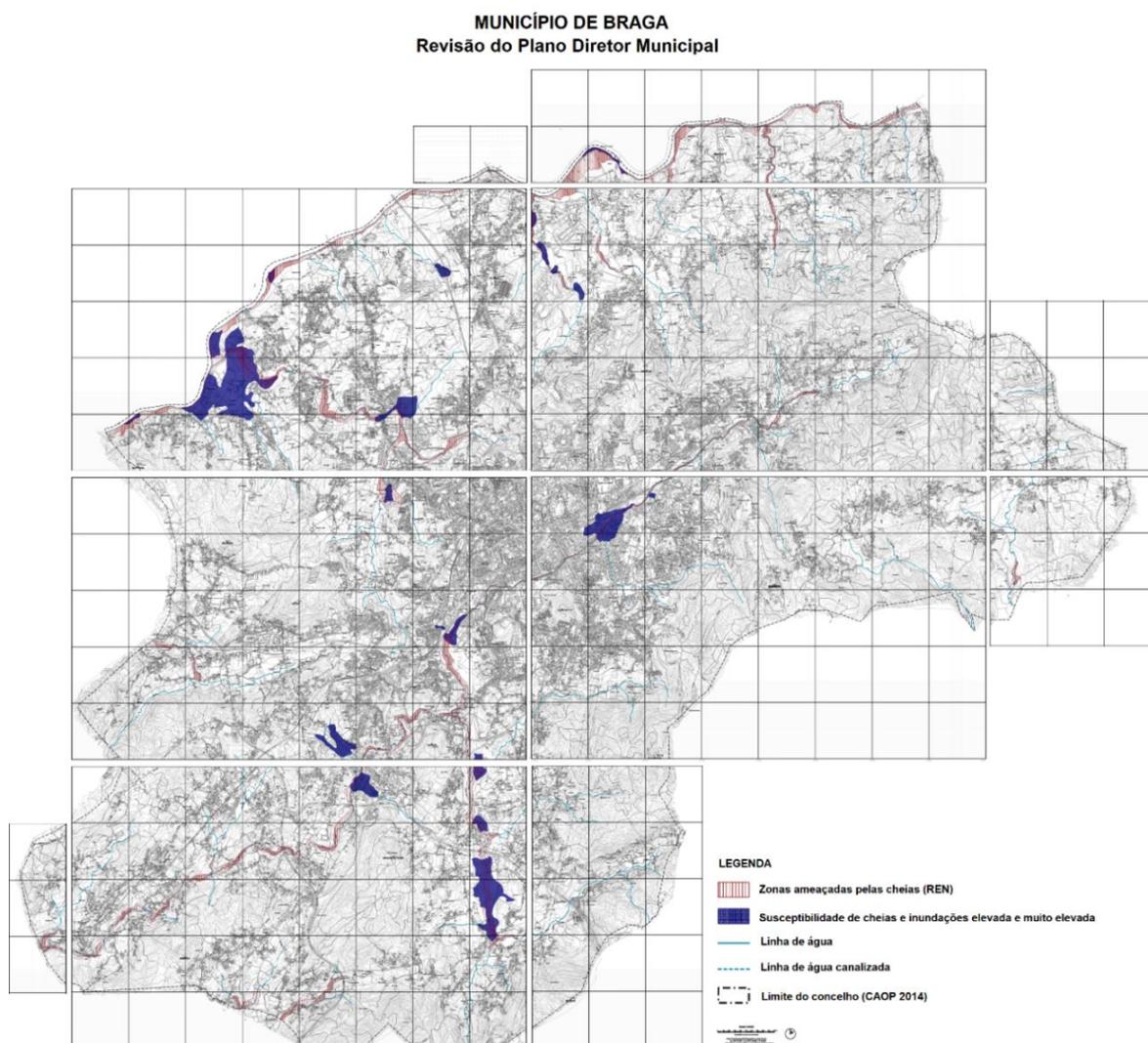


Figura 11: Risco de cheia e inundação do concelho de Braga

Fonte: CMB (2014)

## PARTE II – A CARACTERIZAÇÃO DO CONCELHO DE BRAGA

### 1. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO

Denominada de *Bracara Augusta* em honra do imperador César Augusto, Braga possui uma história bimilenária, tendo sido fundada no ano 16 a.C. pelos Romanos (CMB, 2020).

Com uma área correspondente a 183,4  $Km^2$  (INE, 2018), o concelho localiza-se em Portugal Continental (NUT I), na Região do Norte (NUT II) e na Sub-região do Cávado (NUT III) e é limitada a norte pelos concelhos de Vila Verde e Amares, a oeste por Barcelos, a este pela Póvoa de Lanhoso e a sul e sudeste faz fronteira com os concelhos de Vila Nova de Famalicão e Guimarães.

Com a reorganização administrativa das freguesias estabelecido no Regime Jurídico das Autarquias Locais, Lei 75/2013 de 12 de setembro, na sua redação atual, este possuía 62 freguesias, que se encontram atualmente agregadas em 37 freguesias/uniões de freguesias (INE, 2018) (figura 12).

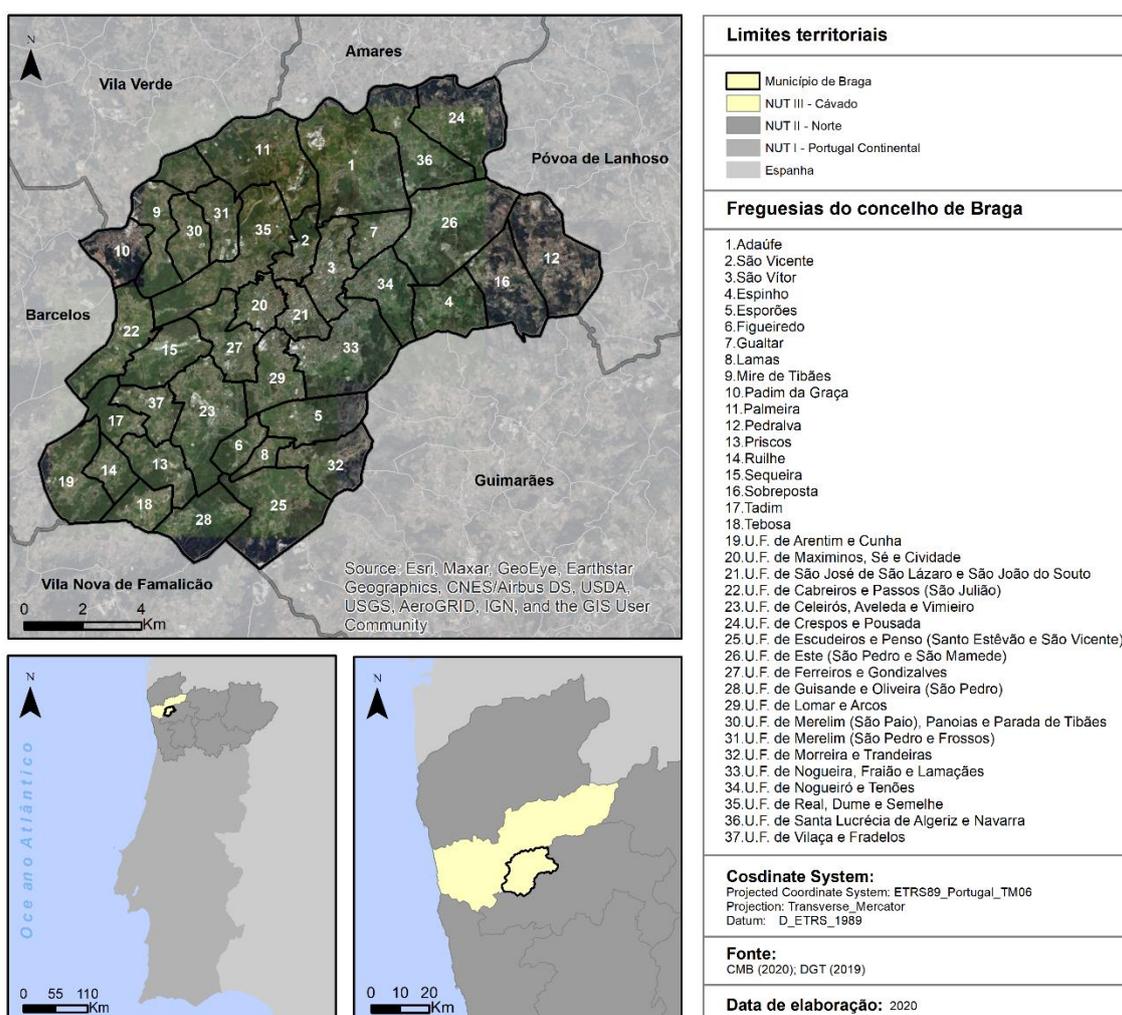


Figura 12: Localização geográfica do concelho de Braga

## **2. CARACTERÍSTICAS TERRITORIAIS**

### **2.1. CLIMA E CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS, A PARTICULARIDADE DOS EVENTOS PLUVIOMÉTRICOS**

O noroeste português, possui um clima específico devido à sua posição geográfica. De afinidade mediterrânea, mas também com uma forte influência atlântica, o clima é caracterizado por invernos frescos e verões moderados a quentes (Daveau, 1985), de amplitudes térmicas anuais baixas, e com uma forte pluviosidade média, resultado da disposição dos principais conjuntos montanhosos, a que Ribeiro (1993) chamou de “anfiteatro voltado para o mar”, constituindo uma verdadeira barreira de condensação.

É, de facto, no Noroeste Português que se registam os maiores quantitativos pluviométricos com os máximos registados nos meses de outono, inverno e primavera (IPMA, 2020). Os meses de verão, nesta região, são mais quentes e de menor pluviosidade, mas frescos devido à sua latitude e posição litoral próxima do oceano Atlântico (IPMA, 2020).

O concelho de Braga, por se inserir no Noroeste Português é, portanto, possuidor de um clima marítimo de litoral oeste (Daveau, 1985).

Em geral, para este território, o inverno revela-se ameno e bastante pluvioso; a primavera é tipicamente fresca e, nas altitudes mais elevadas, as brisas matinais ocorrem com frequência, verificando-se um aumento gradual das temperaturas, já que é a estação que antecede o verão; o verão é quente e com ventos suaves, correspondendo à estação seca, os nevoeiros são constantes ao longo de todo o ano exceto nesta estação; o outono é ameno e pluvioso com ventos moderados, caracterizado pelo aumento da precipitação face à diminuição da temperatura (Teles, 2010).

Para obter maior pormenor, foram analisados os dados referentes às normais climatológicas de 1971 – 2000 relativos à estação climatológica nº 23, localizada em Braga no Posto Agrário, à latitude de 41°32'N e à longitude de 8°23'O e à altitude de 190 metros.

No concelho, os meses mais frios correspondem aos meses de inverno, sendo de destacar o mês de janeiro, que no dia 2 de 1995 registou o menor valor de temperatura, -6,3°C.

Os meses mais quentes dizem respeito aos meses de verão, sendo registado o maior valor de temperatura no mês de agosto, no dia 1 de 1989, com 39,3°C.

A temperatura média da máxima varia entre os 13,4°C em janeiro e os 27,5°C em julho e agosto. A temperatura média da mínima varia entre os 4,1°C e os 14,3°C em julho.

No gráfico seguinte pode-se visualizar as temperaturas para o concelho de Braga (gráfico 1).

Temperatura em graus  
celcius

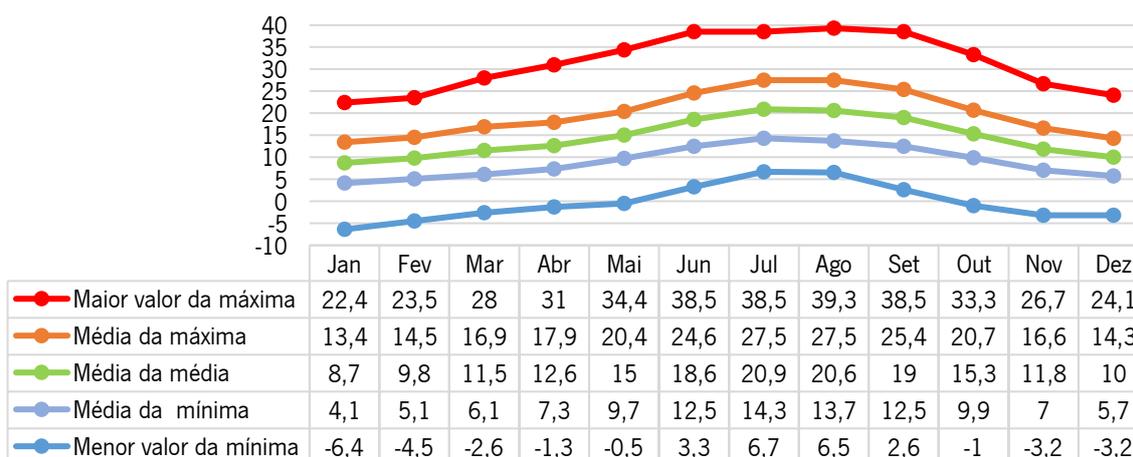


Gráfico 1: Médias mensais das temperaturas na estação climatológica automática de Braga – Merlim (2000 - 2020)

Fonte: IPMA (2020)

Os meses mais pluviosos no concelho de Braga coincidem geralmente com os meses mais frios. São de destacar os meses de outubro (162,5mm no dia 17 de 1987), dezembro (103,5mm no dia 24 de 1978), fevereiro (90,2mm no dia 11 de 1972), novembro (88,2mm no dia 2 de 2000) e janeiro (82,5mm no dia 6 de 1994) com os maiores valores de precipitação diária.

O mês de julho, no dia 16 de 1997 registou o maior valor de precipitação diária com 24,1mm, sendo este o valor de precipitação máxima diária com um valor mais baixo verificado.

No gráfico seguinte pode-se visualizar as precipitações para o concelho de Braga (gráfico 2).

Precipitação em  
milímetros

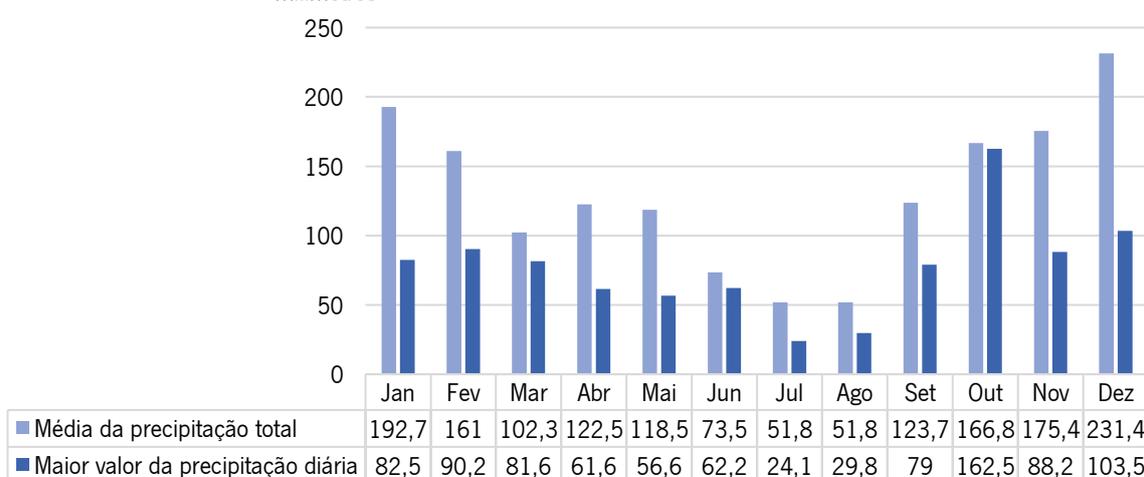


Gráfico 2: Médias mensais das precipitações na estação climatológica automática de Braga – Merlim (2000 - 2020)

Fonte: IPMA (2020)

O seguinte gráfico termo pluviométrico representa a média da temperatura média e a média da precipitação total (gráfico 3).

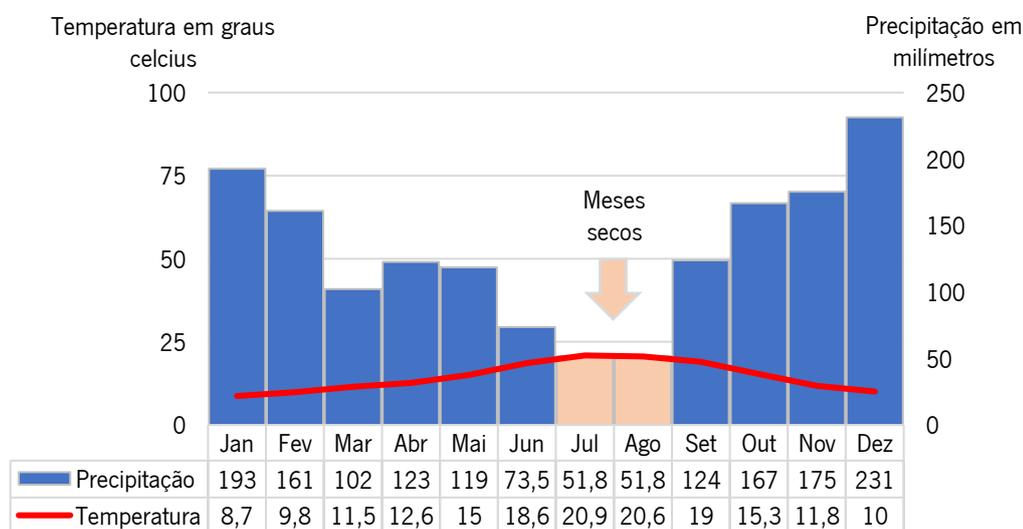


Gráfico 3: Gráfico termo pluviométrico de Braga

Fonte: IPMA (2020)

Verifica-se que as médias da temperatura média se mantêm relativamente constantes, e variam de 8,7°C em janeiro a 20,6°C em julho e agosto, o que se traduz por uma amplitude térmica média anual de 11,9°C.

As médias da precipitação total diferem mais ao longo do ano, variando entre 51,8mm em julho e agosto (meses considerados secos, pois as barras representadas pela precipitação estão abaixo da linha representada pela temperatura) e 231,4mm em dezembro.

## 2.2. LITOLOGIA

O território está inserido na mais velha unidade estrutural da Península Ibérica, o Maciço Hespérico, onde predominam rochas graníticas e xistosas, e se verifica a ocorrência de quartzitos e rochas metamórficas diversas (Rebelo, 1992).

A carta geológica de Braga à escala 1/50000 corresponde à folha 5-D e nota-se que a região de Braga é dominada essencialmente pela ocorrência de rochas graníticas de idade Hercínica, por metassedimentos do Paleozóico e depósitos de cobertura (Ferreira *et al.*, 2000).

A maior parte do território é constituído por rochas graníticas de idade Hercínica de diferentes granulometrias, texturas e composição (Ferreira *et al.*, 2000). Estas rochas são as mais antigas e instalaram-se sucessivamente durante as últimas fases de deformação Hercínica (Ferreira *et al.*, 2000).

Com maior representatividade no concelho, ocorre o granito de Celeirós e Vieira do Minho (corresponde a um monzogranito biotítico, com rara moscovita, porfiróide de grão médio) e o granito de Braga (caracteriza a cidade e corresponde a um monzogranito biotítico com rara moscovite, de tendência porfiróide de grão médio a fino). Com menor representatividade, ocorre o granito do Sameiro (apresenta uma composição de granodiorito a monzogranito biotítico, porfiróide de grão médio), o granito de Briteiros (corresponde a um leucogranito moscovítico-biotítico de grão fino) e o granito de Gondizalves (de duas micas de grão médio) (Ferreira *et. al.*, 2000).

Existem também diversas manchas de metassedimentos do Paleozóico, principalmente no sector ocidental, mais precisamente a oeste do cisalhamento dúctil Vigo-Réguia. Para leste deste acidente, os metassedimentos são escassos ou inexistentes. Outras manchas mais significativas, são as que ocorrem a este e sudeste de Braga, as manchas da Nogueira, Nogueiró e Briteiros são as mais importantes. No cisalhamento propriamente dito, ocorrem pequenas manchas xistentas, que cartograficamente o materializam (Ferreira *et. al.*, 2000).

Os depósitos de cobertura são importantes na região de Braga, pois ocorrem, quer preservados em depressões tectónicas, quer como terraços fluviais, essencialmente ao longo dos grandes rios da região, rio Cávado e rio Este (Ferreira *et. al.*, 2000).

Na figura que se segue podem observar-se as diferentes litologias que ocorrem no território bracarense (figura 13).

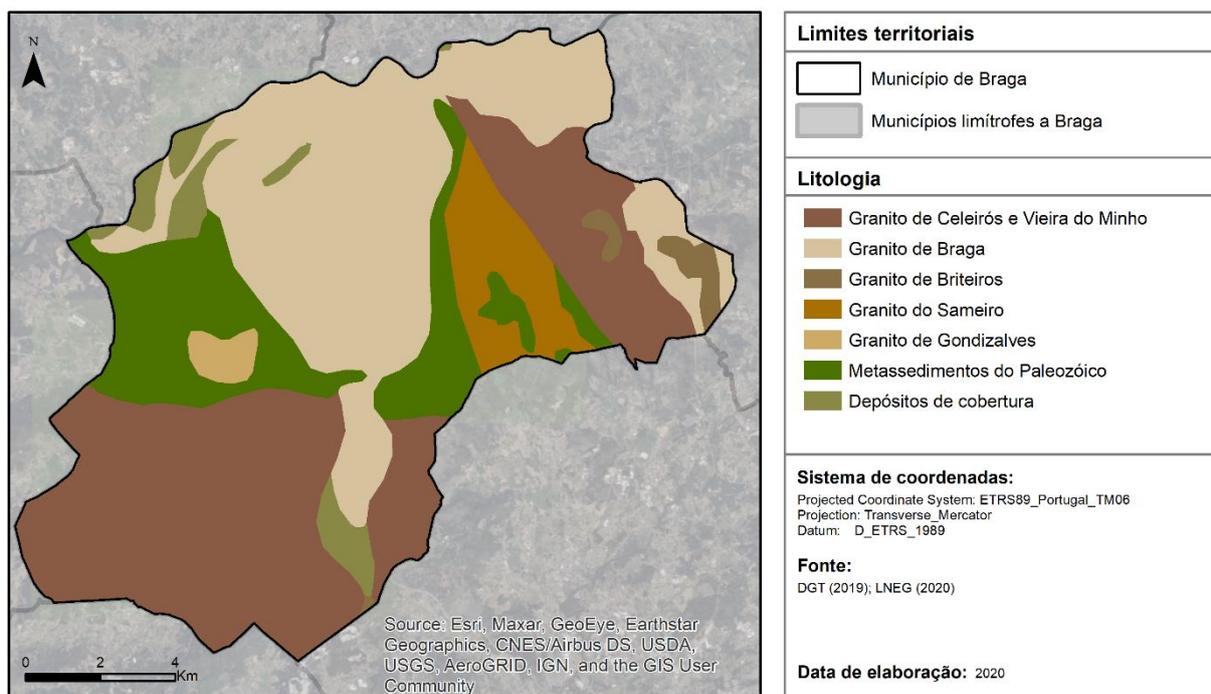


Figura 13: Litologia no concelho de Braga

Os granitos predominam no concelho de Braga, seguindo-se os metassedimentos do Paleozóico e por fim, os depósitos de cobertura (quadro XIII).

Quadro XIII: Classes da litologia no concelho de Braga

<b>Geologia</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>	<b>Localização</b>
<b>Granito de Celeirós e Vieira do Minho</b>	70,54	38,72	O território possui uma grande mancha no setor sul e outra mais pequena no setor nordeste.
<b>Granito de Braga</b>	61,52	33,54	Este granito predomina no setor norte e centro do concelho.
<b>Granito do Sameiro</b>	11,03	6,01	Localiza-se no monte do Sameiro, como o seu nome indica, e estende-se para norte.
<b>Granito de Briteiros</b>	3,02	1,65	Existe uma pequena porção localizada a noroeste.
<b>Granito de Gondizalves</b>	2,14	1,17	Verifica-se uma pequena mancha na atual união de freguesia de Ferreiros e Gondizalves.
<b>Metassedimentos do Paleozoico</b>	28,83	15,72	Estes metassedimentos encontram-se a este e a oeste do concelho.
<b>Depósitos de cobertura</b>	6,82	3,72	Os depósitos de cobertura encontram-se na margem esquerda do rio Cávado, junto das cabeceiras do rio Este, assim como no Rio Veiga.

Fonte: DGT (2019); LNEG (2020); (Ferreira et. al., 2000)

### **2.3. RELEVO**

Caracterizado de modo geral, o relevo do concelho de Braga apresenta uma relativa irregularidade, com áreas de vale que se espalham por todo o território que se contrapõem amiúde com serras (CMB, 2001). A hipsometria varia entre 18 metros, na margem esquerda do rio Cávado, a 572 metros, no monte do Sameiro, o que corresponde a uma amplitude altimétrica de 554m (figura 14).

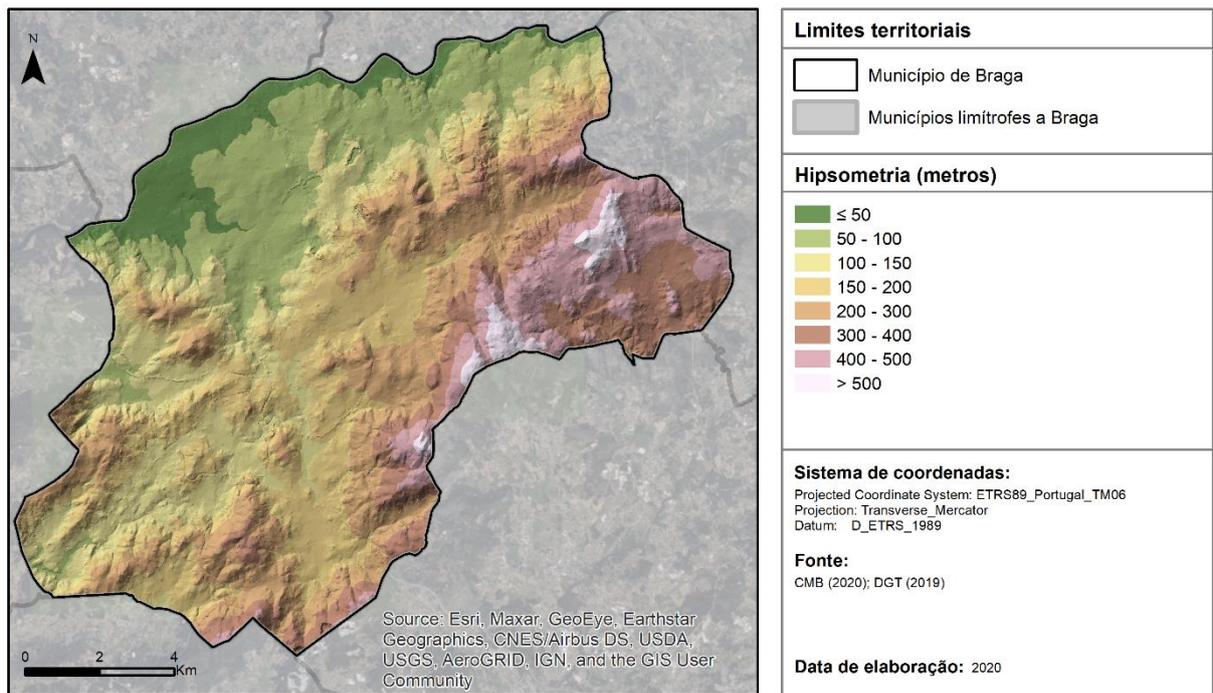


Figura 14: Hipsometria no concelho de Braga

As altitudes mais baixas predominam no setor norte do concelho, situadas na margem esquerda do Rio Cávado. A contrastar, as altitudes mais elevadas verificam-se a este, onde se situam o Monte do Sameiro, com 572 metros de altitude, a Serra dos Picos, com 565 metros de altitude, o Monte de Santa Marta das Cortiças, com 562 metros de altitude e a Serra dos Carvalhos, com 479 metros de altitude (CMB, 2001). No setor sul e no setor oeste o terreno é um misto de colinas e vales. O centro do concelho está implantado sobre uma plataforma que varia entre os 100 a 200 metros de altitude.

Os valores da altitude apresentam uma estreita relação com as linhas de água, uma vez que aumentam à medida que nos afastamos delas. A rede hidrográfica de Braga desenvolve-se segundo as fracturações nor-noroeste a sul-sudeste e lés-nordeste a oés-sudoeste estando os rios Cávado e Este, assim como os demais afluentes, bem marcados por estas, o que também se verifica nas principais elevações, fruto da atuação da tectónica Tardi Hercínica e dos movimentos Alpinos (Ribeiro, 2004).

Como se pode perceber, a distribuição hipsométrica não é homogénea (quadro XIV).

Quadro XIV: Classes de hipsometria no concelho de Braga

Hipsometria (m)	Área (Km <sup>2</sup> )	%	Localização
<b>Classe ≤ 50</b>	10,71	5,84	Os mais baixos valores de altitude estão localizados no setor noroeste, associados à margem esquerda do rio Cávado.
<b>Classe 50 -100</b>	28,18	15,37	
<b>Classe 100 - 150</b>	29,84	16,27	As altitudes médias predominam no concelho, localizando-se em toda a área central.
<b>Classe 150 - 200</b>	39,97	21,34	
<b>Classe 200 - 300</b>	36,97	20,16	
<b>Classe 300 - 400</b>	20,32	11,08	As altitudes mais elevadas encontram-se nitidamente no setor este do concelho.
<b>Classe 400 - 500</b>	15,01	8,18	
<b>Classe &gt; 500</b>	3,22	1,76	

Fonte: CMB (2020); DGT (2020)

Relativamente à distribuição dos declives, esta também não é uniforme e está na dependência das formações geológicas que afloram no território e dos processos erosivos a que estas foram sujeitas (figura15).

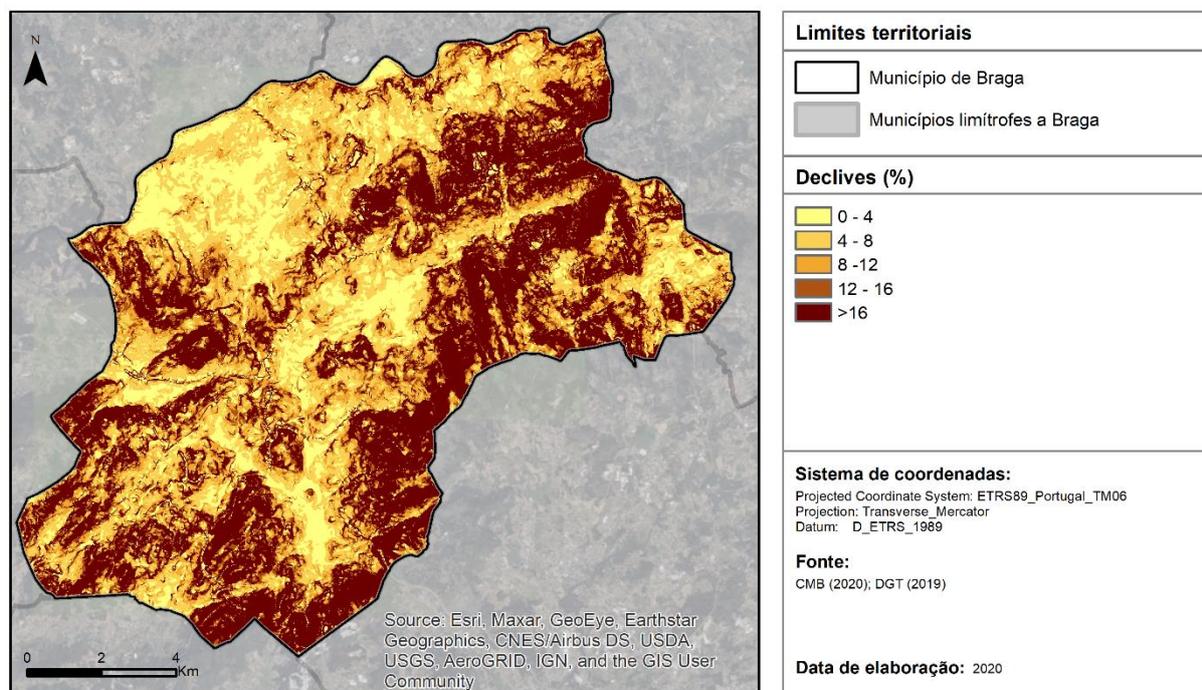


Figura 15: Declives no concelho de Braga

Os declives da classe entre os 0% e os 4% acompanham a margem esquerda do rio Cávado, ao longo do vale do rio Este e do vale do rio Veiga, o que é explicado pelas baixas altitudes aí encontradas. Os declives mais acentuados localizam-se onde começam a surgir cotas mais elevadas (quadro XV).

Quadro XV: Classes de declives no concelho de Braga

<b>Declive (percentagem)</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)<sup>2</sup></b>	<b>%</b>	<b>Localização</b>
<b>Classe 0 – 4</b>	29,56	16,14	Sobretudo no setor noroeste do concelho.
<b>Classe 4 – 8</b>	37,94	20,72	
<b>Classe 8 – 12</b>	30	16,38	Os declives mais acentuados predominam no concelho, sendo de destacar o setor este e sul do território.
<b>Classe 12 – 16</b>	21,52	11,75	
<b>Classe &gt;16</b>	64,08	35	

Fonte: DGT (2019); CMB (2020)

#### **2.4. REDE HIDROGRÁFICA**

O concelho de Braga apresenta uma densa rede hidrográfica que advém da elevada pluviosidade e da morfologia do terreno (CMB, 2015).

Este território é constituído por parte de duas bacias hidrográficas, a norte a bacia do Cávado e, a sul desta, a bacia hidrográfica do Ave<sup>3</sup>. No concelho, associadas a estas bacias, correm, como cursos de água principais, o rio Cávado e o rio Este (APA, 2019), assim como outros seus afluentes (CMB, 2015), sendo bem marcados na orientação destes os alinhamentos nor-noroeste a sul-sudeste e lés-nordeste a oés-sudoeste (Ribeiro, 2004).

O rio Cávado tem como principais afluentes: o rio Torto, o rio Labriosque, a ribeira de Panoias e a ribeira da Presa. Os afluentes do rio Ave que percorrem o concelho são: o rio Este, o rio Guisande, o rio da Várzea e a ribeira de Provências. O afluente principal do rio Este é o rio da Veiga (CMB, 2001) (figura 16).

<sup>2</sup> O mapa de declives foi gerado com base num MDT, e posteriormente obtida por uma ferramenta de geoprocessamento. Tendo em conta as características da representação através do modelo raster - por ser representado por uma matriz de células, não possui fronteiras físicas bem definidas (Rodrigues, 2012) - a coluna referente à área e respetiva percentagem, é estimada.

<sup>3</sup> Para fins de planeamento, gestão, proteção e valorização ambiental, social e económica das águas, a bacia do Cávado e do Ave estão enquadrados na Região Hidrográfica 2 (APA, 2020).

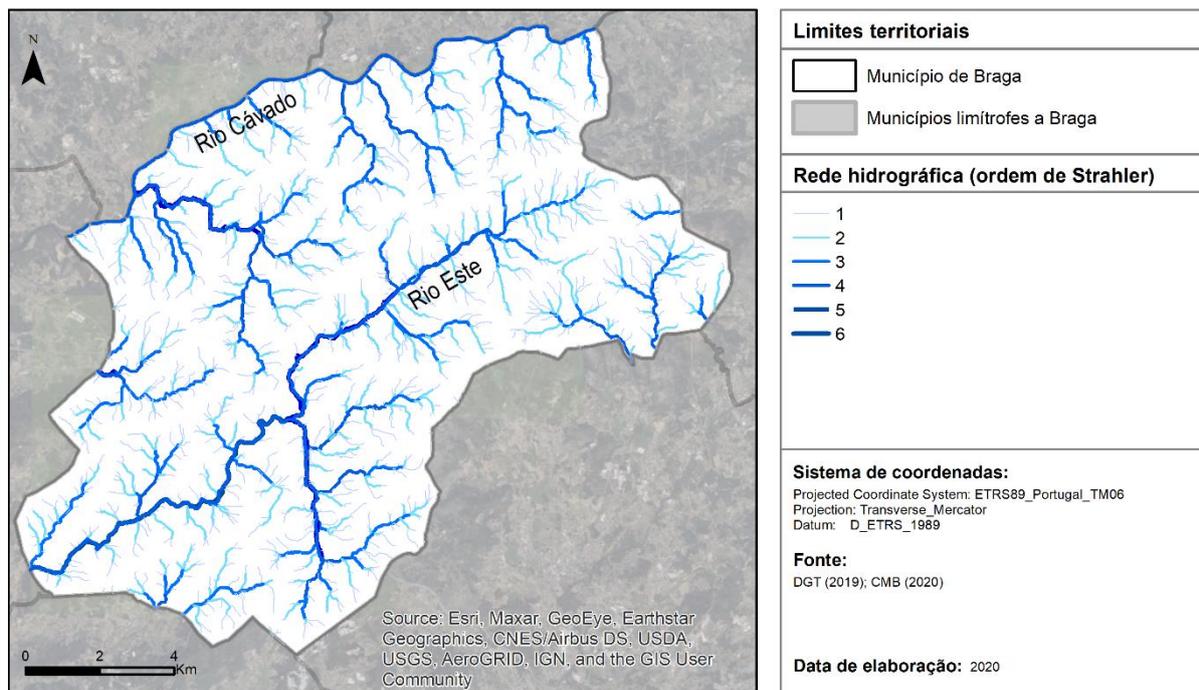


Figura 16: Rede hidrográfica no concelho de Braga

Com uma bacia hidrográfica que ocupa  $1699\text{Km}^2$ , o rio Cávado tem as suas cabeceiras na Serra do Larouco a uma altitude de cerca de 1520 metros, percorrendo aproximadamente 129 km até à foz, em Esposende (APA, 2019).

É o rio Cávado que comanda a hidrografia no setor norte do território bracarense, constituindo uma fronteira natural ao concelho. Este apresenta um caudal médio de 70,51 m/s, na ponte do Bico.

As bacias do Cávado e do Ave são divididas pelo interflúvio Covelos – Gualtar observando-se um vale a sul deste aproveitado pelo rio Este (Ribeiro, 2004).

A bacia do Ave ocupa uma área de  $1391\text{Km}^2$  e o rio Ave é o curso de água principal, com as suas cabeceiras a cerca de 1200 m de altitude, na Serra da Cabreira, percorre cerca de 85 Km até desaguar no Oceano Atlântico, a sul de Vila do Conde (APA, 2019).

O rio Ave possui vários afluentes, sendo que um dos mais importantes está localizado na sua margem direita, o rio Este, percorrendo uma área total de  $247\text{Km}^2$  (APA, 2019), dos quais  $82\text{Km}^2$  pertencem ao concelho de Braga (CMB, 2014), desde as suas cabeceiras, que se encontram a 455m de altitude, na Serra dos Carvalhos nos limites do concelho (CMB, 2015) até jusante, atravessando inclusive o centro urbano de Braga (Vitor, 2004).

Durante grande parte do ano, o caudal do rio Este é reduzido, mas nos períodos de chuvas mais intensas, geram-se caudais de ponta bastante elevados, levando à ocorrência de fenómenos hidrológicos que provocam danos (CMB, 2011).

A sub bacia do Este é uma das mais preocupantes no que toca a fenómenos hidrológicos, pois encontra-se numa área que apresenta características muito humanizadas, acarretando com as consequências da urbanização.

O Este para além de possuir um leito urbano canalizado com margens artificializadas, por norma emparedadas e lisas, em alguns pontos de estrangulamento, padece de problemas de impermeabilização, pois os solos são maioritariamente artificializados, e de problemas ao nível da contaminação da água, uma vez que ao longo do seu troço, recebe diversas descargas poluentes domésticas provenientes da lixiviação dos campos agrícolas e do parque industrial de Celeirós que se localiza na sua proximidade (CMB, 2015).

Estas situações também são agravadas por fatores naturais, particularmente na região que corresponde ao troço final do rio, onde se dá a confluência com o rio Veiga (Ribeiro, 2004).

Contudo, objetiva-se melhorar a qualidade do curso do rio (CMB, 2015). Atualmente o troço entre a Avenida Frei Bartolomeu dos Mártires já se encontra renaturalizado, e segundo Ricardo Rio, é fundamental dar sequência ao processo de renaturalização que vem corrigir os “gravíssimos erros” cometidos no passado e que levaram ao “atrofiamento e aceleração do curso de água”, provocando riscos acrescidos de inundações para as zonas residenciais e industriais (Facebook do Município de Braga, 2015).

## **2.5. OCUPAÇÃO DO SOLO**

De acordo com a COS de 2018, o concelho de Braga é caracterizado por variadas ocupações do solo: “territórios artificializados”, “agricultura”, “pastagens”, “superfícies agroflorestais”, “florestas”, “matos”, “espaços descobertos ou com pouca vegetação” e “massas de água superficiais” (figura 17).

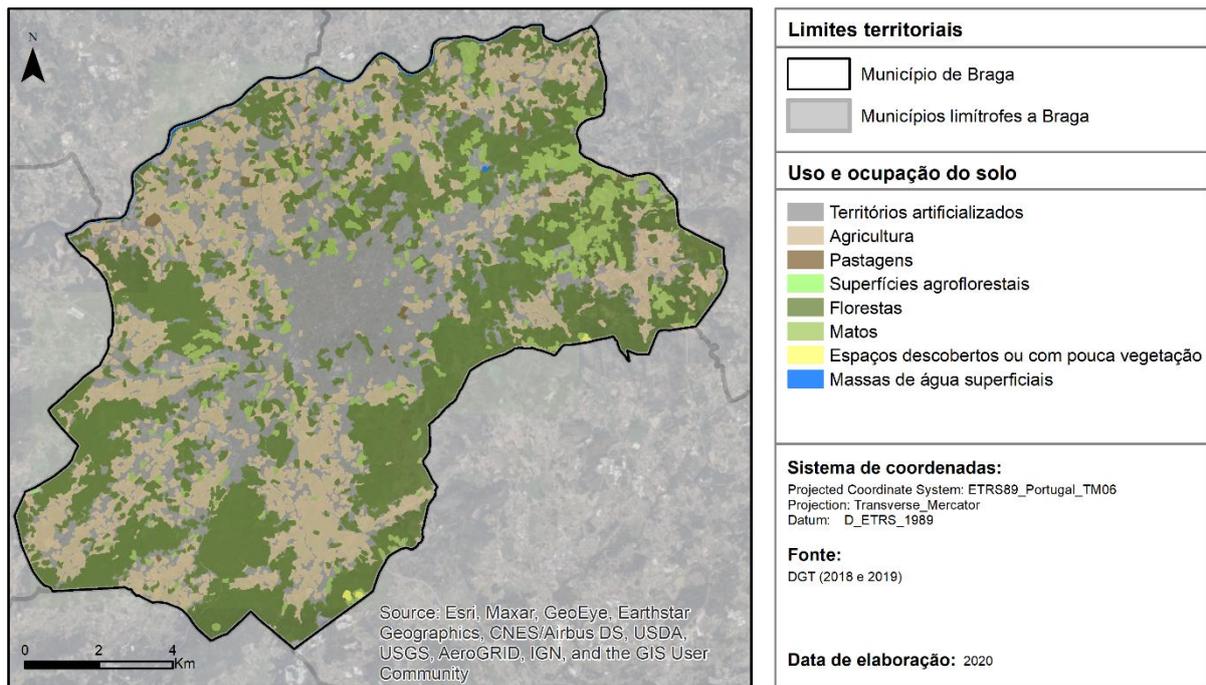


Figura 17: Ocupação do solo no concelho de Braga em 2018

Os territórios artificializados correspondem à superfície de território destinada a atividades de intervenção humana, incluindo áreas de tecido edificado, áreas industriais, áreas comerciais, áreas dedicadas ao turismo, infraestruturas, rede rodoviária e ferroviária, áreas de serviços, jardins e equipamentos (DGT, 2019).

A agricultura corresponde à área utilizada para agricultura, constituída por culturas anuais, culturas permanentes e agricultura protegida e viveiros (DGT, 2019).

As pastagens são áreas com ou sem intervenção humana ocupadas com vegetação essencialmente do tipo herbácea, quer cultivada quer natural, que não estejam incluídas num sistema de rotação da exploração e que ocupem uma área superior ou igual a 25% da superfície (DGT, 2019).

As superfícies agroflorestais consistem na consociação de culturas temporárias e/ou pastagens e/ou culturas permanentes com espécies florestais com um grau de coberto superior ou igual a 10% (DGT, 2019).

As florestas correspondem aos terrenos ocupados por árvores florestais, ou temporariamente desarborizados em resultado de cortes culturais ou cortes extraordinários devido a perturbações bióticas (pragas, doenças) ou abióticas (incêndios, tempestades). As árvores originadas por regeneração natural, sementeira ou plantação, devem atingir uma altura maior ou igual a 5 metros e, no seu conjunto, apresentar um grau de coberto maior ou igual a 10% (DGT, 2019).

Os matos são áreas naturais de vegetação espontânea, pouco ou muito densa, em que o coberto arbustivo é superior ou igual a 25% (DGT, 2019).

Os espaços descobertos ou com pouca vegetação são áreas naturais com pouca ou nenhuma vegetação em que se incluem rocha nua, praias e areais e vegetação esparsa em que a superfície com vegetação arbustiva e herbácea ocupa uma área inferior a 25% (DGT, 2019).

As massas de água superficiais são superfícies de água doce que incluem cursos de água e planos de água, naturais, fortemente modificados e artificiais; superfícies de água salgada, que incluem oceanos, e/ou de água salobra que incluem lagoas costeiras e desembocadura fluvial (DGT, 2019).

As ocupações do solo que predominam neste território são as “florestas” seguindo-se os “territórios artificializados”, os que possuem uma menor área são as “superfícies agroflorestais” (quadro XVI).

Quadro XVI: Classes da ocupação do solo no concelho de Braga

<b>Ocupação do solo em 2018</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>	<b>Localização</b>
<b>Territórios artificializados</b>	57,09	31,13	Estão concentrados no centro do concelho com uma extensão em direção às periferias.
<b>Agricultura</b>	48,83	26,62	Envolve as áreas designadas de “territórios artificializados”, sobretudo no setor este e sul.
<b>Pastagens</b>	0,56	0,31	Estão localizadas em pequenas áreas dispersas pelo território sobretudo no setor norte.
<b>Superfícies agroflorestais</b>	0,01	0,01	É a ocupação do solo com menor representatividade apenas numa pequena área a sudoeste.
<b>Florestas</b>	67,22	36,65	É a ocupação com maior expressão e localiza-se sobretudo nas periferias.
<b>Matos</b>	8,69	4,74	Estão localizados em pequenas áreas entre a periferia este e o centro urbano do concelho.
<b>Espaços descobertos com pouca vegetação</b>	0,12	0,07	Esta ocupação do solo somente se observa na periferia este e sudeste
<b>Massas de água superficiais</b>	0,89	0,49	Correspondem sobretudo ao rio Cávado e a uma pequena área localizada a norte.

Fonte: DGT (2018)

## 2.6. POPULAÇÃO RESIDENTE

O número de indivíduos residentes no concelho de Braga sofreu alterações ao longo do período de 1991 a 2018. Com efeito- deu-se um aumento entre o ano de 1991 e 2001, com um acréscimo de 22.936 indivíduos (+16,24%), registando-se um abrandamento entre 2001 e 2011, com um acréscimo de 17.302 residentes (+10,54%). De 2011 a 2018 o concelho viu a sua população aumentar em apenas 425 residentes (+0,23), confirmando assim o abrandamento do crescimento da população residente, verificado na década anterior (gráfico 4).

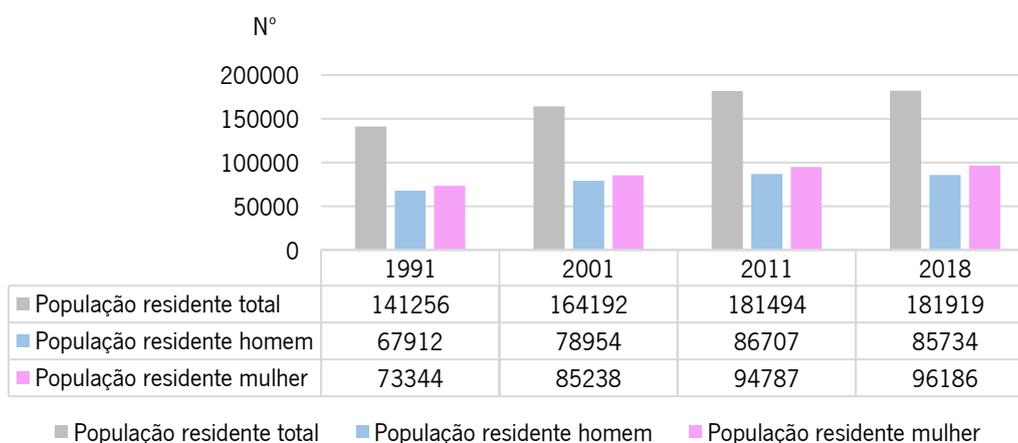


Gráfico 4: Evolução da população residente total e por sexo no concelho de Braga em 1991, 2001, 2011 e 2018

Fonte: INE (1991, 2001, 2011) e Anuário Estatístico da Zona Norte (2018)

Segundo os últimos Censos, de 2011, a maioria da população encontra-se concentrada nas freguesias urbanas do território bracarense.

A freguesia que regista um número mais elevado de residentes é a de São Vitor, com 29.642 indivíduos (16,33% da população residente total), seguindo-se a união de freguesias de Maximinos, Sé e Cidade com 14.572 indivíduos (8,03% da população residente total), e a união de freguesias de São José de São Lázaro e São João do Souto, com 14.301 residentes (7,98% da população residente total).

A freguesia com o menor número de residentes é a freguesia de Lamas, com apenas 842 indivíduos (0,46% da população residente total), seguindo-se a união de freguesias de Santa Lucrecia de Algeriz e Navarra, com 994 residentes 0,55% da população residente total), e a união de freguesias de Guisande e Oliveira (São Pedro), com 1053 indivíduos (0,58% da população residente total).

O concelho de Braga é densamente povoado, apresentando, no ano de 2011, uma densidade populacional correspondente a 993,3 hab/ $Km^2$ .

A freguesia com maior densidade populacional é a de São Vitor, com 7258,46 hab/ $Km^2$ , seguindo-se a união de freguesias de São José de São Lázaro e São João do Souto, com 5881,10 hab/ $Km^2$  e a união de freguesias de Maximinos, Sé e Cidade, com 5676,88 hab/ $Km^2$  (INE, 2020).

A freguesia de menor densidade populacional é a de Pedralva, com apenas 137,58 hab/ $Km^2$ , segue-se a união de freguesias de Crespos e Pousada, com 183,56 hab/ $Km^2$ , e a freguesia de Sobreposta, com 217,55 hab/ $Km^2$  (INE, 2020).

Como seria de esperar, é notório que as subsecções estatísticas das freguesias centrais são as áreas que detêm maior densidade, já as subsecções periféricas são as que registam menor densidade populacional existindo mesmo locais com o registo de 0 hab/ $Km^2$  (figura 18).

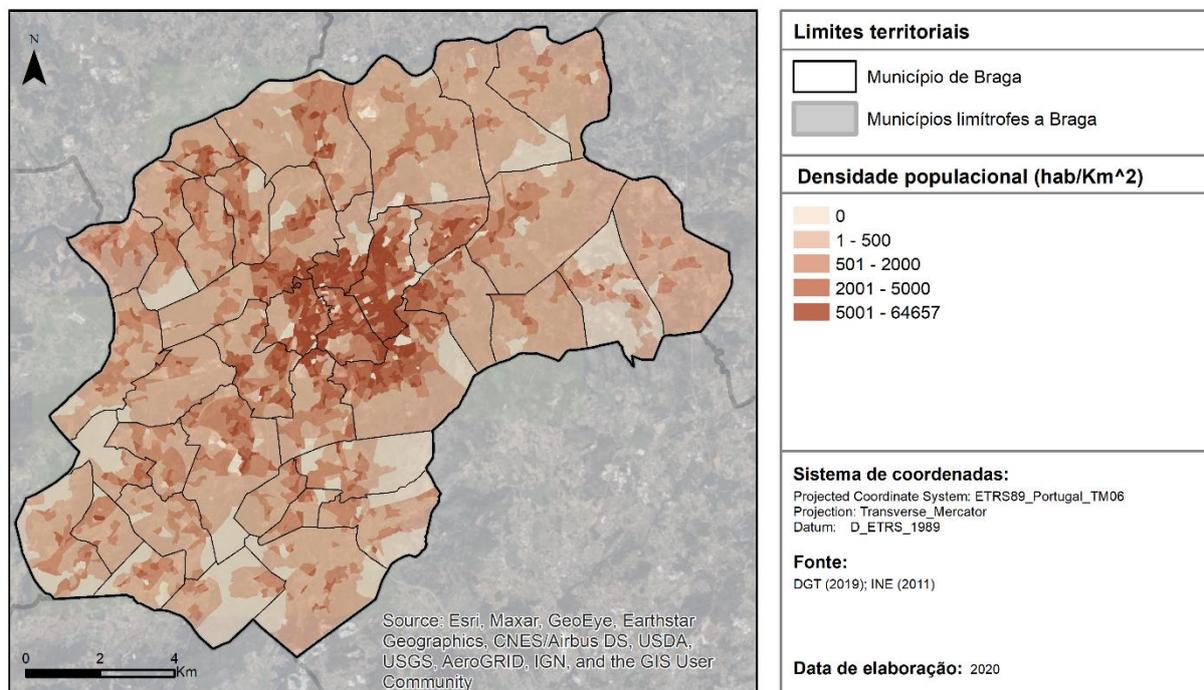


Figura 18: Densidade populacional no concelho de Braga em 2011

Foram definidas 5 classes de forma a visualizar as concentrações de população no concelho (quadro XVII).

Quadro XVII: Classes de densidade populacional por subsecção estatística no concelho de Braga

<b>Densidade populacional</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>	<b>Localização</b>
<b>Classe 0</b>	25,41	13,85	Sobretudo nas áreas periféricas, mas também em pequenas áreas localizadas no centro urbano do concelho.
<b>Classe 1 – 500</b>	103,72	56,55	Esta classe predomina. Localiza-se um pouco por todo o concelho.
<b>Classe 501 – 2000</b>	34,92	19,04	Esta associada às principais vias em direção às periferias em contacto com os concelhos limítrofes.
<b>Classe 2001 – 5000</b>	12,03	6,56	Estão visíveis em pequenas subsecções da mesma forma associadas às principais vias.
<b>Classe 5001 – 64657</b>	7,32	3,99	É perfeitamente visível apenas no centro urbano de Braga.

Fonte: DGT (2019); INE (2011)

Nas últimas décadas, este território assumiu um forte dinamismo demográfico. Com taxas de crescimento efetivo e natural superiores à média nacional, da região Norte e do Cávado, e ainda com taxa de natalidade superior à taxa de mortalidade, sendo, comparativamente com Portugal, a região Norte e a região do Cávado a área que apresenta a maior taxa de natalidade e a menor taxa de mortalidade (INE, 2018) (quadro XVIII).

Quadro XVIII: Taxas populacionais no concelho de Braga no ano de 2018

<b>Taxas</b>	<b>Braga</b>	<b>Cávado</b>	<b>Norte</b>	<b>Portugal</b>
<b>Taxa de crescimento efetivo</b>	0,30%	-0,02%	-0,10%	-0,14%
<b>Taxa de crescimento natural</b>	0,25%	0,07%	-0,22%	-0,25%
<b>Taxa bruta de natalidade</b>	9,6‰	8,6‰	7,7‰	8,5‰
<b>Taxa bruta de mortalidade</b>	7‰	8‰	9,9‰	11,0‰

Fonte: INE (2018)

## 2.7. ALOJAMENTOS

Por alojamento entende-se que seja um local distinto e independente que, pelo modo como foi construído, reconstruído, ampliado, transformado, se destina a habitação com a condição de não estar a ser utilizado totalmente para outros fins no momento de referência (INE, 2020).

Assim, os alojamentos estão diretamente relacionados com a localização da população residente neste concelho. Nestas circunstâncias, a freguesia que regista um maior número de alojamentos é a de São Vitor (16619 alojamentos), seguindo-se a união de freguesias de Maximinos, Sé e Cidade (7522 alojamentos) e São José de São Lázaro e São João do Souto (7388 alojamentos). Os alojamentos encontram-se distribuídos um pouco por todo o território, contudo, a maior concentração, por subsecção estatística, localiza-se no centro urbano do concelho, existindo, no extremo oposto, áreas sem qualquer registo de alojamentos (figura 19).

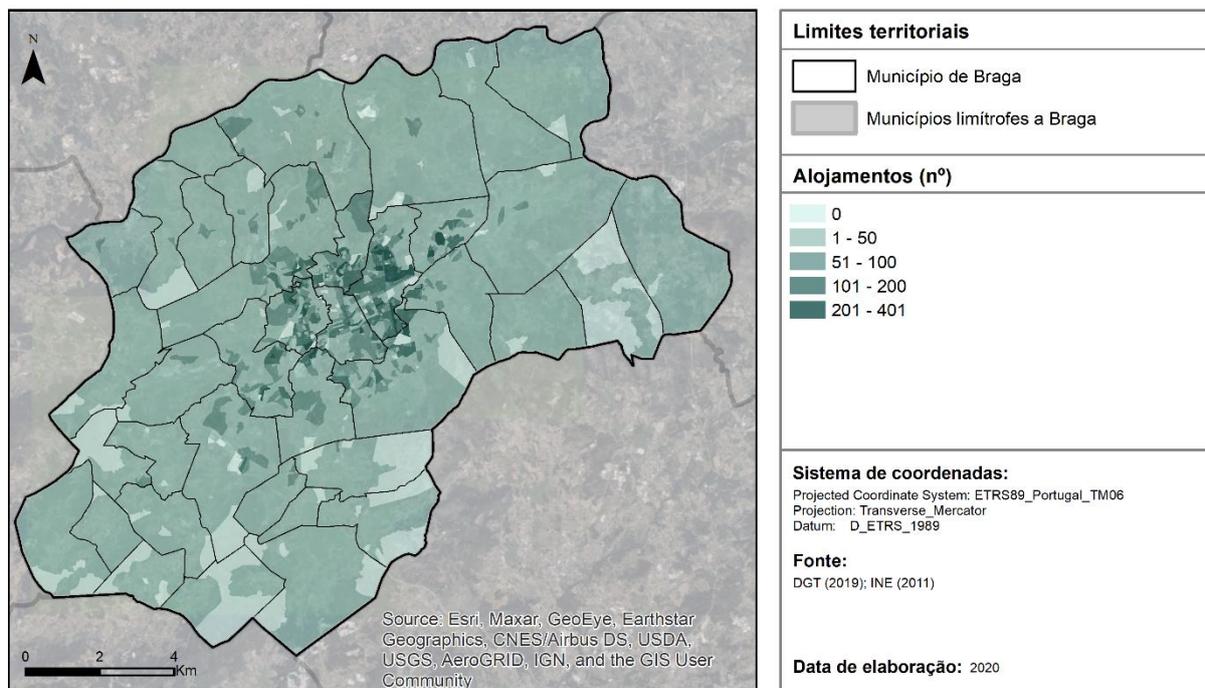


Figura 19: Total de alojamentos no concelho de Braga em 2011

A classe dos 1 – 50 alojamentos é a que ocupa a maior área no concelho de Braga, contudo, a classe que abrange mais alojamentos, dos 201 – 401 alojamentos, é a que ocupa a menor área do território (quadro XIX).

Quadro XIX: Classes de alojamentos no concelho de Braga

Alojamentos por subsecção	Área (Km <sup>2</sup> )	%	Localização
<b>Classe 0</b>	20,94	11,42	Localizadas sobretudo nas periferias sul e este.
<b>Classe 1 – 50</b>	148,34	80,88	Predomina e está um pouco por todo concelho.
<b>Classe 51 – 100</b>	9,53	5,20	Está concentrada no centro com algumas parcelas em seu redor e em direção à periferia noroeste.
<b>Classe 101 – 200</b>	3,66	2,00	Está nitidamente concentrada em pequenas parcelas no centro.
<b>Classe 201 – 401</b>	0,93	0,51	Encontra-se concentrado no centro e é a área menos representativa.

Fonte: DGT (2019); INE (2011)

## 2.8. REDE RODOVIÁRIA

É possível traduzir o carácter essencialmente urbano do território pela densa rede de vias (CMB, 2020) (figura 20).

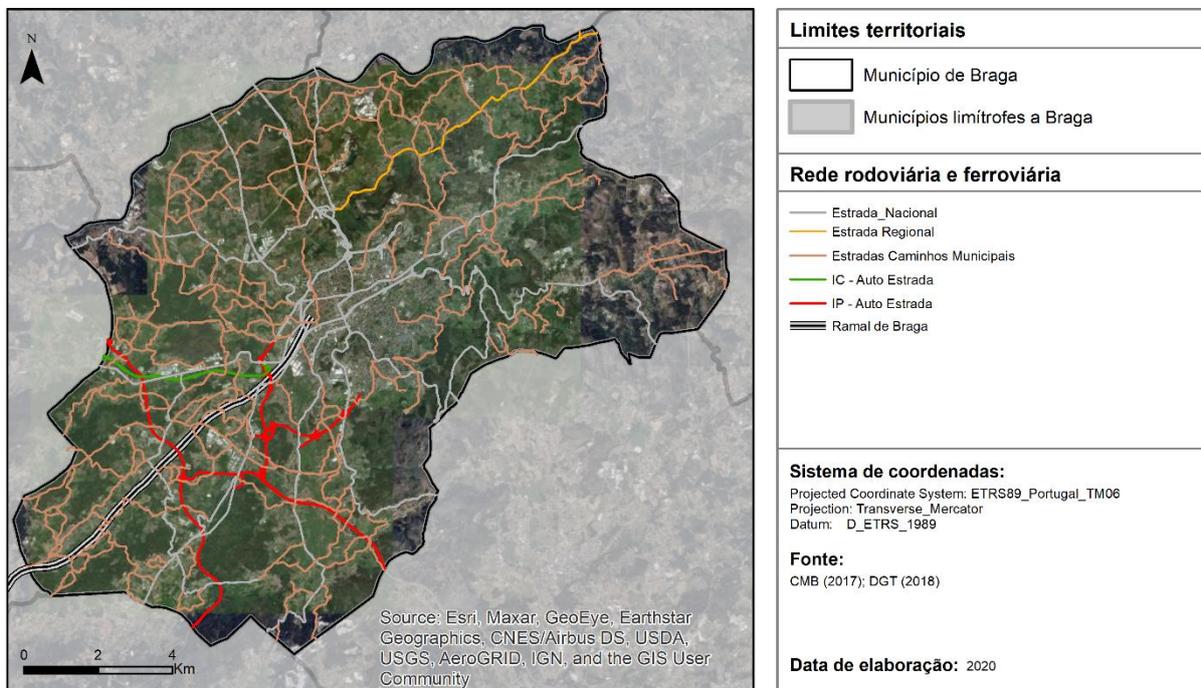


Figura 20: Rede rodoviária e ferroviária do concelho de Braga em 2017

Relativamente à rede rodoviária do concelho de Braga, esta é constituída por uma estrutura viária medieval consolidada, que subsiste ainda no presente, no centro histórico, apesar de apresentar certas modificações às suas características iniciais (CMB, 2015).

A partir do centro, desenvolve-se um conjunto de vias de ligação regional, que se dispõe de uma forma radial, subsistema radiocêntrico, configurando um modelo de ocupação urbana do tipo “estrela” (CMB, 2015, pp: 50). Esta fortalece o papel polarizador do núcleo central do território em relação ao restante, pois as vias confluem diretamente para o centro do concelho (CMB, 2015).

As vias constituídas por estradas nacionais, estabelecem a ligação com os aglomerados urbanos mais importantes do território bracarense, nomeadamente: ao Porto, pela EN14, à Póvoa de Lanhoso e Chaves, pela EN 103, a Guimarães, pela EN 101 e EN 309, a Barcelos, pela EN 103 e EN 205-4, a Famalicão, pela EN 309 e EN 14, a Vila Verde e Monção, pela EN 101 e a Ponte de Lima e Valença, pela EN 201 (CMB, 2015). Existem também, em estreita ligação com as estradas nacionais, estradas e caminhos municipais (CMB, 2015). O território é ainda servido por cinco autoestradas, pela A1, A3, A7, A11 e A28 (Invest Braga, 2020).

## 2.9. HOSPITAIS

No concelho de Braga existem 5 unidades hospitalares, que se encontram sobretudo na área urbana do concelho (figura 21).

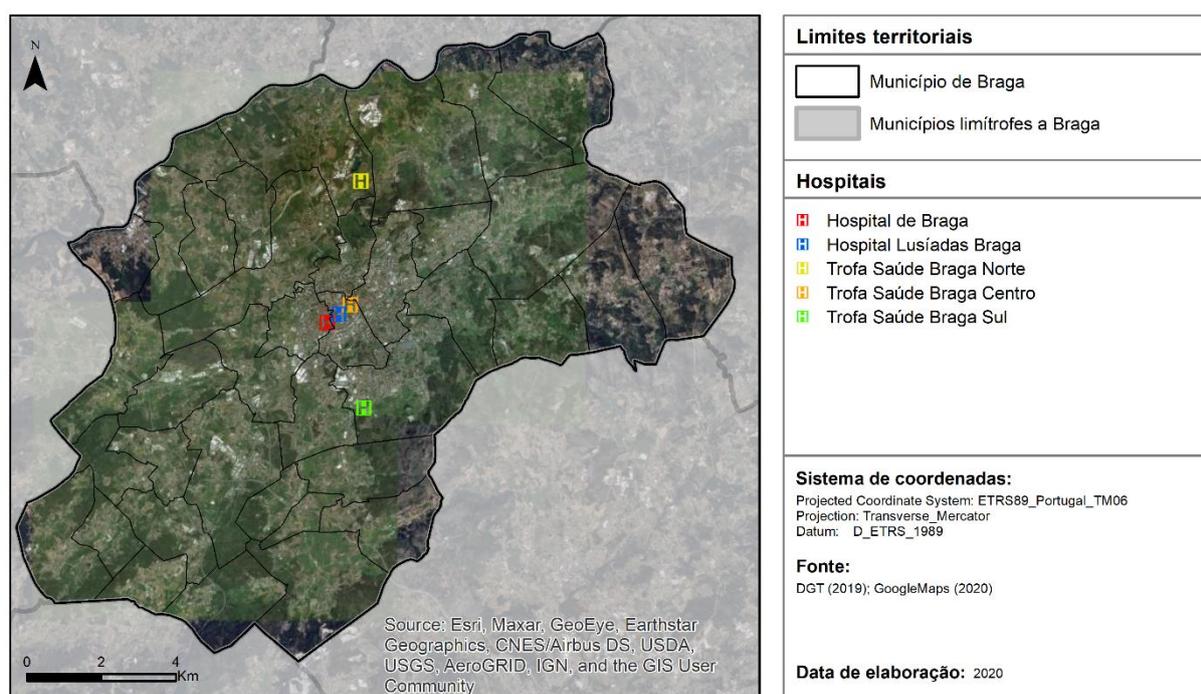


Figura 21: Principais hospitais no concelho de Braga em 2020

O hospital público de Braga localiza-se na união de freguesia de São Vítor, tendo vindo a substituir, em 2011, o hospital de S. Marcos. O hospital Lusíadas de Braga localiza-se na união de freguesias de São José de São Lázaro e São João de Souto, assim como o Trofa Saúde Braga Centro. Estes estão concentrados na área urbana do concelho. Já o Trofa Saúde Braga Norte está localizado na freguesia de Palmeira e o Trofa Saúde Braga Sul está localizado na união de freguesias de Nogueira, Fraião e Lamações, freguesias, estas, mais periféricas.

## 2.10. FARMÁCIAS

No concelho de Braga, existem 38 farmácias (Infarmed, 2020), as quais se encontram distribuídas por todo o concelho, mas com predominância nas freguesias centrais (figura 22).

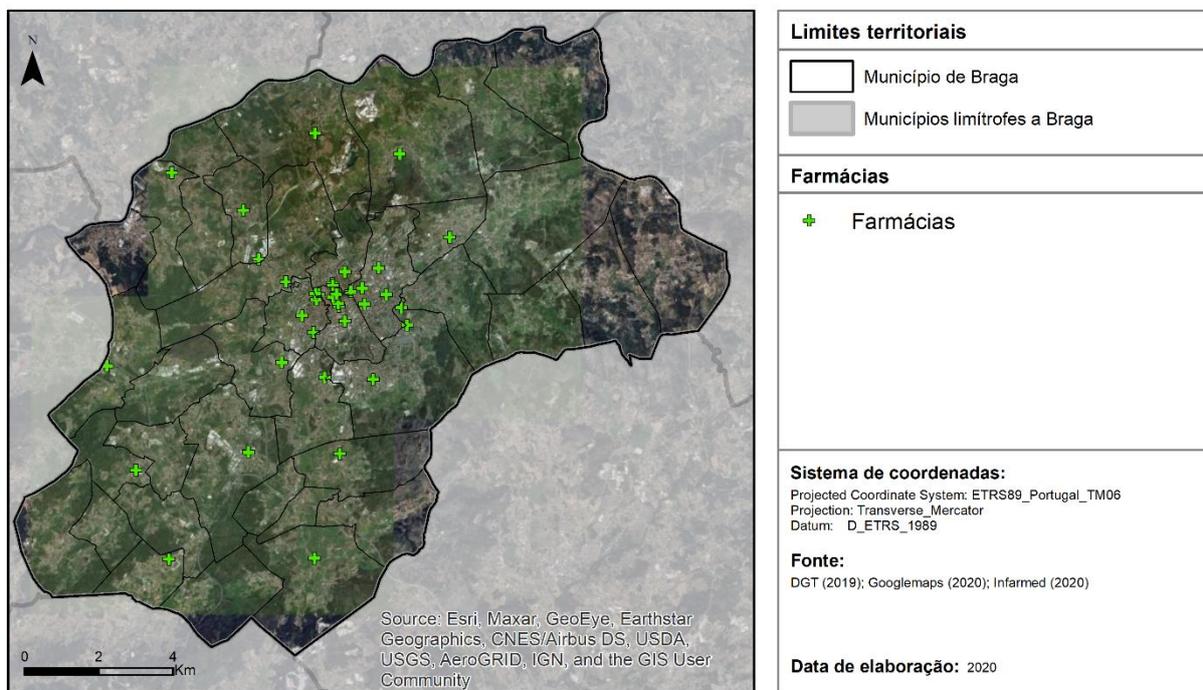


Figura 22: Farmácias no concelho de Braga em 2020

## 2.11. AGENTES DE PROTEÇÃO CIVIL

Em conformidade com o disposto na Lei de Bases da Proteção Civil, do artigo 46º da Lei 27/2006 de 3 de julho, na sua redação atual, são de destacar os demais agentes de proteção civil (figura 23).

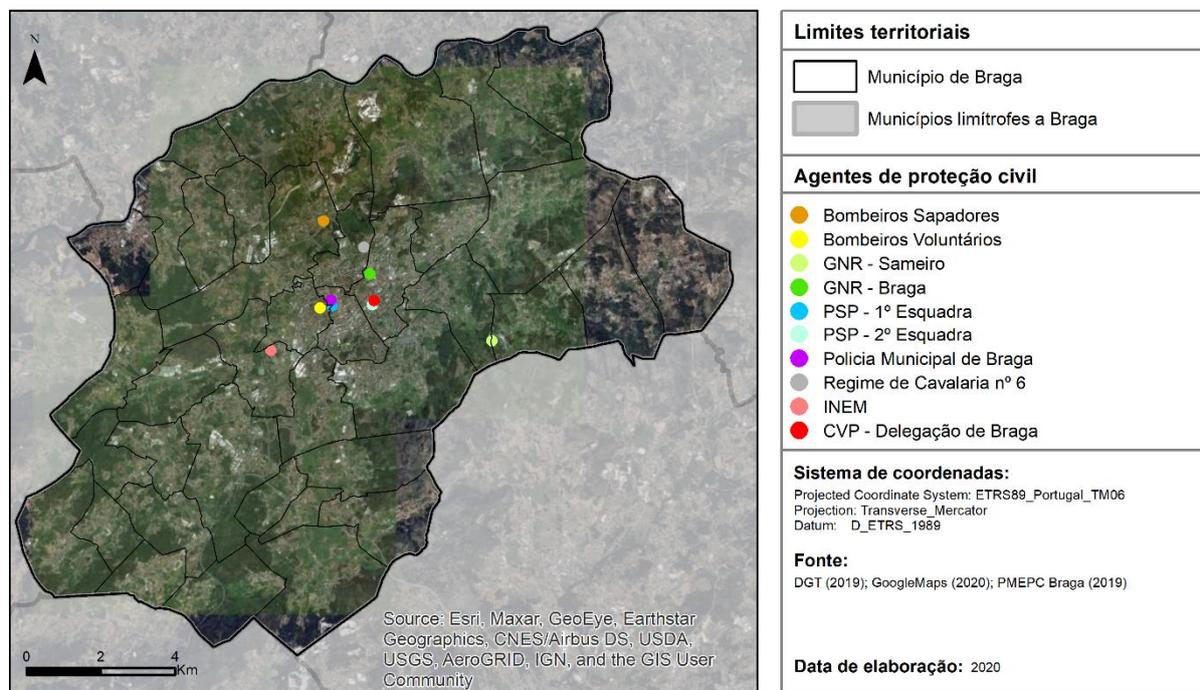


Figura 23: Agentes de proteção civil no concelho de Braga em 2020

Na generalidade os agentes de proteção civil estão sobretudo localizados na área urbana.

O quartel do corpo de bombeiros voluntários localiza-se na união de freguesias de Maximinos, Sé e Cidade e o quartel do corpo de bombeiros sapadores localiza-se na freguesia de São Vítor.

Existem dois postos da GNR, um na freguesia de S. Vítor e outro na freguesia de Espinho, junto ao Santuário do Sameiro. Há duas esquadras da PSP, uma na união de freguesias de Maximinos, Sé e Cidade, e a outra na freguesia de São Vítor. A Polícia Municipal de Braga localiza-se na união de freguesias de Maximinos, Sé e Cidade. O regimento de Cavalaria nº6 encontra-se na freguesia de São Vicente. O INEM localiza-se na freguesia de Ferreiros e Gondizalves. E a CVP de Braga está localizada na freguesia de São Vítor.

### 3. INCIDÊNCIA ESPACIAL DE FENÓMENOS HIDROLÓGICOS

Os meios de comunicação têm dado a conhecer e registado ao longo do tempo algumas das ocorrências gravosas, e dessa forma faz sentido proceder à sua inventariação e sistematização (ANEXO II).

Foi observado que, no concelho de Braga, entre 2000 e 2019, os períodos com maior número de ocorrências correspondem a episódios de elevados quantitativos pluviométricos, nomeadamente aos meses de outono e inverno, e as áreas recorrentemente noticiadas, por afetarem as populações e causarem danos materiais, são as urbanas (figura 24).

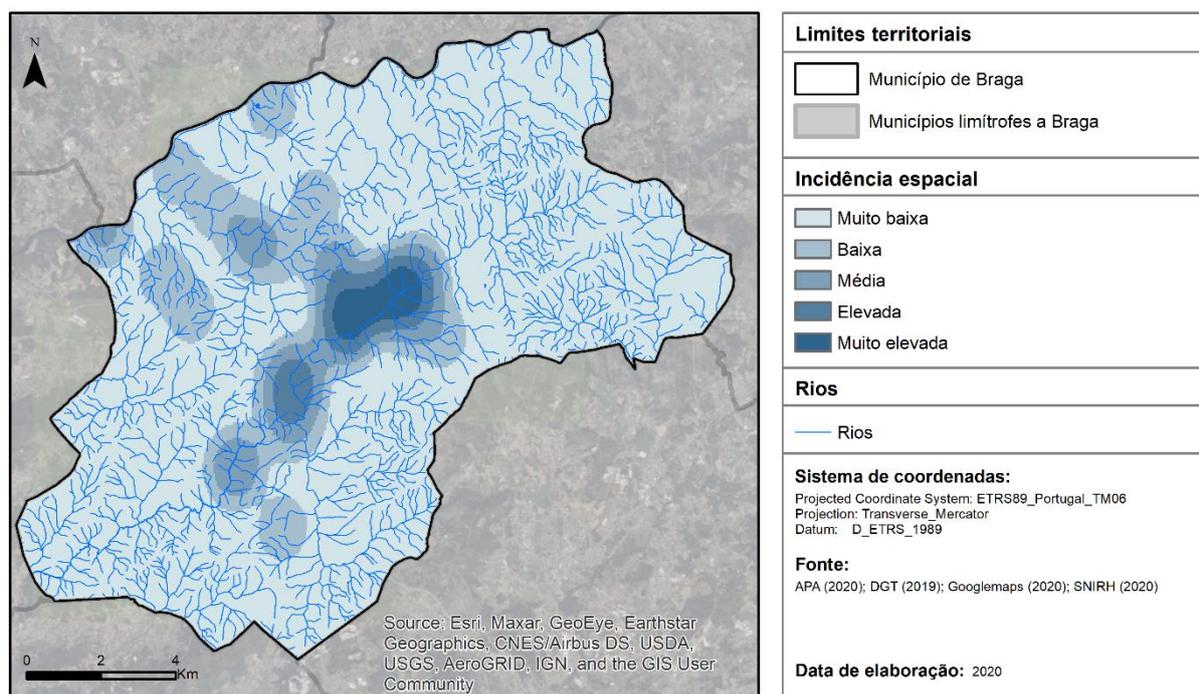


Figura 24: Incidência espacial de fenómenos hidrológicos no concelho de Braga entre 2000 e 2019

Fazendo uma observação a todas as notícias e ocorrências recolhidas, pode-se verificar que o ano de 2019 é aquele que apresenta mais ocorrências noticiadas (24 ocorrências), seguindo-se o ano de 2011 (8 ocorrências) e o ano de 2014 (5 ocorrências) (gráfico 5).

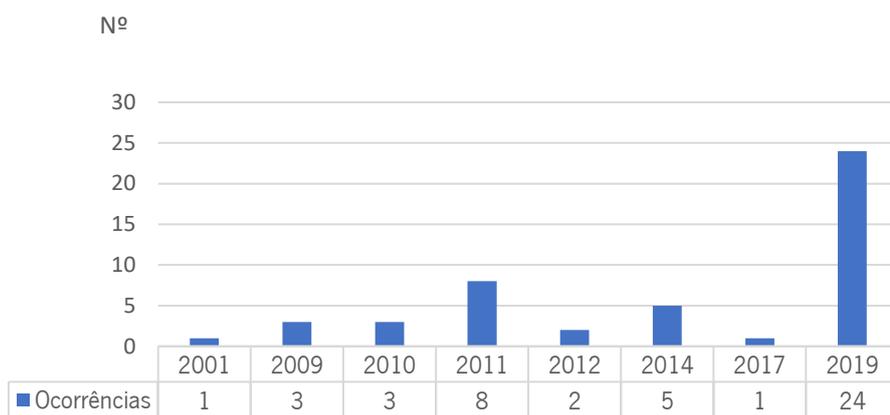


Gráfico 5: Número de ocorrências notificadas no concelho de Braga por ano

O mês com mais ocorrências é o de outubro (28 ocorrências), seguindo-se o mês de dezembro (8 ocorrências) e o mês de setembro (7 ocorrências) (gráfico 6).

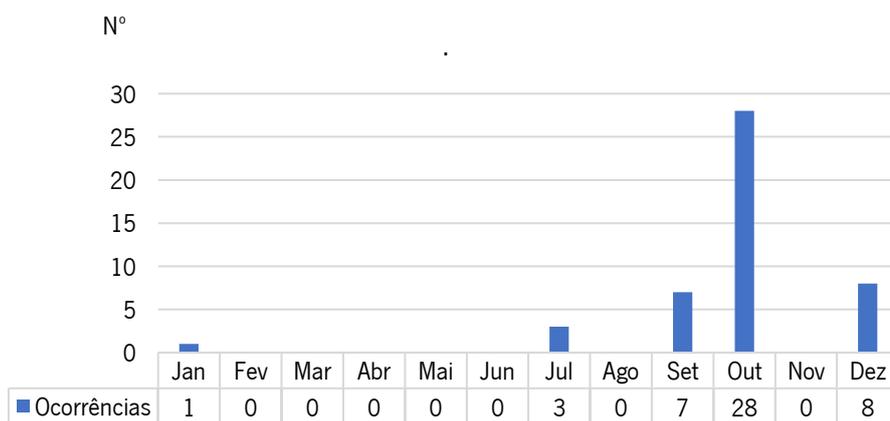


Gráfico 6: Número de ocorrências notificadas no concelho de Braga por mês

Relativamente aos locais afetados, foi possível aferir que os que sofrem recorrentemente com estes fenómenos, dizem respeito às freguesias ribeirinhas ao rio Este e aos túneis principais, localizados no centro urbano deste concelho.

## PARTE III – A CARTOGRAFIA DE RISCO HIDROLÓGICO PARA O CONCELHO DE BRAGA

### 1. ENQUADRAMENTO E METODOLOGIA PARA A ELABORAÇÃO DE UMA CARTOGRAFIA DE RISCO

#### HIDROLÓGICO

O direito a uma maior segurança e a uma melhor qualidade do ambiente é uma expectativa crescente da sociedade, pelo que é essencial identificar e delimitar as áreas de risco para que estas sejam passíveis de uma aplicação de medidas que visem prevenir e minimizar prejuízos, indispensáveis para uma eficiente gestão do território (Zêzere *et al.*, 2006).

Por conseguinte, com a finalidade de elaborar uma metodologia para a realização de uma cartografia de risco hidrológico, foram estabelecidos e utilizados três componentes de risco: a perigosidade (envolvendo a probabilidade e suscetibilidade), a exposição e a vulnerabilidade social (compreendendo a criticidade e capacidade de suporte). Este modelo foi realizado tendo em consideração estudos realizados anteriormente<sup>4</sup>, que versam sobre o risco hidrológico, e posteriormente foi adaptado face ao território em estudo, o concelho de Braga (figura 25).



Figura 25: Modelo para a elaboração de uma cartografia de risco hidrológico

A perigosidade de um fenómeno, representa a probabilidade de ocorrência de um processo com potencial destruidor (Ramos, 2013). Dado que o risco hidrológico é considerado um risco natural (Lourenço e Amaro, 2018), a perigosidade resulta ainda da conjugação da dinâmica do meio físico, que envolve perigo para a presença do homem (Fernandes, 2009). Traduz-se, assim, a perigosidade pela soma da probabilidade com a suscetibilidade.

A probabilidade surge associada ao risco e em particular à análise quantitativa do risco (Almeida, 2014). Knight (1921) defendeu o princípio de que o risco implica conhecimento com probabilidades,

<sup>4</sup> Pereira, *et al.* (2019);

Santos *et al.* (2019b);

Santos *et al.* (2020).

mensurável, caso contrário é desconhecimento ou incerteza em sentido restrito (Almeida, 2014). A suscetibilidade, segundo Lima (2010), é entendida como um ou mais atributos físicos que uma certa área possui e que a torna potencialmente sujeita à ocorrência de desastres (Silva e Meneze, 2017).

A exposição consiste no conjunto de bens a preservar (Tavares e Cunha, 2008), sendo eles pessoais, materiais ou ambientais, que estão sujeitos a serem atingidos ou danificados pelo impacto resultante do evento perigoso em causa (Alonso *et al.*, 2014).

O conceito de vulnerabilidade social é caracterizado pela sua multidimensionalidade e complexidade (Tavares *et al.*, 2018). Define-se como o nível de resiliência ou resistência dos indivíduos e comunidades quando expostos a processos ou acontecimentos danosos, resultando, portanto, da conjugação da criticidade e da capacidade de suporte (Mendes *et al.*, 2011).

A criticidade é um conjunto de características e comportamentos da população capazes de contribuir para a rutura do sistema e dos recursos das comunidades que lhes possibilitam responder ou lidar com cenários catastróficos (Mendes *et al.*, 2011). Contudo, o sistema territorial possui igualmente um conjunto de recursos que possibilitam enfrentar uma eventual crise (Mendes *et al.*, 2011). Nesta perspetiva, é também necessário considerar a capacidade de suporte, que se entende como o conjunto de infraestruturas territoriais que permitem à comunidade reagir em caso de desastre ou catástrofe (Mendes *et al.*, 2011).

Neste enquadramento, de forma a implementar a metodologia de avaliação do risco hidrológico e dar corpo às componentes de acordo com o modelo de risco, foram devidamente selecionados e agrupados treze<sup>5</sup> indicadores<sup>6</sup> de forma prudente, uma vez que são específicas as particularidades naturais, humanas e mistas que o território possui, que determinam e influenciam o risco hidrológico (figura 26).

---

<sup>5</sup> O indicador "clima e condições meteorológicas, a particularidade dos eventos pluviométricos" não foi considerado no modelo, pois não existem mais estações climatológicas no concelho de Braga (apenas uma no Posto Agrário), ou nas proximidades, com dados da temperatura e precipitação, para que seja possível efetuar um mapa que represente valores de temperatura e precipitação distintos. Pelo que, para o modelo, apenas são considerados doze indicadores.

<sup>6</sup> Todos os indicadores foram caracterizados tendo em conta as informações mais recentes, não esquecendo de que existem indicadores dinâmicos, em curtos períodos (a ocupação do solo, a densidade populacional, os 3121alojamentos, a densidade rodoviária, os hospitais, as farmácias e os agentes de proteção civil) e outros, estáveis em longos períodos (o clima, a litologia, o relevo e a rede hidrográfica).

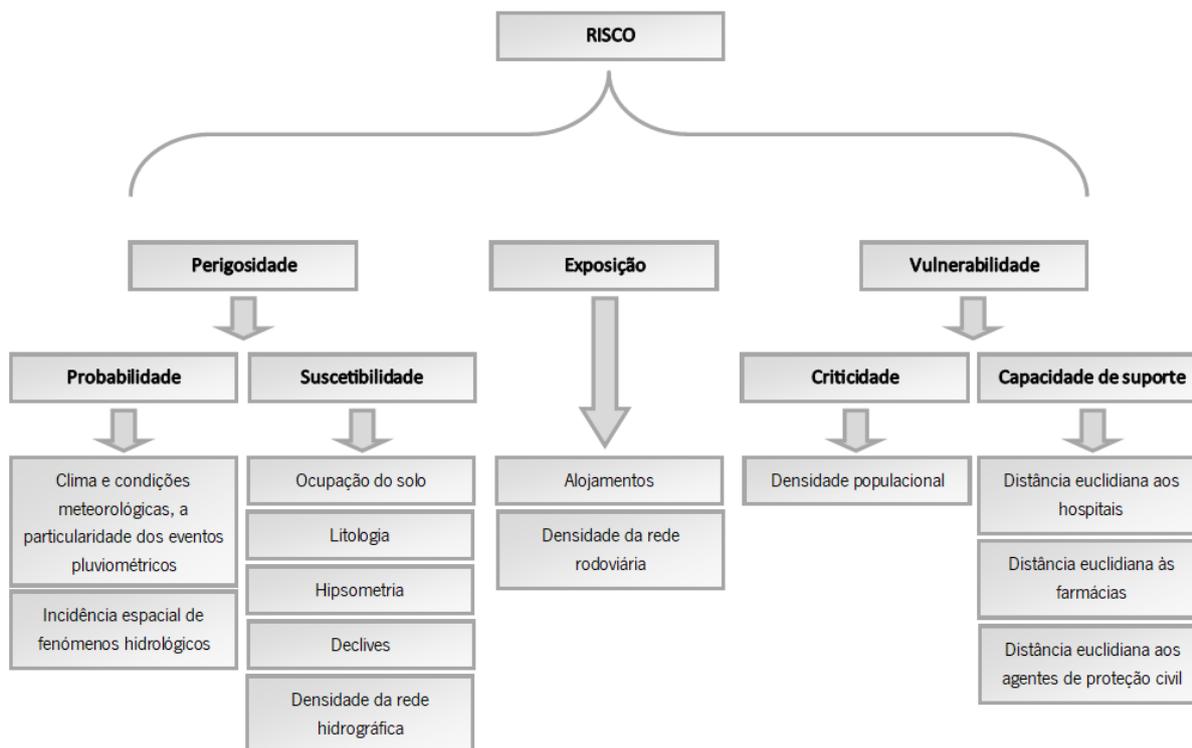


Figura 26: Modelo conceitual do risco hidrológico

Para esta investigação, a triagem dos indicadores para os três componentes de risco passou por um processo bastante ponderado, resultando da combinação de dois fatores:

- pesquisa e leitura de bibliografia, sustentada em estudos<sup>7</sup> que aplicam indicadores para caracterizar o risco hidrológico;
- levantamento de fontes de informação que esclarecem de que modo as particularidades do território podem influenciar situações de risco hidrológico.

Em seguida é esclarecido de que modo as particularidades do território podem influenciar o risco hidrológico.

O risco hidrológico é traduzido pelo excesso de água à superfície terrestre (Lourenço e Amaro, 2018) e está habitualmente associado à água proveniente da precipitação (Lourenço, 2007), sendo por isso o estudo do clima, das condições meteorológicas, e sobretudo da particularidade dos eventos pluviométricos, fundamental para o compreender.

<sup>7</sup> Santos *et al.* (2020);

Santos *et al.* (2019c);

Santos *et al.* (2019a);

Santos *et al.* (2015);

Tavares *et al.* (2018).

O risco hidrológico em território nacional é determinado fundamentalmente pelas características climáticas basicamente mediterrâneas (Rebello, 2001), assim como pelas condições meteorológicas do momento, sendo este considerado o fator desencadeante mais importante (Ramos, 2013).

A ocorrência de precipitação em grande quantidade sobre as bacias hidrográficas, sob a forma de chuva e aguaceiros, origina caudais elevados nos cursos de água, excedendo o leito normal (proporcionando cheias), podendo-se suceder o transvase da água para além do canal que a contém (promovendo a ocorrência de inundações), esta precipitação pode ainda provocar dificuldades de escoamento superficial e de infiltração das águas em superfícies aplanadas (originando alagamentos) (Lourenço e Amaro, 2018). As chuvas que provocam fenómenos hidrológicos podem ser de dois tipos: contínuas e prolongadas ou concentradas (Ramos, 2013).

As chuvas contínuas e prolongadas podem não atingir grande intensidade, mas originam cheias lentas e a subida da toalha freática, com inundação de áreas deprimidas. Estas são chuvas generalizadas a vastas áreas e que devido à sua duração, de semanas a meses, levam à saturação dos solos, à reposição das reservas subterrâneas e, finalmente, a fenómenos de transbordo. Nas latitudes médias, onde se insere Portugal, podem ser devidas a famílias de depressões frontais, correspondendo, à escala sinóptica, a uma circulação zonal de oeste (Ramos, 2013).

As chuvas concentradas no tempo e no espaço, mas de grande intensidade, podem dar origem a cheias rápidas e a inundações urbanas. Podem ocorrer apenas em algumas horas ou minutos. Em Portugal, são devidas a frentes frias muito ativas, a gotas de ar frio e a células convectivas isoladas (Ramos, 2013). Analisar o histórico de ocorrências é crucial, pois para além de permitir verificar a existência de padrões temporais, permite identificar as áreas recorrentemente afetadas, ou seja, determinar a incidência espacial do fenómeno. Deste modo, o risco tem um valor quantificável (Almeida, 2014).

Um das preocupações fundamentais associadas ao risco, tendo em conta os processos de decisão, decorre da necessidade de comparar, num presente, determinados efeitos cuja ocorrência num futuro é considerada com diferentes graus de convicção ou incerteza (Almeida, 2014). Assim, através da representação da incidência espacial, é possível identificar os locais onde estes fenómenos ocorrem recorrentemente, tendo estes, por isso, mais probabilidade de ocorrer nesse mesmo local, num futuro. Para algumas linhas de pensamento, a probabilidade do evento perigoso é de tal forma relevante que quase se confunde com a noção do risco associado (conceção probabilística) (Almeida, 2014).

O solo é um recurso natural suscetível a ações antrópicas que influenciam as suas características e alteram as suas propriedades. Assim, o Homem confere ao solo diversas ocupações.

Um solo com uma boa cobertura vegetal facilita a infiltração, e o escoamento superficial das águas será mínimo, a menos que os solos atinjam o seu ponto de saturação. Já um solo sem cobertura vegetal ou com um alto grau de compactação, apresenta uma capacidade de infiltração reduzida e, portanto, o escoamento superficial das águas será maior.

De modo geral, sob uma precipitação de intensidade constante, a infiltração e o escoamento superficial são processos antagônicos: à medida que um diminui o outro aumenta, até atingirem um equilíbrio dinâmico - estabilização (Spohr, 2007).

Estudar a permeabilidade da litologia que compõe o território é algo significativo quando se trata de risco hidrológico. A permeabilidade, neste caso, consiste na maior ou menor capacidade de uma rocha permitir a passagem, sem alterar a sua estrutura, de algum fluido (Infopédia, 2020). Quanto mais permeáveis forem as rochas maior é a infiltração e conseqüentemente, menor é o escoamento superficial, por outro lado, quanto mais impermeáveis forem as rochas, menor é a infiltração e, o escoamento superficial será maior, influenciando as águas à superfície.

O risco hidrológico também é influenciado pelo relevo da bacia hidrográfica, pois o mesmo tem efeito sobre os fatores meteorológicos e hidrológicos, interferindo na precipitação e na temperatura, que são dependentes da altitude, e na velocidade do escoamento superficial, que é dependente do declive da bacia (Guimarães *et al.*, 2017).

Relativamente à hipsometria, a temperatura diminui em altitude, apresentando um gradiente térmico vertical de 0,65°C a cada 100m (Galvani *et al.*, 2012, adaptado de Sellers, 1974). Já a precipitação aumenta com a altitude, uma vez que as vertentes de maior altitude constituem uma barreira que promove a condensação, isto é, obrigam o ar a subir, este ao arrefecer provoca a condensação do vapor de água, formando-se nuvens e, a partir destas, ocorre a precipitação (Rodrigues e Barata, 2013). É, portanto, no noroeste e nas áreas de montanha que se registam os maiores valores de precipitação, (Rodrigues e Barata, 2013).

No que concerne ao declive, verifica-se que nos vales mais encaixados, onde predominam vertentes íngremes, se dá um rápido escoamento das águas, fazendo com que as cheias ocorram muito rapidamente (Martins, 2013). Já nos vales mais abertos, onde o terreno é pouco inclinado, acontece o oposto, o escoamento superficial da água é mais lento e as cheias e inundações ocorrem a um ritmo menos acelerado. Deste modo, quanto maior o declive, menor é o tempo de resposta, pois as velocidades do escoamento superficial serão maiores (Gaspar, 2013).

O declive afeta ainda a capacidade de infiltração da água no solo, visto que onde o território é pouco inclinado o escoamento superficial é mais lento, o que facilita a infiltração, já nas áreas mais inclinadas o escoamento superficial é mais rápido dificultando a infiltração (Gaspar, 2013).

Todavia, repare-se ainda que a infiltração e o escoamento superficial, para além de estarem relacionadas com o declive, relacionam-se ainda com a permeabilidade e impermeabilidade do território consoante a litologia e a ocupação do solo. Assim, relacionando o declive com a litologia e a ocupação do solo, conclui-se que os locais mais propícios à ocorrência de fenómenos hidrológicos são aqueles que se seguem aos terrenos inclinados e impermeáveis, onde existem terrenos aplanados e impermeáveis onde a velocidade da água diminui e se acumula.

É, por isso, necessário conhecer a distribuição da altitude, numa dada bacia hidrográfica, porque da sua variação depende, em grande parte, o comportamento de determinados fenómenos hidrometeorológicos, diretamente relacionados com o escoamento superficial (Lourenço, 1988).

A água é um recurso natural essencial para a sobrevivência dos seres vivos na Terra, constituindo, por isso mesmo, a fonte da vida. Mas a relação do Homem com os recursos hídricos vai mais além da sua necessidade fisiológica. Desde o início da história da humanidade que a água foi considerada um elemento fundamental a muitas atividades.

A água oferece grande abundância de alimentos (peixes, vegetais, carnes), pode ser utilizada para uso doméstico, comercial e industrial, na produção de energia, como via de navegação e ainda para desporto e lazer. Por este motivo, o Homem sempre procurou a proximidade dos cursos de água para se instalar (Rebelo, 1997). Contudo, é nessas áreas que se verifica uma maior suscetibilidade de ocorrência de fenómenos hidrológicos e apenas com o tempo é que o Homem foi ganhando consciência empírica do risco associado (Rebelo, 1997).

Os fenómenos hidrológicos causam diversas consequências negativas, afetando a qualidade de vida das populações. Estes podem causar destruições, de tal modo, que podem comprometer o alojamento dos indivíduos que residem no concelho, levando mesmo a casos de desalojamento. Assim, estes locais que se destinam à habitação (INE, 2020) estão expostos ao risco.

A rede rodoviária está também exposta a este risco. As ocorrências de fenómenos hidrológicos podem condicionar a circulação da rede rodoviária do concelho, que é tão importante quer do ponto de vista social como do ponto de vista económico. O excesso de água pode ser de tal forma, que pode ocasionar dificuldades nos acessos ou até mesmo provocar o corte das vias por questões de salvaguarda. Estes acontecimentos são extremamente negativos, especialmente nas situações em que o tempo de atuação das autoridades responsáveis, nestas circunstâncias, se prolonga devido às dificuldades de acesso a

áreas onde pessoas e bens estão em causa, mas também porque a população deixa de poder usufruir, em segurança, de parte das infraestruturas.

A densidade populacional é um indicador importante na medida em que demonstra a relação entre a população e a superfície do território (INE, 2020), indicando os locais onde se encontram as maiores concentrações de população e os locais de menor concentração de população. Assim, é possível identificar os locais onde a criticidade pode ser maior e conseqüentemente os locais que necessitam de mais operacionais e meios para dar resposta em situações de risco.

As ocorrências de fenómenos hidrológicos podem causar conseqüências entre as quais ferimentos e até mesmo perdas de vidas humanas. Neste sentido, os hospitais são um equipamento de saúde onde a população deve procurar por proteção e alívio de episódios de incómodo, aflição e dor. Os hospitais são estabelecimentos de saúde compostos por meios tecnológicos, cuja finalidade principal é a prestação de cuidados de saúde durante 24 horas por dia (SNS, 2020). Dispõem de serviços de consultas externas, internamento e de urgências, e a sua atividade consiste no diagnóstico, no tratamento e na reabilitação, que pode ser desenvolvida em regime de internamento ou ambulatório (SNS, 2020).

As farmácias são estabelecimentos com uma grande proximidade das populações, e nos dias de hoje a sua função vai muito além da simples dispensa de medicamentos aos utentes (Leal, 2014). Cada vez mais as farmácias disponibilizam à sociedade um conjunto alargado e vital de serviços de saúde, em que se destacam o aconselhamento prestado aos utentes, a preparação individualizada de medicamentos, a administração de vacinas, as consultas de acompanhamento de doenças crónicas, a disponibilização de rastreios e de testes bioquímicos, entre outros (Lisbonph, 2020).

Os agentes de proteção civil são entidades fundamentais em caso de ocorrências de fenómenos hidrológicos pois são aqueles que, sob a direção de chefias próprias, exercem funções de aviso, alerta, apoio e socorro, de acordo com as suas jurisdições próprias.

Prosseguindo, tendo em vista a elaboração de uma cartografia de risco hidrológico, os métodos da presente dissertação, utilizam como procedimento ferramentas de análise espacial definidas em ambiente SIG.

A elaboração da respetiva cartografia foi realizada com apoio do *software* ArcGis versão 10.6.1. da ESRI. A base para representar o território foi a CAOP 2019 obtida através da DGT e o sistema de coordenadas utilizado foi o ETRS89\_Portugal\_TM06.

Para esta cartografia de risco foi utilizada a ferramenta *raster calculator*, disponível no *software* SIG adotado, para a gerar. Esta é uma ferramenta de geoprocessamento que permite criar e executar expressões de álgebra de mapas (ESRI, 2020).

Para introduzir todos os mapas nesta ferramenta, é indispensável realizar alguns procedimentos de ajuste.

Antes de mais, é necessário que todos os mapas estejam em formato *raster*. Por isso, foi necessário converter os mapas que se encontravam em formato vetorial, sendo eles os mapas da ocupação do solo, da litologia, dos alojamentos e da densidade populacional, através da ferramenta *featuring to raster*.

Tendo todos os mapas em formato *raster*, posteriormente foi necessário estabelecer uma correspondência entre as classes das escalas ordinais e nominais dos indicadores, e os níveis da escala nominal de risco estabelecida.

As classes das escalas, ordinais e nominais, dos indicadores foram reclassificadas através da ferramenta *reclassify*, de modo a fazer correspondência com os níveis da escala nominal de risco. Esta foi criada de forma clara, dispondo de 5 níveis distintos, nomeadamente risco hidrológico “muito baixo”, “baixo”, “médio”, “elevado” e “muito elevado”, para que seja possível diferenciar a forma como o risco hidrológico se manifesta nas diferentes áreas do território bracarense (figura 27).



Figura 27: Escala de risco hidrológico para o concelho de Braga

Desta forma é possível atribuir a cada classe dos indicadores, o nível de risco hidrológico correspondente. Os indicadores, pelas suas características, encontram-se representados por mapas, quer com uma escala ordinal, quer com uma escala nominal.

Primeiramente, os mapas com escalas ordinais foram reclassificados em 5 classes e o método de classificação de dados adotado foi o *natural breaks*, procedendo-se, assim, à normalização destes dados, por forma a compatibilizá-los, conforme as propriedades de cada classe do indicador, com a escala de risco, que também se encontra em 5 classes. Neste método de classificação de dados, as classes são

baseadas em agrupamentos naturais inerentes aos dados, ou seja, as quebras de classe são criadas de forma a que melhor sejam agrupados os valores semelhantes e que sejam maximizadas as diferenças entre classes (ESRI, 2020).

Os indicadores com escalas ordinais dizem respeito à hipsometria, aos declives, aos alojamentos e à densidade populacional. Segue-se assim a explicação da atribuição dos níveis de risco às diferentes classes dos indicadores com escala ordinal.

A hipsometria foi fundamentada no MDT e as suas classes ordinais foram reclassificadas em 5 utilizando-se para o efeito o método dos *natural breaks*. Posteriormente foi necessário realizar a correspondência entre a hipsometria e o risco hidrológico.

Para este indicador verificou-se que quanto maior a altitude maior a propensão à ocorrência de precipitação, contudo, são também estas áreas que possuem, geralmente, uma maior inclinação, o que faz com que se dê escoamento superficial das águas pluviais até estas atingirem áreas de altitude menor. Neste sentido, as classes de hipsometria foram reclassificadas em *natural breaks* de forma inversa, uma vez que à medida que a altitude diminui, a suscetibilidade aumenta e conseqüentemente o risco é maior. Os declives foram baseados na ferramenta de geoprocessamento que os gerou, o *slope*, e as suas classes foram reclassificadas para 5 utilizando-se para o efeito o método dos *natural breaks*.

Para este indicador o mesmo se sucede, nas áreas de maior declive a água escorre até atingir áreas mais aplanadas onde se podem acumular, dependendo da permeabilidade do substrato rochoso e da ocupação do solo, levando à ocorrência de fenômenos hidrológicos.

Assim, as classes de declives foram reclassificadas em *natural breaks* de forma inversa, pois à medida que o declive diminui, a suscetibilidade aumenta e conseqüentemente, o risco é maior.

De um modo, geral à medida que as cotas são mais baixas e os declives são mais suaves o risco aumenta.

Os alojamentos, por subsecção estatística, foram reclassificados em 5 classes ordinais em *natural breaks*. Para este caso, o risco verifica-se de forma direta, pois quantos mais alojamentos se verificarem, também mais alojamentos estão expostos ao risco hidrológico. Logo, as classes de alojamentos, por subsecção estatística, foram reclassificadas de forma direta em função dos níveis da escala de risco.

A densidade populacional, por subsecção estatística, foi reclassificada em 5 classes ordinais em *natural breaks*. Em caso de ocorrência de cheias, inundações ou alagamentos, a criticidade será maior nas áreas onde se verifica maior concentração de indivíduos. Evidentemente o risco também implica a presença do Homem, por isso as classes de densidade populacional foram reclassificadas de forma direta em função dos níveis da escala de risco.

Já para os mapas com escalas nominais o método de reclassificação de dados foi manual, ou seja, o nível da escala de risco foi atribuído manualmente conforme as propriedades de cada classe do indicador. Os indicadores com escalas nominais dizem respeito à incidência espacial de fenómenos hidrológicos, à ocupação do solo, à litologia, à densidade da rede hidrográfica, à densidade rodoviária e à distância euclidiana dos hospitais, farmácias e agentes de proteção civil. Segue-se assim a explicação da atribuição dos níveis de risco às diferentes classes dos indicadores com escala nominal.

A incidência espacial de fenómenos hidrológicos está agrupada em 5 classes nominais: “muito baixa”, “baixa”, “média”, “elevada” e “muito elevada”.

Os fenómenos hidrológicos que ocorrem recorrentemente no mesmo local, têm incidência espacial mais elevada, ou seja, a probabilidade de estes fenómenos ocorrerem nessas áreas será maior, já nas áreas onde a recorrência é baixa, ou não se verificaram ocorrências, a probabilidade se acontecer nessas áreas será menor. Assim, as classes de incidência espacial foram reclassificadas de forma a que as suas classes correspondessem aos níveis da escala de risco (quadro XX).

Quadro XX: Escala de risco para a incidência espacial de fenómenos hidrológicos no concelho de Braga

<b>Indicador</b>	<b>Escala de risco</b>
<b>Incidência espacial de fenómenos hidrológicos extremos</b>	<b>Níveis de risco</b>
Muito baixa	Muito baixo
Baixa	Baixo
Média	Médio
Elevada	Elevado
Muito elevada	Muito elevado

A ocupação do solo está disposta por mega classes, que correspondem a 8 classes nominais: “territórios artificializados”, “agricultura”, “pastagens”, “superfícies agrofloretais”, “florestas”, “matos”, “espaços descobertos ou com pouca vegetação” e “massas de água superficiais”. Cada ocupação do solo possui diferentes características que, por sua vez, induzem a diferentes manifestações do risco hidrológico.

As que propiciam este risco estão associadas às áreas próximas da sua génese, os cursos de água, mas também associadas a áreas impermeáveis que dificultam a infiltração e promovem o escoamento superficial e conseqüentemente a acumulação de águas à superfície. Por outro lado, as que minimizam este risco estão associadas a áreas com uma boa cobertura vegetal, dado que a vegetação promove a

infiltração das águas no solo e diminui o escoamento superficial que, por sua vez, diminuem as águas à superfície.

As massas de água superficiais dizem respeito às superfícies de água doce, que incluem cursos de água e planos de água naturais, superfícies de água salgada, que incluem os oceanos e água salobra, que inclui lagoas costeiras e desembocadura fluvial (DGT, 2019). Estas áreas, por serem o ponto de origem das cheias e inundações e ainda estarem associadas a baixas cotas e suaves declives sendo também propícias à ocorrência de alagamentos, é-lhes atribuído o nível de risco muito elevado.

Os territórios artificializados são áreas muito impermeáveis, pois estão destinados a atividades de intervenção humana, como áreas de tecido edificado, industriais, comerciais, infraestruturas, transportes, serviços e equipamentos (DGT, 2019), sendo por isso atribuído o nível de risco muito elevado.

Os espaços descobertos ou com pouca vegetação, como o nome indica, dizem respeito às áreas com pouca ou nenhuma vegetação, que incluem praias e areais, rocha nua e vegetação esparsa (DGT, 2019), sendo por isso atribuído o nível de risco elevado.

As restantes ocupações do solo, a agricultura, as pastagens, as superfícies agroflorestais, as florestas e os matos são áreas com cobertura vegetal significativa (DGT, 2019), o que permite a infiltração das águas, sendo por isso atribuído o nível de risco muito baixo.

Tendo isto em consideração, procedeu-se à reclassificação das classes que constituem a ocupação do solo de forma a corresponder aos níveis da escala de risco (quadro XXI).

Quadro XXI: Escala de risco para a ocupação do solo no concelho de Braga

<b>Indicador</b>	<b>Escala de risco</b>
<b>Ocupação do solo</b>	<b>Níveis de risco</b>
<b>Territórios artificializados</b>	Muito elevado
<b>Agricultura</b>	Muito baixo
<b>Pastagens</b>	Muito baixo
<b>Superfícies agroflorestais</b>	Muito baixo
<b>Florestas</b>	Muito baixo
<b>Matos</b>	Muito baixo
<b>Espaços descobertos ou com pouca vegetação</b>	Elevado
<b>Massas de água superficiais</b>	Muito elevado

A litologia está organizada em 7 classes nominais: “granito de Celeirós e Vieira do Minho”, “granito de Braga”, “granito do Sameiro”, “granito de Briteiros”, “granito de Gondizalves”, “metassedimentos do Paleozóico” e “depósitos de cobertura”.

A região de Braga é, portanto, dominada essencialmente pela ocorrência de rochas graníticas de idade Hercínica, por metassedimentos do Paleozóico e depósitos de cobertura (Ferreira *et al.*, 2000).

Estas rochas têm permeabilidades diferentes que interferem na infiltração e escoamento superficial (Ferreira *et al.*, 2000), condicionando o risco hidrológico.

Os granitos de Braga apresentam generalizadamente uma permeabilidade média a baixa ou muito baixa (Ferreira *et al.*, 2000), sendo, por isso, adotado o nível de risco médio. O xisto é uma rocha metamórfica, caracterizada por ser de muito baixa permeabilidade (Oliveira e Fontoua 2019), sendo atribuída a esta rocha um nível de risco muito elevado. Já os depósitos de cobertura têm uma permeabilidade elevada (Ferreira *et al.*, 2000), e por isso, atribuiu-se um nível de risco muito baixo.

Por conseguinte, procedeu-se à reclassificação das classes da litologia de modo a se ajustar aos níveis da escala de risco (quadro XXII).

Quadro XXII: Escala de risco para a litologia no concelho de Braga

<b>Indicador</b>	<b>Escala de risco</b>
<b>Litologia</b>	<b>Níveis de risco</b>
<b>Granito de Celeirós e Vieira do Minho</b>	Médio
<b>Granito de Braga</b>	Médio
<b>Granito do Sameiro</b>	Médio
<b>Granito de Briteiros</b>	Médio
<b>Granito de Gondizalves</b>	Médio
<b>Metassedimentos do Paleozóico</b>	Muito elevado
<b>Depósitos de cobertura</b>	Muito baixo

Uma vez que a rede hidrográfica é representada por linhas foi necessário criar uma densidade no que diz respeito à rede hidrográfica.

Para a densidade da rede hidrográfica, foi essencial o suporte do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH), que possibilitou a recolha da *shapefile* dos cursos de água que constituem o território. Sendo estes mapeados, foi aplicada a ferramenta *kernel density*. Esta ferramenta pode ser calculada para recursos de ponto e linha e permite calcular a densidade de recursos de uma “vizinhança”

em torno dos mesmos (ESRI, 2020), o que permitiu representar a densidade da rede hidrográfica. Em seguida foram estabelecidas 5 classes nominais pelo método *natural breaks*: “muito baixa”, “baixa”, “média”, “elevada” e “muito elevada” (figura 28).

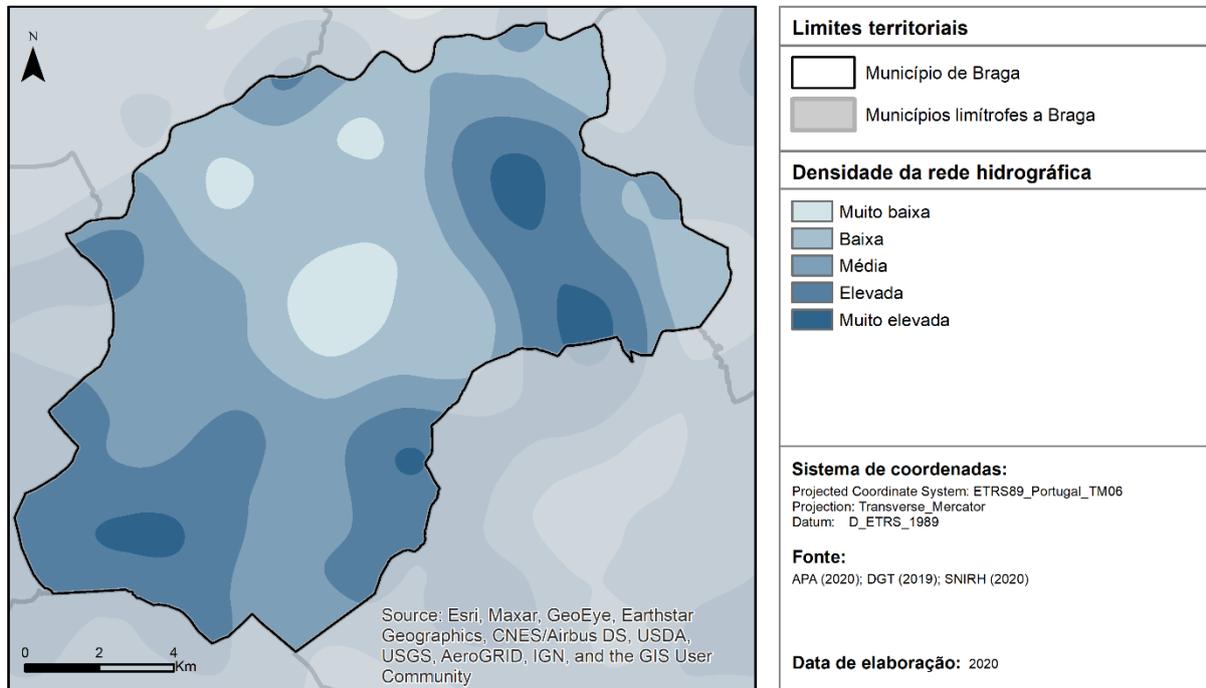


Figura 28: Densidade da rede hidrográfica no concelho de Braga

A densidade da rede hidrográfica diz respeito à relação entre os cursos de água e o território onde se encontram.

Representada a densidade da rede hidrográfica, procedeu-se à reclassificação das suas classes para fazer corresponder aos níveis da escala de risco. Quanto maior for a densidade da rede hidrográfica, mais suscetível essa área está à ocorrência de fenómenos hidrológicos, pois verifica-se uma maior concentração de cursos de água, que são a génese das cheias e inundações que, por sua vez, correspondem às áreas de menor altitude e de menor declive, onde as águas tendem a se acumular, podendo também ocorrer alagamentos. Por essa razão, a escala de risco é estabelecida diretamente com a densidade da rede hidrográfica (quadro XXIII).

Quadro XXIII: Escala de risco para a densidade da rede hidrográfica no concelho de Braga

<b>Indicador</b>	<b>Escala de risco</b>
<b>Densidade da rede hidrográfica</b>	<b>Níveis de risco</b>
<b>Muito baixa</b>	Muito baixo
<b>Baixa</b>	Baixo
<b>Média</b>	Médio
<b>Elevada</b>	Elevado
<b>Muito elevada</b>	Muito elevado

Visto que a rede rodoviária é representada por linhas, foi necessário criar uma densidade no que respeita à rede rodoviária.

Foi elaborado um mapa que representa a densidade rodoviária através da ferramenta de geoprocessamento *kernel density*, que permite determinar as densidades a partir da rede rodoviária do concelho. Em seguida foram estabelecidas 5 classes nominais pelo método *natural breaks*, designadamente de densidade “muito baixa”, “baixa”, “média”, “elevada” e “muito elevada” (figura 29).

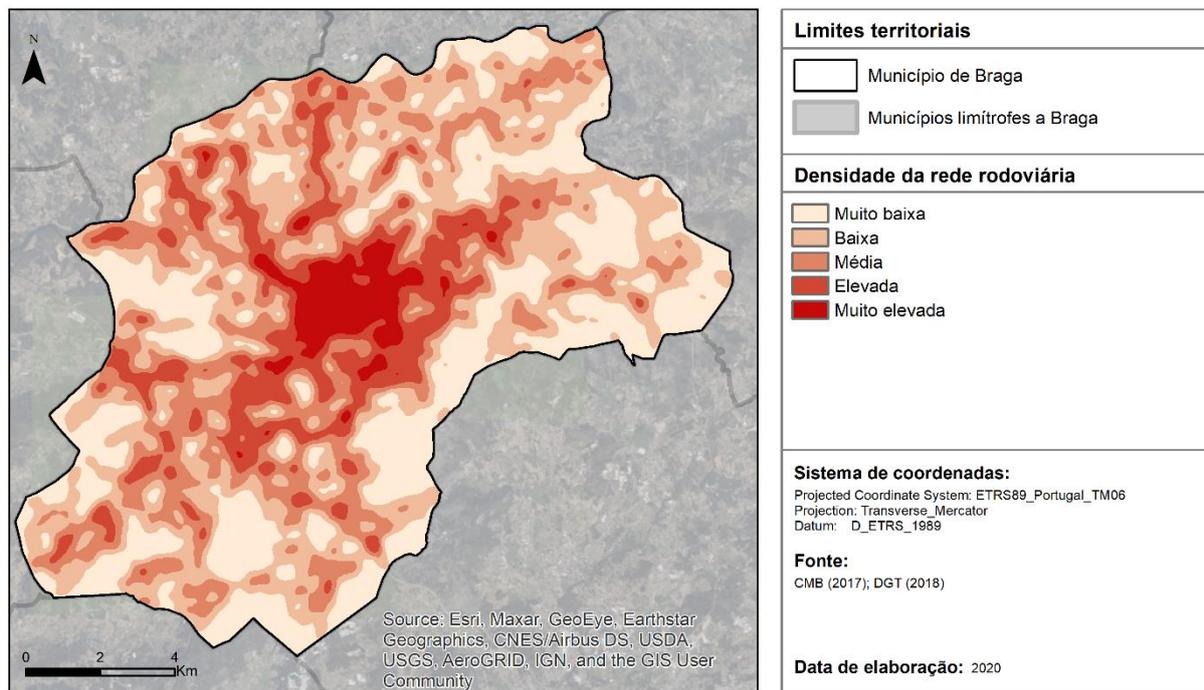


Figura 29: Densidade da rede rodoviária no concelho de Braga em 2017

A densidade rodoviária traduz-se pela relação entre as vias rodoviárias e o território onde se encontram. Apresentada a densidade da rede rodoviária, procedeu-se à reclassificação das suas classes para fazer corresponder aos níveis da escala de risco. Quanto maior for a densidade rodoviária mais concentradas se encontram as vias rodoviárias. Por este motivo, a escala de risco, para este indicador, é estabelecida de forma direta, pois quantas mais vias se verificarem, também mais vias estão expostas ao risco hidrológico (quadro XXIV).

Quadro XXIV: Escala de risco para a densidade rodoviária no concelho de Braga

<b>Indicador</b>	<b>Escala de risco</b>
<b>Densidade rodoviária</b>	<b>Níveis de risco</b>
Muito baixa	Muito baixo
Baixa	Baixo
Média	Médio
Elevada	Elevado
Muito elevada	Muito elevado

Os indicadores, hospitais, farmácias e agentes de proteção civil são representados através de pontos. Posto isto, foi executada a ferramenta *euclidian distance*, pois esta permite calcular, para cada célula, a distância euclidiana até à fonte mais próxima (ESRI, 2020). Seguidamente, estes indicadores foram classificados em 5 classes ordinais através do método de classificação de dados *equal interval*. Este método é utilizado para dividir o intervalo de valores de um atributo em tamanhos iguais (ESRI, 2020). A ferramenta *euclidian distance* foi selecionada em conjunto com o método *equal interval* pois, desta forma, é possível obter uma relação entre a distância destes indicadores, e o território, de modo uniforme, ou seja, estabelecer divisões com o mesmo intervalo de distância, em 5 classes: “muito próximo”, “próximo”, “distante”, “muito distante” e “bastante distante” (figuras 30, 31 e 32).

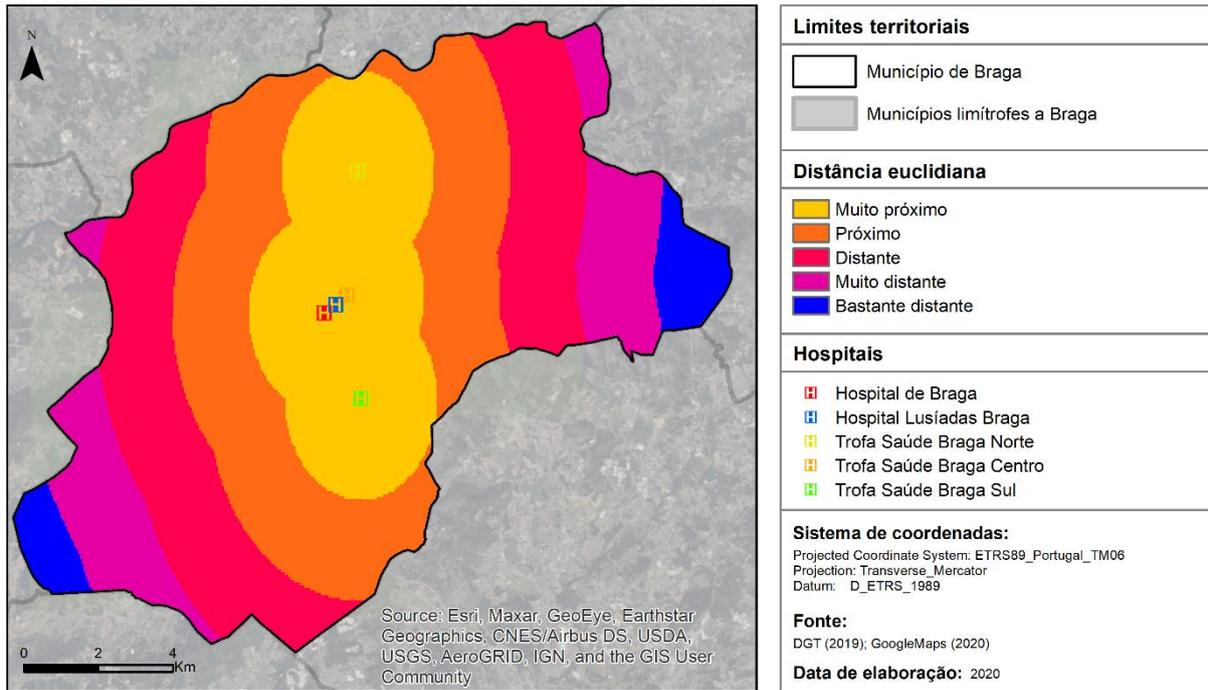


Figura 30: Distância euclidiana aos hospitais do concelho de Braga em 2020

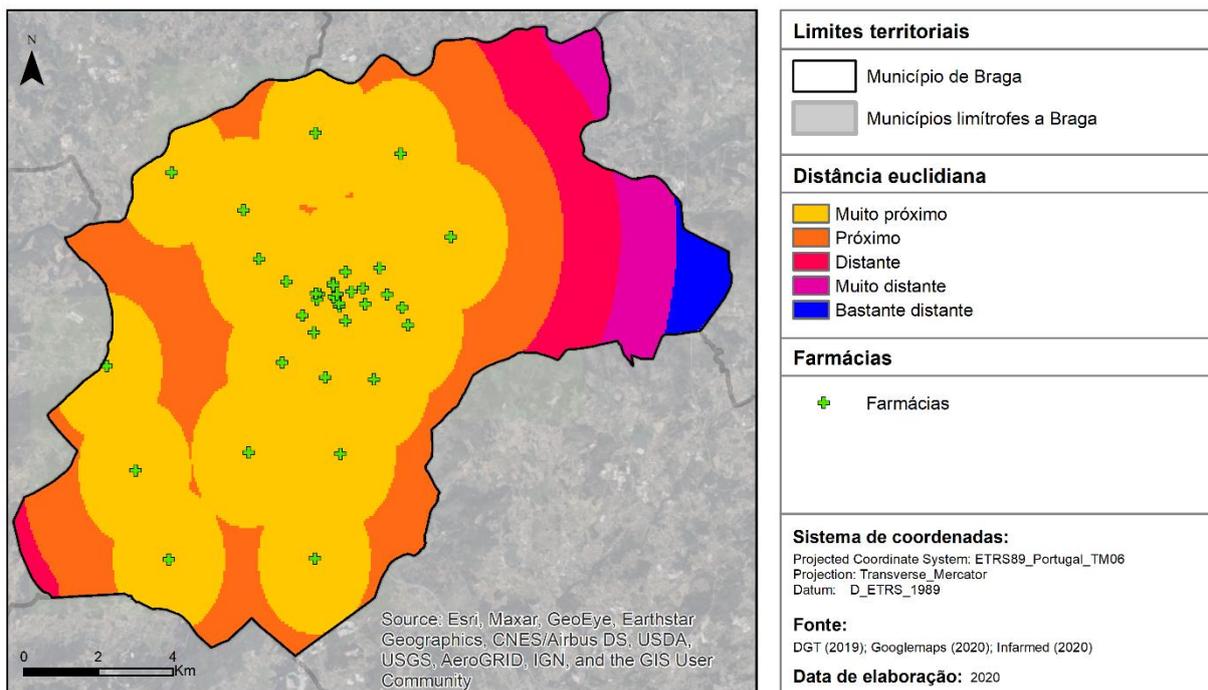


Figura 31: Distância euclidiana às farmácias do concelho de Braga em 2020

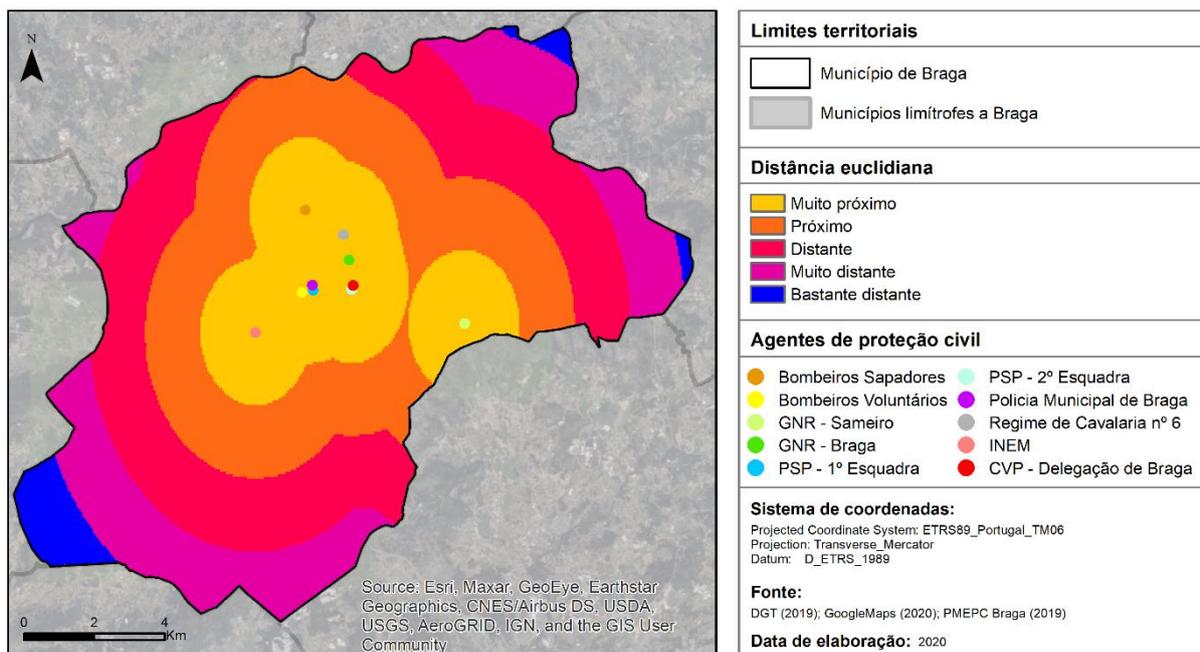


Figura 32: Distância euclidiana aos agentes de proteção civil do concelho de Braga em 2020

De forma a que os hospitais, farmácias e agentes de proteção civil possam prestar o devido auxílio às populações, regra geral, quanto mais distantes estes se encontram, maior será o tempo de resposta, e quanto mais próximos estiverem, menor será o tempo de resposta, influenciando a capacidade de socorro.

Assim, procedeu-se à reclassificação destas classes de forma a que quanto mais próximo, menor será o risco, e quanto mais distante, maior será o risco, de modo a fazer corresponder as classes dos indicadores aos níveis da escala de risco (quadro XXV).

Quadro XXV: Escala de risco para a distância euclidiana aos hospitais, farmácias e agentes de proteção civil no concelho de Braga

<b>Indicador</b>	<b>Escala de risco</b>
<b>Distância euclidiana aos hospitais, farmácias e agentes de proteção civil</b>	<b>Níveis de risco</b>
Muito próximo	Muito baixo
Próximo	Baixo
Distante	Médio
Muito distante	Elevado
Bastante distante	Muito elevado

Com a finalidade de obter uma cartografia de risco hidrológico válida e pertinente, o processo de atribuição de ponderações foi bastante refletido, cuidadoso e paralelamente equilibrado, uma vez que estas influenciam a localização das áreas com diferentes níveis de risco no concelho.

Para a perigosidade pretendeu-se harmonizar os seus subcomponentes de forma a atribuir a ambos, probabilidade e suscetibilidade, a importância de 50%.

Deste modo, o indicador incidência de fenómenos hidrológicos, possui 50% da percentagem total da perigosidade.

No que concerne à suscetibilidade, foi atribuída maior ponderação à densidade da rede hidrográfica, 20%, uma vez que nesta está implícita a génese das cheias e inundações e indiretamente a ocorrência de alagamentos em momentos de precipitação.

Depois seguem-se dois indicadores que se completam por estarem relacionados com a permeabilidade do território.

A ocupação do solo detém uma ponderação de 15%, uma vez que a maior parte dos fenómenos hidrológicos ocorrem nas áreas urbanas que se traduzem por solos impermeáveis. Segundo Teixeira (2005), os fenómenos hidrológicos são sobretudo um problema urbano. Nestas áreas as águas têm dificuldades na infiltração e, portanto, o escoamento superficial é promovido. Segue-se a litologia, uma vez que está relacionada com a permeabilidade das rochas que compõem o território, sendo por isso atribuída a ponderação de 5%.

O relevo, no seu conjunto, segue-se com 10% de ponderação. Este encontra-se subdividido em hipsometria e declives, ambos com 5% de ponderação, uma vez que estes se completam, pois, as cheias, inundações e alagamentos ocorrem simultaneamente em áreas de menor altitude, mas também com menor declive (aplanadas).

A componente exposição, é composta por apenas dois indicadores, nomeadamente os alojamentos e a densidade da rede rodoviária.

Ao número de alojamentos por subsecção estatística foi atribuída a ponderação de 60%. Isto porque para além de representarem uma realidade numérica, também se destinam à habitação dos indivíduos, estando expostos de tal forma que, em caso de ocorrências de fenómenos hidrológicos graves, o lar dos residentes pode ser comprometido, existindo mesmo possibilidade de situações de desalojamento.

No que concerne à densidade da rede rodoviária, optou-se por atribuir 40%. Uma vez que esta foi representada através da utilização de uma ferramenta de geoprocessamento aplicada às linhas da rede rodoviária, não se revela uma realidade absoluta. Por esse motivo atribuiu-se maior ponderação aos alojamentos. Contudo, este indicador também está exposto a fenómenos hidrológicos de tal modo que

podem ocorrer situações que condicionem uma circulação fluída e segura. Sendo que, por isso, estas ponderações não foram muito díspares, visando o equilíbrio.

Relativamente à vulnerabilidade social, também se pretendeu uniformizar os seus subcomponentes de forma a atribuir a ambos, criticidade e vulnerabilidade social, a importância de 50%.

Assim, o indicador correspondente à densidade populacional, possui 50% do total da criticidade.

As ponderações dos indicadores que compõem a capacidade de suporte, foram atribuídas de forma a que os hospitais e os agentes de proteção civil tivessem a mesma importância (20%), uma vez que os hospitais são essenciais para tratar os casos mais graves que comprometam a saúde da população, e os restantes agentes de proteção civil são os responsáveis por prestarem o devido socorro às populações em casos de ocorrência de fenómenos hidrológicos. Já as farmácias dispõem de 10% de ponderação uma vez que complementam, como um apoio, os hospitais, pois para além da dispensa de medicamentos (Leal, 2014), disponibilizam um conjunto de serviços de saúde, permitindo evitar algumas deslocações aos hospitais, possibilitando um melhor funcionamento das urgências (Lisbonph, 2020).

Nesta perspetiva, deve-se dar destaque ao quadro que se segue (quadro XXVI).

Quadro XXVI: Ponderações para a cartografia de risco no município de Braga

<b>Componente</b>	<b>Subcomponentes</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Ponderações (%)</b>	
<b>PERIGOSIDADE</b>	<b>Probabilidade</b>	Incidência de fenómenos hidrológicos	50	
		<b>Suscetibilidade</b>	Ocupação do solo	15
	Litologia		5	
	Relevo		Hipsometria	5
			Declive	5
	Densidade da rede hidrográfica	20		
<b>EXPOSIÇÃO</b>		Alojamentos	60	
		Densidade da rede rodoviária	40	
<b>VULNERABILIDADE SOCIAL</b>	<b>Criticidade</b>	Densidade populacional	50	
	<b>Capacidade de suporte</b>	Distância euclidiana aos hospitais	20	
		Distância euclidiana às farmácias	10	
		Distância euclidiana aos agentes de proteção civil	20	

Depois de estabelecidos todos estes parâmetros, os dados foram inseridos na ferramenta *raster calculator*, do software ArcGis versão 10.6.1. da ESRI, procedendo-se ao cálculo da perigosidade, da exposição e da vulnerabilidade através das seguintes equações (equações 2, 3 e 4).

$$\text{Perigosidade} = (\text{incidência espacial} \times 0.5) + (\text{ocupação do solo} \times 0.15) + (\text{litológia} \times 0.05) + (\text{hipsometria} \times 0.05) + (\text{declive} \times 0.05) + (\text{densidade da rede hidrográfica} \times 0.2)$$

Equação 2: Perigosidade

$$\text{Exposição} = (\text{alojamentos} \times 0.6) + (\text{densidade da rede rodoviária} \times 0.4)$$

Equação 3: Exposição

$$\text{Vulnerabilidade social} = (\text{densidade populacional} \times 0.5) + (\text{distância euclidiana aos hospitais} \times 0.2) + (\text{distância euclidiana às farmácias} \times 0.1) + (\text{distância euclidiana aos agentes de proteção civil} \times 0.2)$$

Equação 4: Vulnerabilidade social

Para os mapas da perigosidade, da exposição e da vulnerabilidade social, o método de classificação de dados adotado foi o *natural breaks* em 5 classes.

Posteriormente, para se obter a cartografia de risco hidrológico, é efetuada a seguinte equação no *raster calculator* (equação 5).

$$\text{Risco hidrológico} = \text{Perigosidade} \times \text{Exposição} \times \text{Vulnerabilidade social}$$

Equação 5: Risco hidrológico

De forma a finalizar a cartografia de risco hidrológico, método de classificação de dados utilizado foi o *quantile*, estabelecido em 5 classes: “muito baixo”, “baixo”, “médio”, “elevado” e “muito elevado”. Neste método cada classe contém um número igual de recursos, não existindo classes vazias ou classes com poucos ou muitos valores (ESRI, 2020).

## 2. CARTA DE PERIGOSIDADE

A carta de perigosidade conjuga os indicadores de incidência espacial de fenómenos hidrológicos, a ocupação do solo, a litologia, a hipsometria, os declives e a densidade da rede hidrográfica (figura 33).

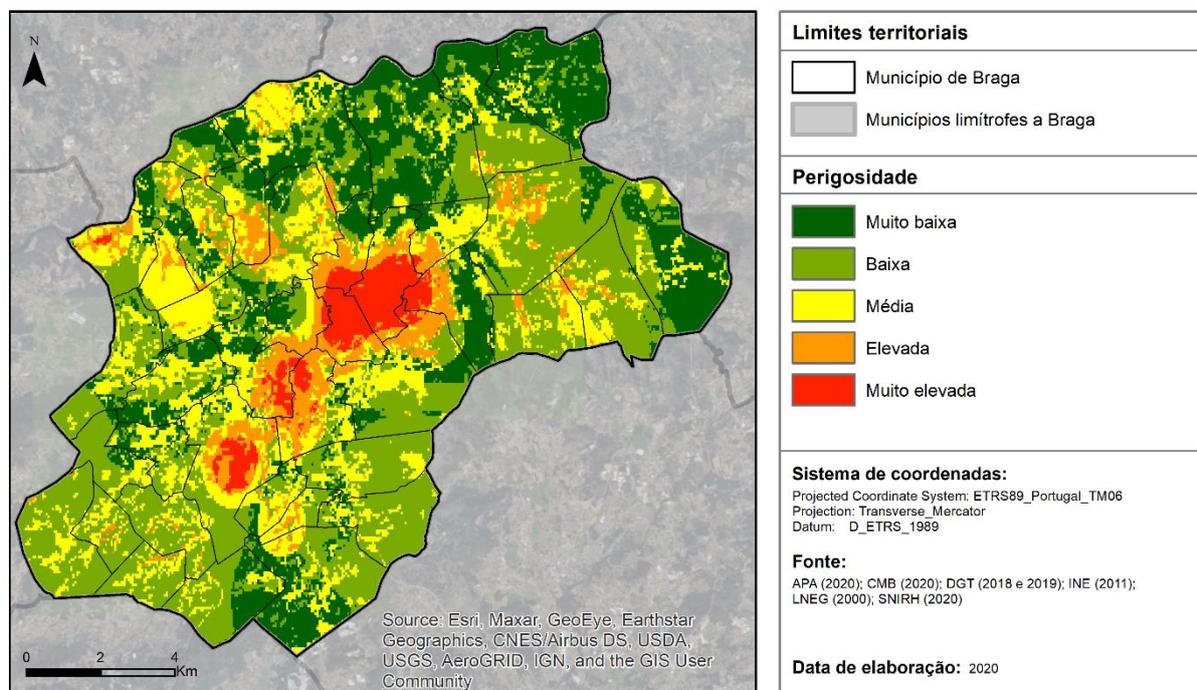


Figura 33: Perigosidade no concelho de Braga

A perigosidade é “muito baixa” sobretudo nas periferia norte; a “baixa” predomina no território e envolve todo centro do concelho; a “média” localiza-se um pouco por todo o concelho, das periferias em direção ao centro; a “elevada” detém a menor área e observa-se principalmente circundando núcleo urbano; a “muito elevada” destaca-se pelo facto de abranger o troço do rio Este corresponde ao centro urbano (quadro XXVII).

Quadro XXVII: Perigosidade no concelho de Braga

Escala	Muito baixa	Baixa	Média	Elevada	Muito elevada
Área (Km <sup>2</sup> )	43,15	73,80	43,26	16,01	7,18
%	23,53	40,24	23,59	8,73	3,92

### 3. CARTA DE EXPOSIÇÃO

A carta de exposição traduz os alojamentos e a densidade da rede rodoviária (figura 34).

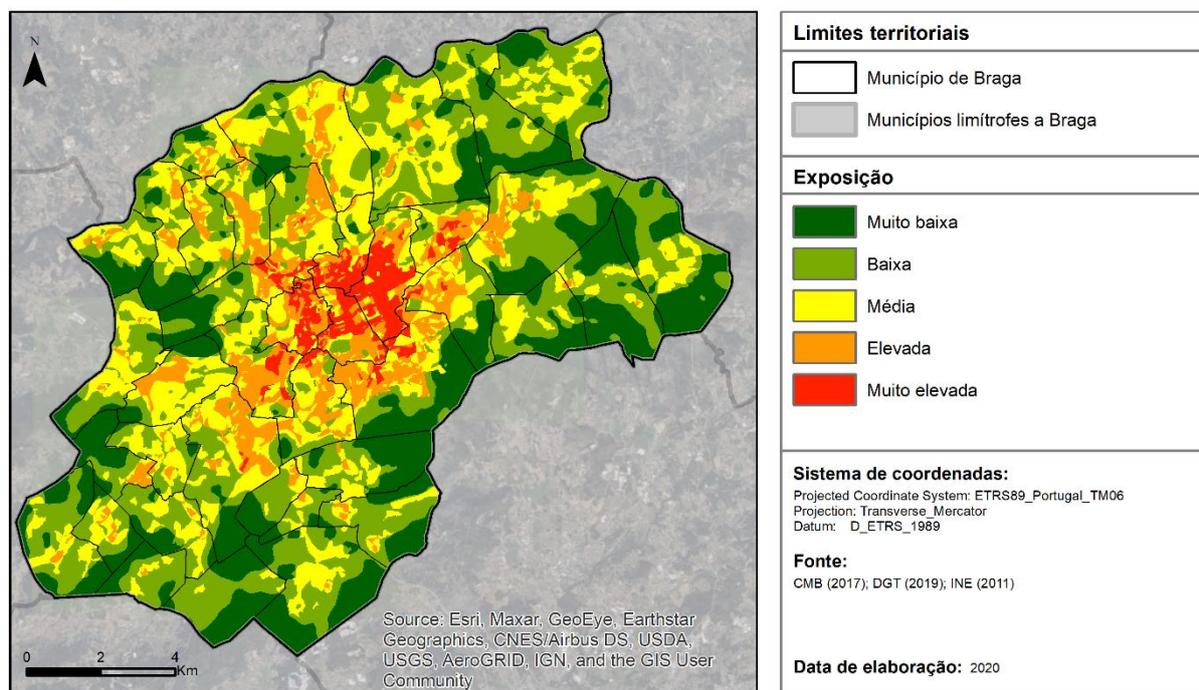


Figura 34: Exposição no concelho de Braga

A exposição “muito baixa” encontra-se nas periferias do concelho; a “baixa” é a que detém maior área envolvendo o centro; a “média” observa-se ao longo de manchas que ligam a periferia do concelho ao seu centro; as “elevadas” rodeiam o centro urbano; as “muito elevadas” concentram-se no centro urbano do território (quadro XXVIII).

Quadro XXVIII: Exposição no concelho de Braga

Escala	Muito baixa	Baixa	Média	Elevada	Muito elevada
Área (Km <sup>2</sup> )	45,75	64,73	46,06	20,23	6,63
%	24,95	35,30	25,12	11,03	3,62

#### 4. CARTA DE VULNERABILIDADE SOCIAL

A carta de vulnerabilidade social conjuga a densidade populacional e a distância euclidiana aos hospitais, às farmácias e aos agentes de proteção civil (figura 35).

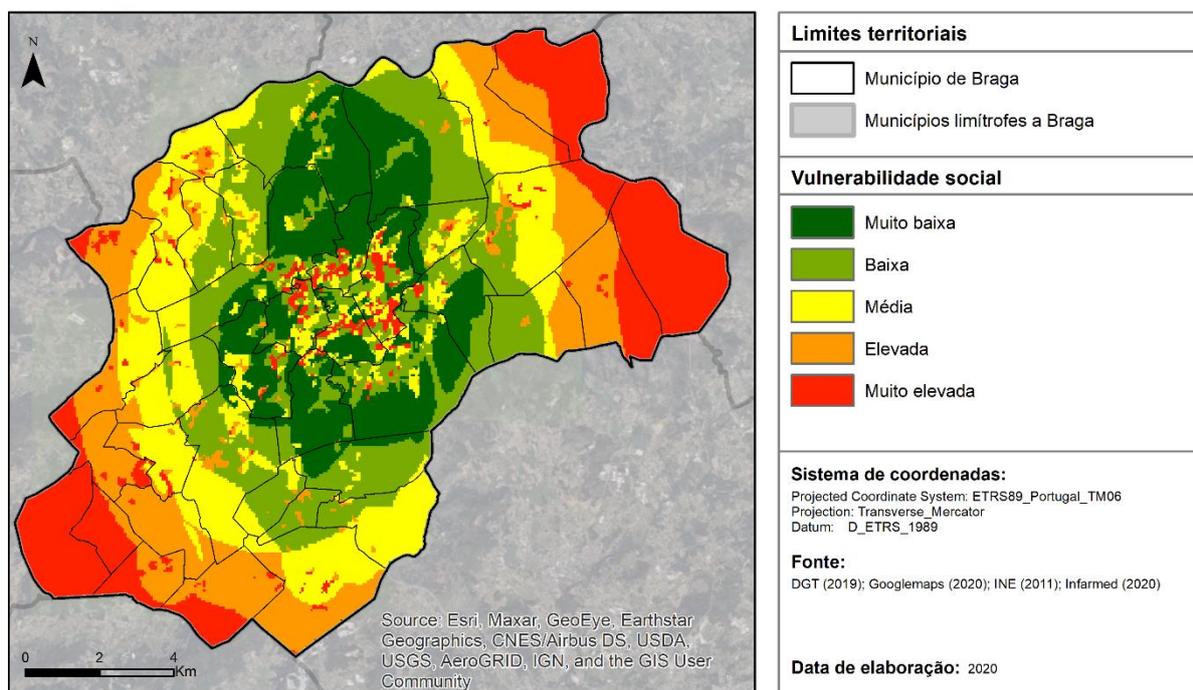


Figura 35: Vulnerabilidade social no concelho de Braga

De forma geral, verifica-se que à medida que nos afastamos do centro do concelho, a vulnerabilidade passa gradualmente de “baixa” a “muito elevada”, isto porque os hospitais, farmácias e agentes de proteção civil estão maioritariamente concentrados no centro do concelho, e quanto mais distante estamos destes serviços de apoio maior será a distância a percorrer e consequentemente maior será o tempo de resposta para prestar a ajuda e o socorro. Contudo, é também no centro deste território que se verifica maior densidade populacional e é por isso que a área urbana apresenta tanto uma vulnerabilidade “baixa”, atenuada devido à proximidade com os elementos referidos anteriormente, mas também “média” e “muito elevada” devido às áreas com maior densidade populacional (quadro XXIX).

Quadro XXIX: Vulnerabilidade social no concelho de Braga

Escala	Muito baixa	Baixa	Média	Elevada	Muito elevada
Área (Km <sup>2</sup> )	21,80	40,65	53,58	34,32	33,05
%	11,88	22,17	29,21	18,71	18,02

## 5. CARTOGRAFIA DO RISCO HIDROLÓGICO

A cartografia de risco hidrológico combina todos os indicadores dos componentes de risco (figura 36).

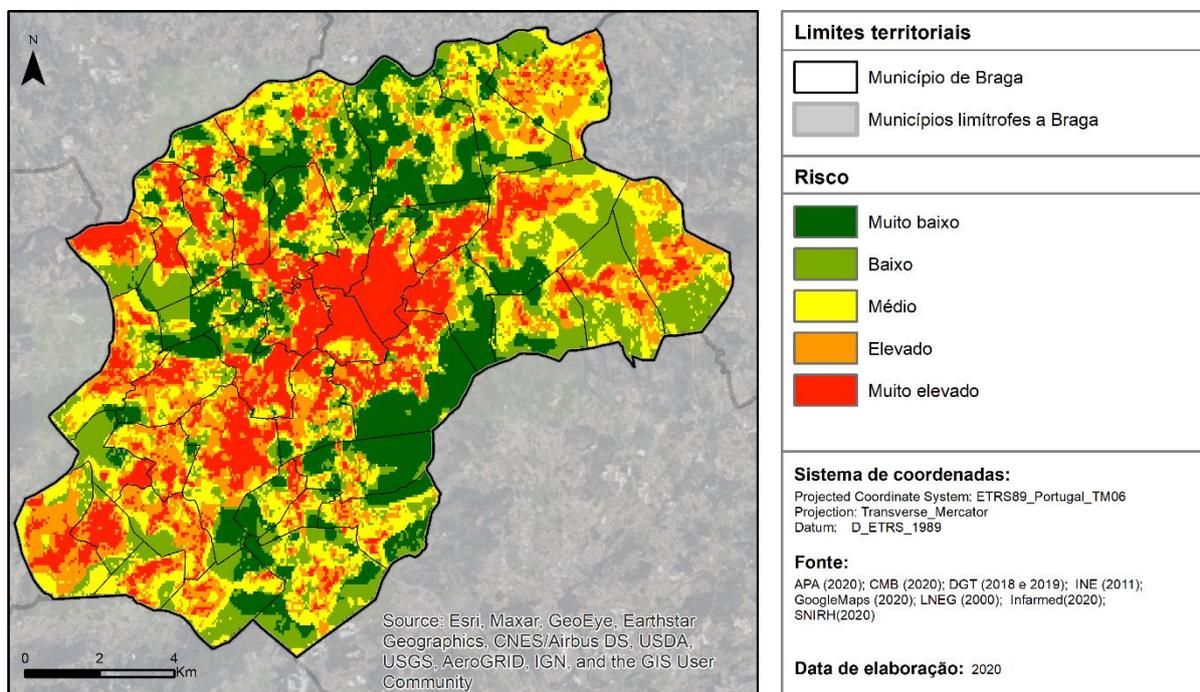


Figura 36: Risco hidrológico no concelho de Braga

A classe de risco “muito baixo” predomina no território e verificam-se grandes áreas sobretudo no setor este, mais precisamente no monte do Sameiro, assim como no setor norte; o risco “baixo” observa-se maioritariamente a sul e a nordeste; as áreas de risco “médio” encontram-se espalhadas por todo o concelho, desde as periferias até ao centro; as áreas de risco “elevado” geralmente envolvem as áreas de risco “muito elevado”; o nível de risco “muito elevado” é o que detém menor área, contudo observa-se uma mancha significativa no território, relacionada com o percurso do rio Este, destacando-se o centro urbano por onde este passa, mas também algumas áreas no setor oeste (quadro XXX).

Quadro XXX: Risco hidrológico no concelho de Braga

Escala	Muito baixa	Baixa	Média	Elevada	Muito elevada
Área (Km <sup>2</sup> )	47,47	36,76	33,63	37,21	28,32
%	25,89	20,04	18,34	20,29	15,44

## PARTE IV – A GESTÃO DO RISCO HIDROLÓGICO NO CONCELHO DE BRAGA

### 1. ÁREAS PRIORITÁRIAS

Uma vez produzida a cartografia de risco hidrológico para o concelho de Braga, é possível identificar os locais deste território com risco:

- muito baixo;
- baixo;
- médio;
- elevado;
- muito elevado.

Nesta lógica, o risco “muito elevado” corresponde ao nível de risco máximo.

Como já observado, segundo a cartografia elaborada, as áreas mais preocupantes coincidem sobretudo ao longo de todo o percurso do rio Este, destacando-se o centro urbano, mas também as áreas localizadas no setor oeste.

Estas áreas necessitam prioritariamente da combinação de medidas de prevenção, mitigação e autoproteção, de modo a evitar danos maiores que resultam em prejuízos elevados para as pessoas, bens e o ambiente, gerindo o risco e contribuindo para um planeamento e ordenamento do território que promova uma melhor qualidade de vida com segurança e uma melhor qualidade do ambiente (figura 37).

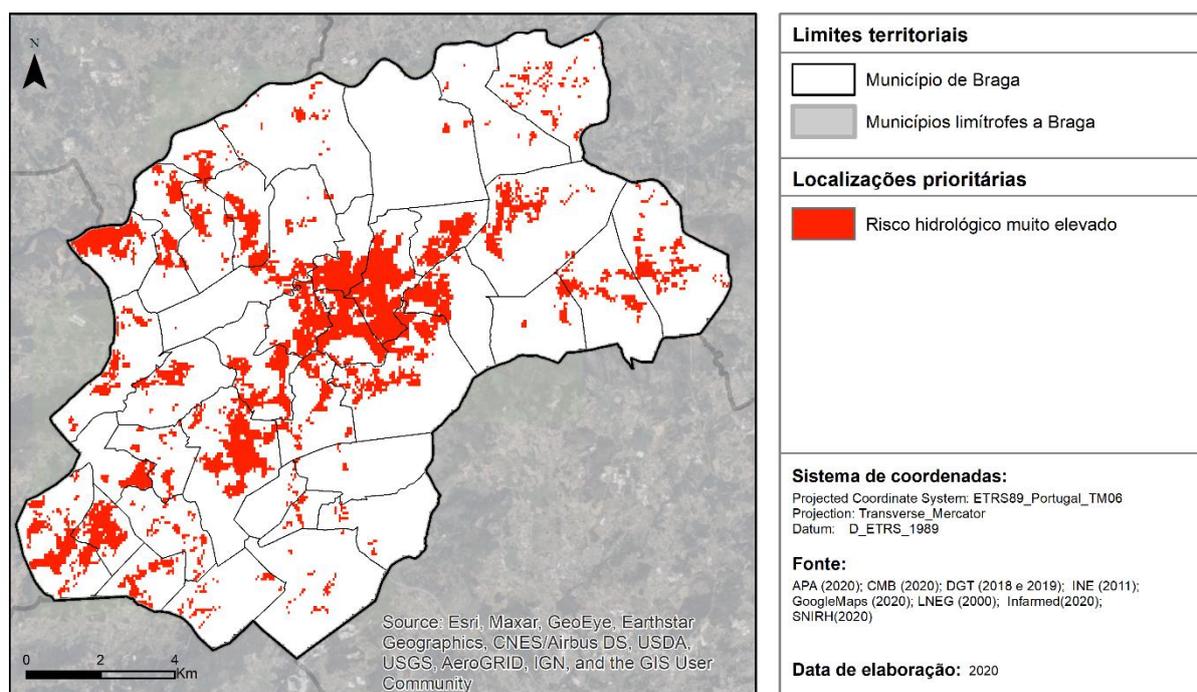


Figura 37: Localizações prioritárias a adotar de medidas de gestão do risco hidrológico

## 2. Sugestão de medidas para a gestão do risco hidrológico

A falta de planeamento urbano é uma realidade, neste território, bastante prejudicial, pois ocasiona danos prejudiciais, quer para o Homem como para o ambiente, decorrentes de fenómenos hidrológicos que se intensificam devido a construções realizadas nas proximidades dos cursos de água, a problemas de infiltração e de poluição. Face a este facto, os cidadãos bracarenses devem ser conscientes em matéria de risco hidrológico e devem ser adotadas estratégias de planeamento, ordenamento e de a gestão do sistema urbano em harmonia com princípios de sustentabilidade e desenvolvimento.

Primeiramente, e sendo o acesso à informação sobre os riscos a que os cidadãos estão sujeitos uma obrigação legal (ANEPC, 2019), as áreas de risco devem ser dadas a conhecer aos mesmos, transmitida de forma espacialmente clara, ou seja, esta medida deve ser concretizada através da respetiva sinalização das áreas de risco<sup>8</sup> com base na cartografia de risco hidrológico elaborada (figura 38).



Figura 38: Sinalização de perigo de “cheia” na Rua Maria Amélia Bastos Leite em Braga

Fonte: GoogleMaps, 2020

<sup>8</sup> Tendo em atenção que a sinalização deve ser cientificamente correta. A Rua Maria Amélia Bastos Leite é sistematicamente noticiada por ser uma área recorrentemente afetada por alagamentos, em termos científicos, e não por cheias como está mencionado no sinal de perigo da figura que se segue.

Seguidamente, uma vez que o risco hidrológico se encontra habitualmente associado à água proveniente da precipitação (Lourenço, 2007), como medida de prevenção, as populações devem estar atentas às informações que o IPMA dá, verificando as previsões de precipitação regularmente caso se encontrem em áreas de risco hidrológico considerável. O concelho de Braga dispõe, para o efeito, de uma estação climatológica designada de Braga – Merlim que permite ao IPMA estabelecer e publicar previsões de 10 dias e previsão horária de probabilidade de ocorrência de precipitação para o concelho em estudo.

Estas informações devem ser reforçadas através dos meios de comunicação social tradicionais, como por exemplo as rádios locais Antena Minho e Universitária do Minho.

Para complementar, a população deve dar a devida relevância aos avisos dados pela proteção civil de Braga, uma vez que estes são cruciais, quer na prevenção como na mitigação e socorro.

A divisão de proteção civil de Braga apresenta como principais funções (CMB, 2020):

- prevenir no território os riscos coletivos e a ocorrência de acidentes graves ou catástrofes deles resultante;
- atenuar na área os riscos coletivos e limitar os seus efeitos no caso das ocorrências descritas na alínea anterior;
- socorrer e assistir no território as pessoas e animais em perigo e proteger bens e valores culturais, ambientais e de elevado interesse público;
- apoiar a reposição da normalidade da vida das pessoas nas áreas do município afetadas por acidente grave ou catástrofe.

As construções próximas das linhas de água são um facto (figura 39 e 40), devendo ser tomadas medidas que passem especialmente pela limpeza das linhas de água de modo a desobstruí-las evitando volumes que levam a cheias e posteriormente inundações, e à identificação dos respetivos proprietários de modo a que estes sejam rapidamente informados em situações de precipitação propícia a fenómenos hidrológicos, e lhes seja prestado o rápido auxílio em caso de ocorrências, prevenindo, mas também mitigando demais danos.

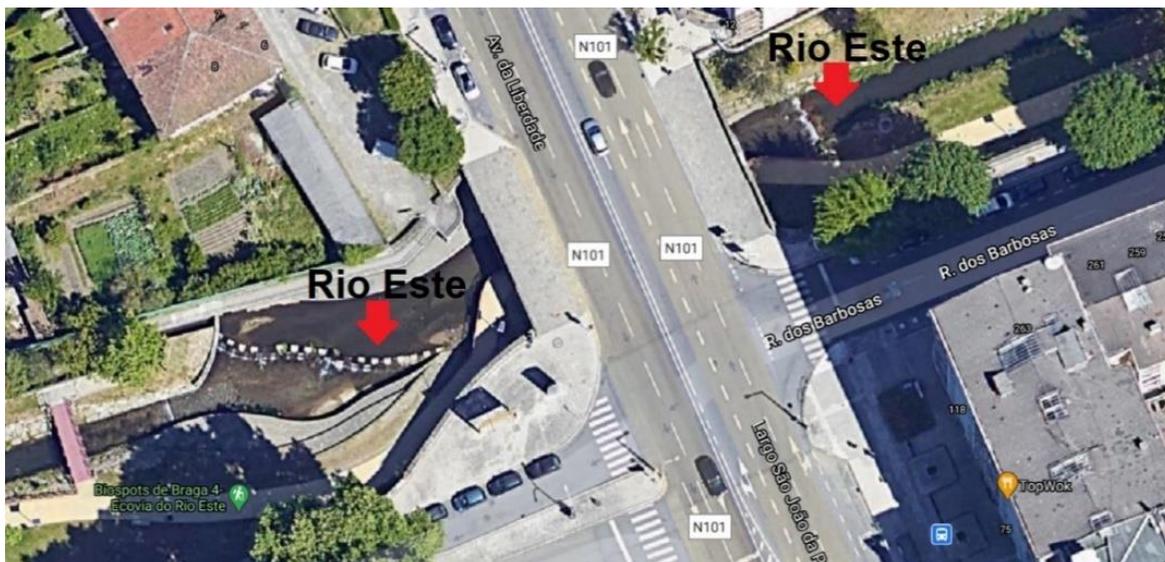


Figura 39: Rio Este junto à Avenida da Liberdade

Fonte:GoogleMaps, 2020



Figura 40: Habitação junto ao rio Este na rua dos Barbosas

Fonte:GoogleMaps, 2020

O aumento das taxas de impermeabilização do solo levou à redução da capacidade de infiltração da água, favorecendo o escoamento superficial, resultando em problemas de drenagem urbana que podem ser atenuados com uma série de medidas que facilitem a infiltração das águas.

Recomenda-se, então, a construção de valas drenantes. A sua configuração linear permite uma fácil e eficaz conciliação com estruturas viárias e edifícios, sendo, por isso, uma técnica que pode ser facilmente aplicada em meio urbano, com declives suaves (Araújo, 2013). Devem ser aplicadas junto a pequenas áreas impermeáveis (Araújo, 2013), como por exemplo longitudinalmente às bermas dos arruamentos

ou estradas, nos separadores centrais das faixas de circulação rodoviária e em áreas pedonais (Leca, 2020) do território bracarense.

Outra sugestão passa pela escolha de materiais de construção permeáveis para a construção de pavimentos, de modo a promover a infiltração. Os pavimentos permeáveis são uma boa técnica alternativa para a gestão das águas pluviais em meio urbano (Lourenço, 2014), uma vez que reduzem a área impermeável que por sua vez reduz o escoamento superficial e conseqüentemente a ocorrência de fenómenos hidrológicos. Apesar destes pavimentos apresentarem melhor desempenho em áreas planas, têm uma aplicação muito versátil, podendo ser aplicados em arruamentos com baixa intensidade de tráfego, em parques de estacionamento, em praças e em passeios pedonais ou circuláveis (Lourenço, 2014) do concelho de Braga.

Propõe-se também a construção de coberturas verdes ou ajardinadas, dado que estas constituem um elemento importante na transformação em ambientes urbanos mais sustentáveis (Lourenço, 2014). Para além de reterem a água e minimizarem problemas hidrológicos, promovem a melhoria da qualidade do ar, a diminuição do ruído e da biodiversidade (Associação Nacional de Coberturas verdes, 2020).

Estas podem ser perfeitamente aplicadas em edifícios residenciais, de serviços, industriais ou comerciais e nas coberturas de parques de estacionamento subterrâneos (Lourenço, 2014), do concelho de Braga. Devido aos problemas associados à poluição, devem-se considerar mais algumas medidas específicas. Deve-se incitar à limpeza das linhas de água em todo o troço que corresponde ao rio Este, uma vez que este passa pelo centro urbano do concelho de Braga, podendo levar a situações mais críticas a jusante pela acumulação de sedimentos. Lembrando que esta medida deve ser executada com a orientação da APA (Lei da água, nº5 do artigo 33º da Lei 58/2005 de 29 de dezembro, na sua redação atual). Para complementar, deve-se fomentar à limpeza regular dos resíduos que se encontram acumulados nas sarjetas, sumidouros e outros escoadouros existentes para garantir o seu bom funcionamento, corrigindo simultaneamente os efeitos negativos da impermeabilização do solo. Em Braga, esta medida de prevenção deve ser aplicada sobretudo nos túneis, uma vez que estes ficam frequentemente alagados aquando se dão precipitações contínuas e prolongadas ou concentradas, mas também deve ser aplicada nos terraços e quintais, assim como nas imediações das habitações localizadas em áreas mais baixas e planas.

O risco hidrológico é uma realidade neste território que se verifica através da cartografia elaborada, mas, através desta, foi também possível identificar as áreas de risco “muito baixo” que, naturalmente, correspondem às áreas mais seguras (figura 41).

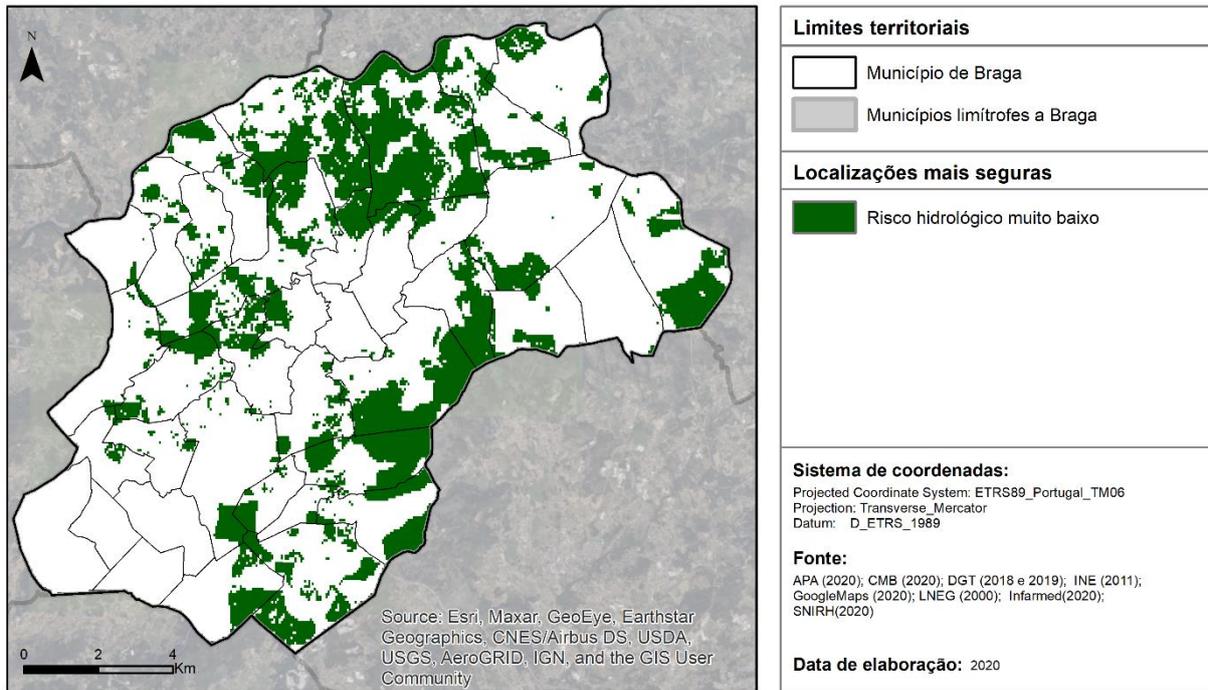


Figura 41: Localizações mais seguras para a preparação de instalações

Estas áreas correspondem sobretudo à periferia do setor este e ao setor norte. Sugere-se assim a preparação, nestas áreas, de instalações para acomodar a população de forma segura e tranquila após uma eventual evacuação em casos graves associados aos fenómenos hidrológicos.

## **CONCLUSÃO**

O risco é uma realidade da vida, que se traduz por uma multiplicidade de situações que afetam o ser humano e o ambiente. Com efeito, uma vez que o “risco zero não existe”, controlá-lo tornou-se nos dias de hoje um ato normal, imprescindível numa governação adequada. Cabe, portanto, ao Homem gerir o risco.

Como constatado, o risco hidrológico é tipificado como um risco natural, também com várias causas antrópicas associadas, apresentando incidência no concelho de Braga. Neste território, os danos relacionados com este são a vários níveis, ambientais, sociais e económicos, interferindo sobretudo de forma negativa no seu desenvolvimento.

Posto isto, o objetivo principal desta dissertação consistiu em desenvolver uma metodologia para a elaboração de uma cartografia de risco hidrológico, tendo em vista identificar as áreas de risco mais problemáticas e assim sugerir medidas de gestão, contribuindo consequentemente para um planeamento e ordenamento do território que promova uma melhor qualidade de vida com segurança e uma melhor qualidade do ambiente.

Naturalmente esta metodologia foi pensada e refletida de forma ponderada e cuidada, tendo em apreciação estudos anteriores e fontes de informação que versam sobre o risco hidrológico, sendo posteriormente adaptada ao concelho de Braga, para que os resultados fossem os mais claros e reais possíveis. Consequentemente, a cartografia foi baseada num modelo que compreende três componentes de risco, a perigosidade, a exposição e a vulnerabilidade social, que se traduzem por um conjunto, devidamente selecionado, de particularidades naturais, humanas e mistas, que influenciam a materialização do risco hidrológico.

Realizada a cartografia de risco hidrológico para o concelho de Braga, foi possível constatar que todo o território apresenta risco hidrológico com diferentes níveis: “muito baixo”, “baixo”, “médio”, “elevado” e “muito elevado”.

O nível de risco “muito baixo” predomina e corresponde a cerca de um quarto do concelho de Braga; o risco “elevado” e o risco “baixo”, seguem-se correspondendo, cada um, a aproximadamente 20%; o risco “médio” representa 18%; por fim o risco “muito elevado” corresponde a 15%.

Apesar das áreas de risco hidrológico “muito elevado” deterem a menor percentagem, esta representa cerca de  $28\text{Km}^2$  de área mais problemática face aos fenómenos associados, sendo por isso áreas que requerem uma atenção especial.

Estas áreas verificam-se de forma contínua entre as freguesias, não apresentando barreiras às mesmas, contudo é importante evidenciá-las no sentido de se ter uma noção espacial do risco. São, portanto, de salientar as áreas correspondentes:

- a todo o troço do rio Este:
  - a montante: a união de freguesias de Este (São Pedro e São Mamede), a freguesia de Gualtar, a união de freguesias de Nogueiró e Tenões;
  - na área urbana: a freguesia de São Vítor, a freguesia de São Vicente, a união de freguesias de São José de São Lázaro e São João do Souto, a união de freguesias de Maximinos, Sé e Cividade;
  - a jusante: a união de freguesias de Ferreiros e Gondizalves, a união de freguesias de Cealirós, Aveleda e Vimieiro, a freguesia de Ruilhe e a união de freguesias de Arentim e Cunha.
- ao setor oeste do concelho é de destacar a freguesia Padim da Graça junto ao rio Cávado e em algumas áreas da união de freguesias de Cabreiros e Passos (São Julião), a freguesia Mire de Tibães, a união de freguesias de Merelim (São Paio), Panoias e Parada de Tibães, a união de freguesias de Merelim (São Pedro e Frossos) e a união de freguesias de Real, Dume e Semelhe.

De um modo geral, foi verificado que as áreas de risco “muito elevado” estão simultaneamente relacionadas com a localização dos cursos de água, com as altitudes baixas e declives suaves, com a ocupação do solo correspondente ao tecido artificializado, com as áreas que possuem maior densidade populacional e conseqüentemente com maior número de alojamentos e com as áreas com uma rede rodoviária mais densa, sendo também, por isso, estas as áreas com mais incidência espacial.

Posto isto, os problemas inerentes aos fenómenos hidrológicos estão associados às características do meio natural, mas também muito se deve às ações do Homem, sobretudo relacionadas com a falta de planeamento urbano, que se traduz em problemas decorrentes das construções nas proximidades dos cursos de água, da infiltração e da poluição.

Numa tentativa de gerir o risco hidrológico no concelho de Braga, foram sugeridas uma série de medidas específicas para as áreas mais problemáticas e, portanto, prioritárias, que passam quer pela prevenção como pela minimização dos danos associados.

Nesta lógica, as medidas passam pela consciência dos cidadãos bracarenses em matéria de risco hidrológico e por estratégias de planeamento, ordenamento e de a gestão do sistema urbano em conciliação com princípios de sustentabilidade e desenvolvimento.

A população tem tanto o dever de prestar atenção às informações e aos avisos prestados pelas entidades responsáveis, como o direito ao conhecimento das áreas de risco hidrológico no território, que deve ser concretizado através da respetiva sinalização nas áreas de risco “muito elevado”.

Os danos causados por fenómenos hidrológicos nas construções próximas aos cursos de água, podem ser atenuados através da limpeza das respetivas linhas de água assim como a identificação dos proprietários, para que estes sejam informados em situações de precipitações propícias a fenómenos hidrológicos e lhes seja prestado um rápido auxílio em caso de ocorrência dos mesmos.

O problema da infiltração está sobretudo associado á ocupação do solo correspondente a territórios artificializados, que se caracterizam por serem muito impermeáveis, não permitindo a infiltração das águas e favorecendo o escoamento superficial. Desta forma, é sugerida a construção de valas drenantes, de coberturas verdes ou ajardinadas e optar por pavimentos permeáveis de modo a promover a infiltração das águas.

Relativamente ao problema da poluição, recomenda-se a limpeza das linhas de água assim como a limpeza regular de sarjetas, de sumidouros e outros escoadouros.

Por fim, uma vez que o risco hidrológico é uma realidade bem visível neste território, propôs-se a preparação de instalações para receber a população, em caso de situações graves, nos locais considerados mais seguros, nomeadamente com um risco “muito baixo”.

É essencial que, no futuro, a gestão do risco seja participativa, contínua e objetiva, relacionando-a com questões de planeamento e ordenamento de forma a que seja melhorada a qualidade de vida da população assim como a qualidade do ambiente.

Ao longo do desenvolvimento deste estudo, surgiram algumas dificuldades. Coincidindo a realização deste trabalho com a pandemia COVID-19, tal facto limitou o trabalho de campo, bem como a interação com algumas instituições. Relativamente às notícias, é de referir a falta de coerência relativamente aos termos científicos de cheia, inundação e alagamentos, sendo muitas vezes confundidas as cheias com inundações e vice-versa. No caso dos alagamentos, estes nem sequer são referidos como tal, na maioria dos casos são identificados como inundações.

Este modelo de risco hidrológico é apenas uma proposta inicial. No futuro pretende-se dar continuidade a esta investigação de forma a preencher lacunas, melhorando e completando a informação existente, tornando-o mais preciso. Consequentemente pretendo validá-lo para que seja possível aplicá-lo também a outros concelhos, uma vez que a cartografia de risco é um importante instrumento de apoio ao planeamento e ordenamento do território.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aboo V. C. (2013). *Consumo de Águas Minerais Naturais e de Nascente - Causas e Impacte para o Meio Ambiente: Estudo de Caso da Cidade de Nampula, 2009-2011*. Dissertação de mestrado para a obtenção do grau de mestre em Ciências e Tecnologia do Ambiente. Universidade do Porto. Porto, Portugal.
- Agência Portuguesa do Ambiente (2014). *Guia de apoio sobre a titularidade dos Recursos Hídricos*.
- Agência Portuguesa do Ambiente (2019). *Avaliação Preliminar dos Riscos de Inundação, Região Hidrográfica do Cávado, Ave e Leça – RH2*.
- Almeida, A. B. (2014). *Gestão do risco e da incerteza: conflitos e filosofia subjacente*.
- Alonso, J. M.; Guerra, C. A. B. M.; Martins, I. P. O.; Arnaud-fassetta, G.; Marques, A.; Costa, F. S. (2014). *Risco de cheia e inundação: exposição na zona da ribeirinha de Ponte de Lima*. Territorium, volume 21, pp: 33-48.
- Araújo, I. M. G. (2013). *Estratégias de mitigação do risco de cheia aplicadas ao estudo de caso da ribeira da Laje no concelho de Oeiras*. Dissertação de mestrado para a obtenção do grau de mestre em Arquitetura paisagista. Universidade do Porto. Porto. Portugal.
- Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (2019). *Plano Nacional de Emergência e Proteção Civil*.
- Autoridade Nacional de Proteção Civil (2009a). *Boletim mensal (março) da Autoridade Nacional de Proteção Civil. n° 12*.
- Autoridade Nacional de Proteção Civil (2009b). *Caderno Técnico Prociv #9 - Guia técnico para a caracterização de risco no âmbito da elaboração de Planos de Emergência de Proteção Civil*.
- Autoridade Nacional de Proteção Civil (2011). *Publicação mensal (outubro) da Autoridade de Proteção Civil n°45*.
- Ayach, L. R.; Lima Guimarães, S., T.; Cappi, N.; Ayach, C. (2012). *Saúde, saneamento e percepção de riscos ambientais urbanos*. Caderno de Geografia, volume 22, número 37, pp: 47-64.
- Beck, U. (1992). *Risk society: Towards a new modernity*. Sage publications, volume 17, pp: 183
- Belo, J. P. R. (2012). *Os SIG aplicados à análise do risco de inundação progressiva do Rio Tejo, entre Belver e Vila Nova da Barquinha, Região do Médio Tejo*. Dissertação de mestrado para a obtenção do grau de mestre em sistemas de informação geográfica. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real. Portugal.
- Bichançã, M. D. F. (2006). *Bacias de retenção em zonas urbanas como contributo para a resolução de situações extremas: cheias secas*. Dissertação de mestrado para a obtenção do grau de mestre em vias de comunicação. Universidade do Porto. Porto, Portugal.
- Bitencourt, V. J. B.; Dillenburg, S. R.; Barboza, E. G.; Manzolli, R. P.; Caron F. (2016). *Geomorfologia e arquitetura deposicional de uma planície de cordões litorâneos na margem NE da Lagoa dos Quadros, RS, Brasil*. Pesquisas em Geociências, volume 43, número 3, pp: 249-269.
- Bonacci, O.; Ljubenkov, I.; Roje-Bonacci, T. (2006). *Karst flash floods: an example from the Dinaric karst (Croatia)*. Natural Hazards and Earth System Science, volume 6, número 2, pp: 195-203).
- Câmara Municipal de Braga (2001). *Relatório da Avaliação da Execução do PDMB*.
- Câmara Municipal de Braga (2014). *Revisão do PDMB – Relatório dos estudos temáticos*.
- Câmara Municipal de Braga (2014). *PDMB – Estudos temáticos - Carta de risco de cheias e inundações*.
- Câmara Municipal de Braga (2015). *Revisão do PDMB - Avaliação Ambiental Estratégica – Relatório*.
- Carmo, B. F. S., (2018). *Cheias e inundações no vale da Vilarça (Torre de Moncorvo): Áreas inundáveis, danos causados em áreas agrícolas e gestão do risco*. Dissertação de mestrado para a obtenção do grau de mestre em riscos, cidades e ordenamento do território. Universidade do Porto. Porto. Portugal.
- Comissão Nacional De Proteção Civil (2019). *Avaliação Nacional de Risco*
- Correia, P. V. J. (2016). *A dominialidade dos leitos e margens no novo quadro legal do domínio público hídrico*. Dissertação de mestrado para a obtenção do grau de mestre em direito administrativo. Universidade do Minho. Braga. Portugal.

Costa, F. S. (2013) *O tema das cheias e inundações na obra de Fernando Rebelo: contributos de um geógrafo para a teoria dos riscos*. pp: 81-87.

Costa, F. S.; Lourenço, L.; Ferreira, C.; & Gouveia, M. (2014). *Medidas preventivas na gestão integrada do risco de inundação em Portugal: o planeamento participativo e o papel das comunidades locais*. Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança. Multidimensão e territórios de risco.

Dagnino, R. S.; Junior, S. C. (2007). *Risco ambiental: conceitos e aplicações*. CLIMEP-Climatologia e Estudos da Paisagem, volume 2, número 2, pp: 50–87.

Daveau, S. (1985). *Mapas climáticos de Portugal. Nevoeiro e nebulosidade. Contrastes térmicos. Memórias do centro de estudos geográficos*. Número 7.

Direção Geral do Território (2019). *Especificações técnicas da Carta de Uso e Ocupação do Solo (COS) de Portugal Continental para 2018. Relatório Técnico*.

Faugères, L. (1990). *La dimension des faits et la théorie du risque. Le Risque et la Crise*. Pp: 31-60.

Faugères, L. (1991). *La géo-cindynique, géo-science du risque (Geo-cindynics, a science of risk management)*. Bulletin de l'Association de Géographes français, volume 68, número 3.

Fernandes, M. J. P. (2009). *Riscos no Concelho da Ribeira Brava movimentos de vertente cheias rápidas e inundações*. Dissertação de mestrado para a obtenção do grau de mestre em dinâmicas sociais. Faculdade de economia. Coimbra, Portugal.

Ferreira, N.; Dias, G.; Meireles, C. A. P.; & Braga, M. A. S. (2000). *Notícia Explicativa da folha 5-D (Braga)*. Instituto Geológico e Mineiro.

Frias, R. M. A. C. (2013). *Prevenção e análise de riscos naturais - A articulação entre os Planos Diretores Municipais e os Planos Municipais de Emergência*. Dissertação de mestrado para obtenção do grau de mestre em urbanismo e ordenamento do território. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa. Portugal.

Galvani, E.; Lima, N. G. B.; Falcão, R. M. (2010). *Ocorrência de inversão térmica no perfil topoclimático do pico da bandeira, parque nacional do alto Caparaó, Brasil*. Departamento de Geografia. Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil. Seminário Latino Americano de Geografia Física.

Gaspar, T. C. F. (2013). *Modelos de apoio à decisão para gestão de riscos de cheias em bacias hidrográficas urbanizadas*. Dissertação de mestrado para a obtenção de grau de mestre em engenharia do Ambiente. Técnico de Lisboa. Lisboa. Portugal.

CMB (2018). *Plano Municipal de Emergência e Proteção Civil – Parte I - Enquadramento Geral do Plano*. Geoatributo, pp: 11.

Gomes, C. A. (2012). *A gestão do risco de catástrofe natural - Uma introdução na perspetiva do direito internacional. Direito(s) das catástrofes naturais*.

Guimarães, R. C.; Rodrigues, C. M., & Shahidian, S. (2017). *Hidrologia Agrícola*. Universidade de Évora e ICAAM. 2ª edição, pp: 5-21.

Inácio, M. (2010). *A promoção de uma cultura de segurança nos alunos do ensino básico: um estudo de caso nos segundo e terceiro ciclos*. Dissertação para a obtenção do grau de mestre em dinâmicas sociais, riscos naturais e tecnológicos. Universidade de Coimbra. Coimbra, Portugal.

Instituto Nacional de Estatística. (2018). *Anuário Estatístico da Zona Norte*.

Julião, R. P.; Nery, F.; Ribeiro, J. L.; Branco, M. C.; Zêzere, J. L. (2009). *Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal*. Autoridade Nacional de Protecção Civil, Direcção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano, Instituto Geográfico Português, pp: 20-22.

Knight, F. H. (1921). *Risck, uncertainty and profit*. Houghton Mifflin, volume 31.

Leal, M. A. N. A. (2014). *O Farmacêutico em Farmácia Comunitária Experiência Pessoal e Profissional. Relatório para a obtenção do grau de mestre em ciências farmacêuticas*. Universidade da Beira Interior. Covilhã. Portugal.

- Lima, L. M. M. (2010). *Mapeamento da suscetibilidade à inundação na bacia hidrográfica do Arroio do Salso, Porto Alegre-RS*. Disserta o para a obten o do grau de mestre em geografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Brasil.
- Lourenço, L. (1988). *Caderno de trabalhos práticos de geografia física*. Universidade de Coimbra, pp: 101-119.
- Lourenço, L. (2003). *Análise de riscos e gestão de crises. O exemplo dos incêndios florestais*. Territorium., volume 10, pp: 89-100.
- Lourenço, L. (2007). *Riscos naturais, antrópicos e mistos*. Territorium, volume 14, pp: 109-113.
- Lourenço, L.; Amaro, A. (2018). *Riscos e Crises: da teoria   plena manifesta o*. Imprensa da Universidade de Coimbra. Coimbra University Press, volume 6.
- Lourenço, L.; Souza, K. R. G. (2015). *A evolu o do conceito de risco   luz das ciências naturais e sociais*. Territorium, volume 22, páginas 31-44.
- Lourenço, R. (2014). *Sistemas urbanos de drenagem sustentáveis*. Disserta o de mestrado para a obten o do grau de mestre em Engenharia Civil. Instituto Politécnico de Coimbra. Coimbra. Portugal.
- Martins, P. M. F. (2013). *Sistema de previsão e alerta de cheias e inunda es*. Disserta o de mestrado para a obten o do grau de mestre em Engenharia Civil, Universidade do Minho. Guimarães. Portugal.
- Mendes, J. M.; Tavares, A. O.; Cunha, L.; Freiria, S. (2011). *A vulnerabilidade social aos perigos naturais e tecnológicos em Portugal*. Revista Crítica de Ciências Sociais, volume 93, pp: 95-128.
- Naughton, O.; McCormack, T.; Gill, L.; Johnston, P. (2020). *Geological Society*. London, Special Publications, volume 466, número 1, pp: 397-410.
- Nunes, A; Almeida, A. C.; Nolasco, C. (2013). *Educa o para o Risco: contributo da Geografia no 3.   ciclo do Ensino Básico. Riscos naturais, antrópicos e mistos. Homenagem ao Professor Doutor Fernando Rebelo*. Universidade de Coimbra, pp 143-153.
- Oliveira, D. A.; Fontoura, S. A. B. (2019). *Simula o da opera o de fraturamento hidráulico em forma es de xisto*. Geociências, volume 38, número 4, pp: 1064 – 1072.
- Panizza, M. (1990). *Geomorfologia applicata. Metodi di applicazione alla Pianificazione territoriale e alla Valutazione d'Impatto Ambientale*. La Nuova Italia Scientifica.
- Pereira, S.; Santos, P.P.; Zêzere, J. L.; Reis, E.; Santos, M.; Garcia, R.; Oliveira, S.; Rocha, J. Fragoso, M.; Vaz, T.; Meneses, B.; Rilo, A.; Bateira, C (2019). *Perfis municipais de risco a cheias e inunda es para aplica o ao ordenamento do território em Portugal continental*. Apresenta o em Lisboa no Encontro ciência '19.
- Pinheiro, J. (2012). *Medidas de Autoprote o de Segurança Contra Incêndio em Edifícios*. Volume 1 – Organiza o Geral: Autoridade Nacional de Protec o Civil.
- Queirós, M.; Vaz, T.; Palma, P. (2006). *Uma reflexão a propósito do risco*. Centro de Estudos Geográficos.
- Ramos, C. (2013). *Perigos naturais devidos a causas meteorológicas: o caso das cheias e inunda es*. Centro de Estudos Geográficos. *Engineering and Technology Journal*, pp: 11-16.
- Rebelo, F. (1992). *O Relevo de Portugal: uma introdu o*. Inforgeo, volume 4, pp: 17-35.
- Rebelo, F. (1996). *Alguns livros recentes sobre riscos, perigos e crises*. Territorium, volume 3, pp: 61-64.
- Rebelo, F. (1997). *Risco e crise nas inunda es rápidas em espaço urbano: Alguns exemplos portugueses analisados a diferentes escalas*. Territotium, volume 4, pp: 29-47.
- Rebelo, F. (1999). *A teoria do risco analisada numa perspectiva geográfica*. Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, número 18 pp: 3-13.
- Rebelo, F. (2001). *Terceira edi o de um clássico sobre riscos*. Territorium, número 8.
- Rebelo, F. (2003). *Riscos naturais e ac o antrópica: estudos e reflexões*. Imprensa da Universidade de Coimbra, University Press, 2   edi o.
- Ribeiro, O. (1993). *Portugal, o Mediterrâneo e o Atlântico*. Edi es João S  da Costa, 1   edi o.

- Ribeiro, V. (2004). *Cartografia Automática De Riscos Hidrológicos - Aplicada ao Concelho de Braga*. Universidade do Minho, Portugal, Guimarães.
- Rodrigues, A.; Barata, I. (2013). *Geografia A 10º ano*.
- Rodrigues, D. S. (2012). *Sistemas de Informação Geográfica Conceitos básicos*.
- Sá, L.; Almeida, M.; Freire, P.; Tavares, A. (2016). *Gestão do Risco de Inundação. Documento de Apoio a Boas Práticas*. Autoridade Nacional de Proteção Civil/ Plataforma Nacional para a Redução do Risco de Catástrofes.
- Santos, P. P. (2015). *Cheias e inundações: Avaliação, impactos e instrumentos para a gestão do risco*. Tese elaborada para a obtenção do grau de doutor no ramo de doutoramento em território, risco e políticas públicas. Universidade de Lisboa. Instituto de Geografia e Ordenamento do Território. Lisboa, Portugal.
- Santos, P. P.; Pereira, S.; Reis, E.; Zêzere, J.; Garcia, R.; Oliveira, S.; Santos, M. (2019a). *Aplicação de um processo de análise hierárquica para a avaliação municipal da suscetibilidade a cheias rápidas em Portugal Continental*. Água e Território.
- Santos, P. P.; Pereira, S.; Zêzere, J. L.; Tavares, A. O.; Reis, E.; Garcia, R. A.; Oliveira, S. C. (2020). *A comprehensive approach to understanding flood risk drives at the municipal level*. Journal of Environmental Management.
- Santos, P. P.; Pereira, S.; Zêzere, J. L.; Tavares, A. O.; Reis, E.; Garcia, R. A. C.; Oliveira, S. C. (2019b) Índice municipal de risco de cheia para Portugal. Apresentação em Guimarães no XII Congresso da Geografia Portuguesa.
- Santos, P.P.; Reis, E.; Pereira, S.; Santos, M. (2019c). *A flood susceptibility model at the national scale based on multicriteria analysis*. Science of The Total Environment.
- Saúde, A.; Costa, E.; Fernandes, J. J.; Esteves, M. J.; Amaral, M. L.; Almeida, P.; André, T. L. (2015) *Referencial de educação para o risco, ensino básico (1.º, 2.º, 3.º ciclos) e ensino secundário*. Autoridade Nacional de Proteção Civil.
- Sellers, W.D. (1974). *Physical Climatology*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Silva, F; Meneze, D. J. (2017). *Avaliação da suscetibilidade natural à inundação nos bairros Carolina e Salgado Filho, Santa Maria/RS*. Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento, volume 1.
- Silva, L. U. E Ferreira, C. C. (2000). *O cidadão geograficamente competente: competências da geografia no ensino básico*. Inforgeo, volume 15.
- Silva, M. C.; Anderson, M.; Santos, A. (2009). *Glossário de proteção civil*
- Smith, Keith (1992). *Environmental Hazards. Assessing Risk and Reducing Disaster*. Routledge, pp: 1-99; 209-237; 258–288.
- Spohr, R. B. (2007). *Influência das características físicas do solo nas perdas de água por escoamento superficial no Sul do Brasil e Uruguai*. Dissertação de doutoramento para a obtenção de grau de doutor em engenharia agrícola. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, Brasil.
- Tavares, A. O.; Cunha, L. (2008). *Perigosidade natural na gestão territorial. O caso do Município de Coimbra*
- Tavares, O. A.; Barros, J. L.; Mendes, J. M.; Santos, P. P.; Pereira, S. (2018). *Decennial comparison of changes in social vulnerability: A municipal analysis in support of risk management*. International Journal of Disaster Risk Reduction. Elsevier
- Teixeira, M. A. N. (2005). *Reposição da permeabilidade dos solos: desafios para o urbanismo futuro*. Dissertação de mestrado para a obtenção do grau de mestre em planeamento e projeto do ambiente urbano. Universidade do Porto. Porto. Portugal.
- Teles, V. (2010). *A (In) consciência dos riscos naturais em meio urbano: estudo de caso: o risco de inundação no concelho de Braga*. Dissertação de mestrado para a obtenção do grau de mestre em geografia. Universidade do Minho. Guimarães. Portugal.

Trindade, J. (2010). *Dinâmica Morfossedimentar de praias dominadas por sistema de arriba (Peniche-Cascais)*. Dissertação de doutoramento para a obtenção do grau de doutor em geografia. Universidade Aberta. Lisboa. Portugal.

Veyret, Y. (2007). *Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. Em Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente*. Pp: 23-79.

Zêzere, J. L.; Pereira, A. R., Morgado, P. (2006). *Perigos naturais e tecnológicos no território de Portugal Continental*. Apontamentos de Geografia - Série Investigação.

## REFERÊNCIAS ELETRÓNICAS

acedido em outubro de 2019: <https://www.pnrrc.pt/>

acedido em outubro de 2019: <http://www.prociv.pt/pt-pt/PROTECAOCIVIL/ANPC/Paginas/default.aspx>

acedido em outubro de 2019: <http://www.prociv.pt/pt-pt/RISCOSPREV/AVALIACAONACIONALRISCO/Paginas/default.aspx>

acedido em outubro de 2019: <http://www.prociv.pt/pt-pt/RISCOSPREV/APRESENTACAO/Paginas/default.aspx>

acedido em outubro de 2019: <https://www.pnrrc.pt/index.php/declaracao-de-hyogo/>

acedido em outubro de 2019: <https://www.pnrrc.pt/index.php/declaracao-de-sendai/>

acedido em novembro de 2019: <https://rea.apambiente.pt/>

acedido em novembro de 2019: <https://rea.apambiente.pt/content/risco-associado-%C3%A0s-zonas-inund%C3%A1veis>

acedido em dezembro de 2019: <https://snirh.apambiente.pt/>

acedido em dezembro de 2019: <https://www.cm-braga.pt/pt/0101/viver/protecao-e-seguranca/divisao-de-protecao-civil/planeamento-e-legislacao>

acedido em dezembro de 2019: <https://www.esri-portugal.pt/pt-pt/o-que-sao-os-sig/overview>

acedido em janeiro de 2020: <http://www.prociv.pt/pt-pt/Paginas/default.aspx>

acedido em janeiro de 2020: <http://www.prociv.pt/pt-pt/RISCOSPREV/RISCOSNAT/CHEIAS/Paginas/default.aspx>

acedido em janeiro de 2020: <https://www.cm-braga.pt/pt/0101/conhecer/historia-e-patrimonio/apresentacao>

acedido em janeiro de 2020: <https://www.cm-braga.pt/pt/0101/conhecer/acessibilidades-e-mobilidades/apresentacao>

acedido em janeiro de 2020: <https://www.cm-braga.pt/pt/0103/municipio/freguesias/apresentacao>

acedido em janeiro de 2020: <https://www.cnedu.pt/pt/deliberacoes/recomendacoes>

acedido em fevereiro de 2020: <http://mapas.ine.pt/download/index2011.phtml> –

acedido em fevereiro de 2020: [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_indicadores&indOcorrCod=0008337&contexto=bd&selTab=tab2](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0008337&contexto=bd&selTab=tab2)

acedido em fevereiro de 2020: [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_indicadores&indOcorrCod=0000972&contexto=bd&selTab=tab2](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0000972&contexto=bd&selTab=tab2)

acedido em fevereiro de 2020: [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_indicadores&indOcorrCod=0006729&contexto=bd&selTab=tab2](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0006729&contexto=bd&selTab=tab2)

acedido em fevereiro de 2020: [https://smi.ine.pt/Conceito/Detalhes\\_TabObjectosRelacionados/2990?clear=True](https://smi.ine.pt/Conceito/Detalhes_TabObjectosRelacionados/2990?clear=True)

acedido em fevereiro de 2020: <https://smi.ine.pt/Versao/Detalhes/3486>

acedido em fevereiro de 2020: [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_cont\\_inst&INST=6251013&xlang=pt](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_cont_inst&INST=6251013&xlang=pt)

acedido em fevereiro de 2020: <http://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/1981-2010/004/>

acedido em fevereiro de 2020: <https://www.ipma.pt/pt/index.html>

acedido em fevereiro de 2020: <https://www.ipma.pt/pt/oclima/monitorizacao/index.jsp?selTipo=m&selVar=rr&selAno=-1>

acedido em fevereiro de 2020: <https://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/>

acedido em março de 2020 - <https://apambiente.pt/>

acedido em março de 2020: <http://pdmbraga.cm-braga.pt/index.php/pdm>

acedido em março de 2020: <http://www.dgterritorio.pt/>  
 acedido em março de 2020: [http://www.dgterritorio.pt/dados\\_abertos/cos/](http://www.dgterritorio.pt/dados_abertos/cos/)  
 acedido em março de 2020: <https://apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7&sub2ref=9>  
 acedido em março de 2020: <https://lisbonph.pt/>  
 acedido em março de 2020: <https://lisbonph.pt/blog/a-importancia-dos-cuidados-com-a-terapeutica-medicamentosa-no-idoso-2/>  
 acedido em março de 2020: <https://smi.ine.pt/Conceito>  
 acedido em março de 2020: <https://snig.dgterritorio.gov.pt/>  
 acedido em março de 2020: <https://snig.dgterritorio.gov.pt/rndg/srv/por/catalog.search#/search?anysnig=COS&fast=index>  
 acedido em março de 2020: <https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7&sub2ref=9&sub3ref=1250>  
 acedido em março de 2020: <https://www.cm-braga.pt/pt/0101/conhecer/acessibilidades-e-mobilidades/acessibilidades>  
 acedido em março de 2020: <https://www.dgterritorio.gov.pt/Carta-de-Uso-e-Ocupacao-do-Solo-para-2018>  
 acedido em março de 2020: <https://www.dgterritorio.gov.pt/cartografia/cartografia-tematica/caop>  
 acedido em março de 2020: <https://www.dgterritorio.gov.pt/cartografia/cartografia-tematica/COS-CLC-COPERNICUS>  
 acedido em março de 2020: <https://www.google.pt/maps/search/braga+hospitais/@41.5001576,-8.4282239,12z/data=!3m1!4b1>  
 acedido em março de 2020: <https://www.hospitaldebraga.pt/>  
 acedido em março de 2020: <https://www.hospitalprivadodebraga.pt/>  
 acedido em março de 2020: [https://www.ine.pt/bddXplorer/htdocs/minfo.jsp?var\\_cd=0006272](https://www.ine.pt/bddXplorer/htdocs/minfo.jsp?var_cd=0006272)  
 acedido em março de 2020: [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xid=INE&xpgid=ine\\_indicadores&indOcorrCod=0008208&contexto=bd&selTab=tab2](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0008208&contexto=bd&selTab=tab2)  
 acedido em março de 2020: <https://www.lneg.pt/>  
 acedido em março de 2020: <https://www.lneg.pt/project/cartografia-geologica/>  
 acedido em março de 2020: <https://www.lusadas.pt/pt/unidades/hospitalBraga/Paginas/home.aspx>  
 acedido em março de 2020: <https://www.trofasaude.pt/bragacentro/>  
 acedido em março de 2020: <https://www.trofasaude.pt/braga-norte/>  
 acedido em abril de 2020: <https://www.investbraga.com/Braga/Localizacao-e-Infraestruturas>  
 acedido em abril de 2020: <http://www.chcbeira.pt/?cix=640&lang=1>  
 acedido em maio de 2020: <https://content.meteoblue.com/pt/especificacoes/fontes-de-dados/medicoes/precipitacao>  
 acedido em maio de 2020: <https://sniamb.apambiente.pt/>  
 acedido em maio de 2020: <https://sniamb.apambiente.pt/tema/1309>  
 acedido em junho de 2020: <http://www.prociv.pt/pt-pt/BOMBEIROS/FAQS/Paginas/default.aspx#/collapse-2>  
 acedido em junho de 2020: <https://www.bombeiros.pt/>  
 acedido em junho de 2020: <https://www.bombeiros.pt/perguntas-frequentes-2/>  
 acedido em junho de 2020: <https://www.gnr.pt/> - acedido em junho de 2020  
 acedido em junho de 2020: <https://www.inem.pt/category/inem/o-inem/>  
 acedido em junho de 2020: <https://www.psp.pt/Pages/homePage.aspx>  
 acedido em junho de 2020: <https://braga.cruzvermelha.pt/quem-somos-braga/breve-historial-braga.html>

acedido em junho de 2020: <http://apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7&sub2ref=9&sub3ref=848>

acedido em julho de 2020: <http://www.prociv.pt/pt-pt/RISCOSPREV/RISCOSNAT/CHEIAS/Paginas/default.aspx#!#collapse-3>

acedido em julho de 2020: <https://cidadania.dge.mec.pt/>

acedido em julho de 2020: [https://extranet.infarmed.pt/LicenciamentoMaisfo/pages/public/listaFarmacias.xhtml;jsessionid=2f25efMhegJ5Mz\\_n8uMJalhmMVYiS96dng67HWc.srveap701prod](https://extranet.infarmed.pt/LicenciamentoMaisfo/pages/public/listaFarmacias.xhtml;jsessionid=2f25efMhegJ5Mz_n8uMJalhmMVYiS96dng67HWc.srveap701prod)

acedido em agosto de 2020: <http://ecosalix.pt/entrancado-vivo/>

acedido em agosto de 2020: <http://ecosalix.pt/muro-de-suporte-vivo/>

acedido em agosto de 2020: <http://www.sinergeo.pt/limpeza-e-desobstrucao-de-linhas-de-agua-e-o-ordenamento-do-territorio/>

acedido em agosto de 2020: [https://issuu.com/luisbaltazar4/docs/cartografia\\_tem\\_tica\\_programa\\_mari](https://issuu.com/luisbaltazar4/docs/cartografia_tem_tica_programa_mari)

acedido em setembro de 2020: [https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/ECidadania/educacao\\_Risco/documentos/inundacoes.pdf](https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/ECidadania/educacao_Risco/documentos/inundacoes.pdf)

acedido em setembro de 2020: <http://www.prociv.pt/pt-pt/RISCOSPREV/RISCOSNAT/CHEIAS/Paginas/default.aspx>

acedido em outubro de 2020: <http://www.chcbeira.pt/?cix=640&lang=1>

acedido em outubro de 2020: <https://engenharia360.com/pavimentos-permeaveis-reduz-inundacoes/>

acedido em outubro de 2020: <https://lisbonph.pt/blog/a-importancia-dos-cuidados-com-a-terapeutica-medicamentosa-no-idoso-2/>

acedido em outubro de 2020: <https://www.leca.pt/aplicacoes/gestao-urbana-das-aguas-pluviais/valas-e-trincheiras-drenantes/>

acedido em novembro de 2020: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/euclidean-distance.htm>

acedido em novembro de 2020: <https://www.facebook.com/municipiodebraga/posts/926289504068904/>

acedido em novembro de 2020: [https://www.infopedia.pt/\\$porosidade-e-permeabilidade](https://www.infopedia.pt/$porosidade-e-permeabilidade)

acedido em dezembro de 2020 - <https://www.greenroofs.pt/pt/faq>

acedido em dezembro de 2020: <http://www.segurancaonline.com/gca/index.php?id=580> –

acedido em dezembro de 2020: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-raster-calculator-works.htm>

acedido em dezembro de 2020: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-kernel-density-works.htm>

acedido em dezembro de 2020: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/fill.htm>

acedido em dezembro de 2020: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-fill-works.htm>

acedido em dezembro de 2020: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/flow-direction.htm>

acedido em dezembro de 2020: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-flow-direction-works.htm>

acedido em dezembro de 2020: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/manage-data/tables/essentials-of-joining-tables.htm>

acedido em dezembro de 2020: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/help/mapping/layer-properties/data-classification-methods.htm>

acedido em dezembro de 2020: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/flow-accumulation.htm>

acedido em dezembro de 2020: <https://www.cm-braga.pt/pt/0101/viver/protecao-e-seguranca/divisao-de-protecao-civil/apresentacao>

acedido em dezembro de 2020: <https://www.deco.proteste.pt/casaenergia/condominio/noticias/kit-de-sobrevivencia-como-se-preparar-para-uma-catastrofe-natural>

acedido em dezembro de 2020: <https://www.dge.mec.pt/recursos-pedagogicos>

## **REFERÊNCIAS LEGISLATIVAS**

Lei da água, n.º 1 do artigo 33.º da Lei 58/2005 de 29 de dezembro.

Lei da água, n.º2 do artigo 40.º da Lei 58/2005 de 29 de dezembro.

Lei da água, n.º5 do artigo 33.º da Lei 58/2005 de 29 de dezembro.

Lei da água, n.º5 do artigo 40.º da Lei 58/2005 de 29 de dezembro.

Lei da água, n.º8 do artigo 40.º da Lei 58/2005 de 29 de dezembro.

Lei de Bases da Proteção Civil, do artigo 46.º da Lei 27/2006 de 3 de julho.

Lei de Bases da Proteção Civil, Lei n.º 27/2006 3 de julho.

Recomendação sobre a educação para o risco, Recomendação n.º 5/2011.

Regime Jurídico das Autarquias Locais, Lei 75/2013 de 12 de setembro.

## REFERÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO SOCIAL

acedido em abril de 2020: 05.01.2001: RTP Arquivos: <https://arquivos.rtp.pt/conteudos/estragos-na-zona-industrial-de-braga/>

acedido em maio de 2020: 22.07.2009: Jornal Público: <https://www.publico.pt/2009/07/22/local/noticia/chuva-obrigou-a-encerrar-tunel-de-braga-inaugurado-ha-um-mes-1392880>

acedido em maio de 2020: 17.09.2010: Jornal Público: <https://www.publico.pt/2010/09/17/local/noticia/chuva-torrencial-caoa-inundacoes-na-cidade-de-braga-1456432>

acedido em maio de 2020: 20.10.2010: PCP: <http://www.pcp.pt/inundacoes-na-eb-2-3-andre-soares-braga-causaram-acidentes-impedem-bom-funcionamento-do>

acedido em maio de 2020: 26.10.2011: SIC notícias: <https://sicnoticias.pt/Lusa/2011-10-26-mau-tempo-braga-transito-cortado-em-tres-avenidas-do-centro-da-cidade-devido-a-inundacoes-nos-tuneis-da-variante>

acedido em abril de 2020: 27.10.2011: Correio da manhã: <https://www.cmjornal.pt/portugal/detalhe/temporal-faz-um-morto-em-braga-com-ideos>

acedido em maio de 2020: 14.12.2012: Jornal de Notícias: <https://www.jn.pt/local/noticias/braga/braga/mau-tempo-em-braga-provoca-inundacoes-e-queda-de-arvores-2947005.html>

acedido em maio de 2020: 16.09.2014: Correio do Minho: <https://correiodominho.pt/noticias/tromba-de-agua-causou-varias-inundacoes-em-varios-pontos-da-cidade-de-braga/81076>

acedido em maio de 2020: 09.10.2014: Jornal Diário de Notícias: <https://www.dn.pt/portugal/norte/chuva-forte-caoa-inundacoes-em-braga-4169706.html>

acedido em abril de 2020: 15.09.2015: TVI 24: <https://tvi24.iol.pt/sociedade/rio-este/braga-rio-transborda-e-deixa-carros-sem-submersos>

acedido em maio de 2020: 10.12.2017: Jornal Seminário V: <https://semanariov.pt/2017/12/10/braga-inundacao-na-av-antonio-macedo-corta-uma-das-vias/>

acedido em maio de 2020: 15.10.2019: Braga TV: <https://bragatv.pt/chuva-caoa-inundacoes-em-braga/>

acedido em maio de 2020: 19.10.2019: Jornal de Notícias: <https://www.jn.pt/local/noticias/braga/braga/inundacoes-em-varios-pontos-da-cidade-de-braga-11423441.html>

acedido em maio de 2020: 19.10.2019: Jornal O Minho: <https://ominho.pt/foram-15-os-carros-submersos-em-braga-apos-inundacoes/>

acedido em abril de 2020: 19.10.2019: Jornal Seminário V: <https://semanariov.pt/2019/10/19/mau-tempo-provoca-estragos-e-inundacoes-em-braga/>

acedido em abril de 2020: 19.10.2019: Jornal Sol: <https://sol.sapo.pt/artigo/674743/fotogaleria-mau-tempo-em-braga-caoa-estragos>

acedido em abril de 2020: 15.12.2019: Jornal Cidade Hoje: <https://cidadehoje.pt/famaliao-povoa-de-varzim-braga-mau-tempo-provoca-inundacoes-e-derrocadas/>

acedido em abril de 2020: 19.12.2019: Televisão TVI 24: <https://tvi24.iol.pt/sociedade/mau-tempo/inundacoes-cortam-um-dos-principais-acessos-em-braga>

acedido em abril de 2020: 19.12.2019: Jornal de Notícias: <https://www.jn.pt/local/noticias/braga/braga/inundacoes-causam-caos-no-transito-em-braga-11637669.html>

# **ANEXOS**

**ANEXO I – OCORRÊNCIAS DE FENÓMENOS HIDROLÓGICOS NOTICIADOS NOS MEIOS DE COMUNICAÇÃO SOCIAL NO CONCELHO DE BRAGA ENTRE 2000 E 2019**

Quadro XXXI: Ocorrências de fenómenos hidrológicos noticiados nos meios de comunicação social no concelho de Braga entre 2000 e 2019

Nº	Ano	Mês	Local
1	2001	Janeiro	Freguesia de Celeirós - zona industrial (rio Este)
2	2009	Julho	Avenida da Liberdade - túnel
3	2009	Julho	Avenida da Imaculada Conceição
4	2009	Julho	Avenida João XXI - túnel
5	2010	Setembro	Infantário da igreja de São Lázaro
6	2010	Setembro	Avenida António Macedo
7	2010	Outubro	Escola Básica André Soares
8	2011	Outubro	Avenida Padre Júlio Fragata
9	2011	Outubro	Avenida António Macedo
10	2011	Outubro	Avenida João Paulo II
11	2011	Outubro	Túneis da variante de Braga
12	2011	Outubro	Freguesia de Lomar - ponte nova
13	2011	Outubro	Freguesia de Celeirós - parque industrial
14	2011	Outubro	Fábrica Camilo pinto
15	2011	Outubro	Freguesia de Frossos junto à igreja (rio torto)
16	2012	Dezembro	Freguesias de Ferreiros e Lomar - limite
17	2014	Setembro	Avenida Frei Bartolomeu dos Mártires, junto à saída em Santa Tecla
18	2014	Setembro	Avenida João XXI - túnel
19	2014	Setembro	Grunding/Bosh
20	2014	Setembro	Túnel junto ao INL
21	2014	Setembro	Rotunda de acesso à Universidade do Minho e Bom Jesus
22	2014	Outubro	Maior túnel da cidade – Braga Parque
23	2017	Dezembro	Avenida António Macedo
24	2019	Outubro	Freguesia de Lamações
25	2019	Outubro	Freguesia de Lamas (parque desportivo)
26	2019	Outubro	Rua Maria Amélia Bastos Leite - restaurante City rio
27	2019	Outubro	Grunding/Bosh
28	2019	Outubro	Altice Forum
29	2019	Outubro	Rua do Concelheiro Lobato - urbanização do Fujacal
30	2019	Outubro	Freguesia Mire de Tibães - Mosteiro Beneditino de São Martinho de Tibães
31	2019	Outubro	Freguesia de Ferreiros - Rua Maria Amélia Bastos Leite
32	2019	Outubro	Freguesia de Semelhe
33	2019	Outubro	Freguesia de Lomar
34	2019	Outubro	Freguesia de Celeirós
35	2019	Outubro	Variante Braga - Prado
36	2019	Outubro	Freguesia de Ferreiros - Rua Nova de Santa Cruz (rio Este)
37	2019	Outubro	Rio Este transbordava entre Lomar e Celeirós
38	2019	Outubro	Freguesia de Frossos rio torto
39	2019	Outubro	Freguesia de Panoias
40	2019	Outubro	Freguesia de Ruães
41	2019	Outubro	Freguesia de Padim da Graça

42	2019	Dezembro	Freguesia de Lamações - Mercadona
43	2019	Dezembro	Túnel de acesso à rotunda da rodovia - túnel do Braga parque
44	2019	Dezembro	Reta do Feital
45	2019	Dezembro	Rodovia - perto do Braga parque - túnel
46	2019	Dezembro	Freguesia de Lamações
47	2019	Dezembro	Avenida João Paulo II (Leroy Merlin ao Hotel Meliã)

Fonte: RTP arquivos (2001); Jornal Público (2009, 2010); PCP (2010); SIC Notícias (2011); Correio da Manhã (2011); Jornal de Notícias (2012, 2019); Jornal Correio do Minho (2014); Jornal Diário de Notícias (2014); TVI 24 (2015, 2019); Jornal Seminário V (2017, 2019); Braga TV (2019); Jornal o Minho (2019); Jornal Sol (2019); Jornal Cidade Hoje (2019).

## **ANEXO II – NOTÍCIAS DE FENÓMENOS HIDROLÓGICOS NO CONCELHO DE BRAGA ENTRE 2000 E 2019**

**5 de janeiro de 2001 – Estragos na zona industrial de Braga, em RTP arquivos:** “Celeirós, Braga, estragos avultados na zona industrial, devidos ao transbordar do Rio Este”



Figura 42: Estragos na zona industrial de Braga  
Fonte: RTP Arquivos

**22 de julho de 2009 - Chuva obrigou a encerrar túnel de Braga inaugurado há um mês, em Jornal Público:** “Uma inundação provocada pela chuva obrigou ao encerramento do túnel da Avenida da Liberdade, em Braga, durante a manhã de ontem. Um mês depois da inauguração, a obra volta a dar problemas (...). A meio da manhã de ontem a água começou a jorrar por várias caixas de saneamento, tornando impossível o trânsito automóvel. (...) (...) os problemas ficaram a dever-se à “pluviosidade anormal” registada ontem. A chuva provocou algumas obstruções em condutas de água nas Avenidas da Imaculada Conceição e João XXI, que acabou por ter consequências a montante, atingindo o túnel (...)”

**17 de setembro de 2010 – Chuva torrencial causa inundações na cidade de Braga, em Jornal Público:** “Ao final de tarde, Braga foi atingida por uma tromba de água que causou o caos na cidade. Segundo o site do “Expresso” há um infantário isolado e várias ruas inundadas. De acordo com os Bombeiros Voluntários, citado pelo semanário, as chuvas torrenciais deixaram isolado o infantário da Igreja de São Lázaro e inundaram uma agência do Millenium BCP e as instalações de um supermercado. Fonte dos bombeiros contou ao jornal que a Avenida António Macedo “está transformada num ribeiro.”

**20 de outubro de 2010 – Inundações na EB2,3 André Soares/Braga, causam acidentes e impedem o bom funcionamento do estabelecimento escolar, em PCP:** “Numa recente notícia do Diário do Minho (13 de outubro) podia ler-se (...) “A chuva cai copiosamente nas salas de aula e as inundações são uma constante, nos dias de maior pluviosidade. Os casos de acidentes que envolvem os alunos mais novos são cada vez mais frequentes, assim como a necessidade de recurso ao tratamento hospitalar.” No segundo fim de semana de outubro (dias 9 e 10), a queda de chuva inundou metade das salas de aula e outras instalações da escola, como o bar. A situação foi causa de vários acidentes (...)”

**26 de outubro de 2011 – Mau tempo/Braga: Trânsito cortado em três avenidas do centro da cidade devido a inundações nos túneis da variante, em SIC notícias:** “A inundação de vários túneis de Braga devido   chuva intensa que hoje se fez sentir provocou o corte de várias avenidas da cidade (...). O trânsito está interrompido na Avenida Padre Júlio Fragata, Avenida António Macedo e na Avenida João Paulo II devido a inunda o nos túneis da variante de Braga, estando o trânsito em vários outros pontos da cidade muito condicionado. (...) fonte da PSP de Braga disse que o centro de Braga está alagado, havendo muitos len ois de água na variante que serve a cidade.”

**27 de outubro de 2011 – Temporal faz um morto em Braga, em Correio da Manhã:** “Apesar da forte corrente do rio, que tinha galgado a ponte Nova, em Lomar, e dos avisos de dois adolescentes que tentaram demov -lo, Firmino Machado, 61 anos, teimou em atravessar a ponte, e acabou arrastado pela força das  guas. O cadáver do sexagen rio foi encontrado ontem de manhã, a cerca de dez metros do local onde desapareceu. (...) Para o presidente da Junta de Freguesia de Lomar, Manuel da Silva Dias, "as constru es junto ao leito do rio são responsáveis por estas inunda es, impossíveis de controlar". Segundo o autarca, os prejuízos ascendem a mais de cem mil euros. Prejuízos avultados tiveram também diversas empresas instaladas no Parque Industrial de Celeirós, em Braga, onde a água galgou ruas e invadiu fábricas. Na Camilo Pinto, os 150 trabalhadores tentavam ontem limpar as instala es e recuperar algumas das máquinas e tecidos danificados. (...) Em Frossos, Braga, o rio Torto alagou os campos e invadiu oito casas, junto   igreja. Cinco idosos tiveram de ser retirados das casas, que ficaram com todo o recheio danificado. Cândida Costa socorreu a mãe, quando esta tinha já " gua pelo pescoço".

**14 de dezembro e 2012 – Mau tempo em Braga provoca inunda es e queda de árvores, em Jornal de Notícias:** “Um pouco por todos os concelhos do distrito de Braga registaram-se, esta sexta-feira, centenas de ocorrências. Na cidade de Braga, houve ruas cortadas e túneis inundados. Sapadores tiveram de resgatar um homem que ficou preso dentro do carro. A ocorrência mais grave registou-se no limite das freguesias de Ferreiros e Lomar, quando um homem ficou preso dentro do carro, após este ter ficado cercado por  gua.”



Figura 43: Mau tempo em Braga provoca inunda es e queda de  rvores  
Fonte: Jornal de Notícias

**16 de setembro de 2014 – Tromba de água causou várias inundações em vários pontos da cidade de Braga, em Correio do Minho:**

“Eram cerca de cinco e meia da tarde quando uma tromba de água se abateu sobre a cidade de Braga, causando inundações em vários pontos da cidade. O trânsito esteve parado durante cerca de duas horas. (...) Ontem, ao final da tarde, os bracarenses foram surpreendidos por trombas de águas que causaram inundações em alguns pontos críticos da cidade. O trânsito acabou por ficar parado durante duas horas nas principais artérias. (...) Os bombeiros, tanto os Voluntários de Braga como a Companhia de Sapadores, não registaram qualquer vítima, nem danos graves, apenas algumas ocorrências de cheias em alguns pontos da cidade, onde este tipo de situações já são habituais quando chove com muita intensidade. Uma das ocorrências verificou-se na Avenida Frei Bartolomeu dos Mártires, variante que liga a zona do Braga Parque ao Minho Center. Junto da saída para Santa Tecla, a água acumulou-se formando um lago que interrompeu o trânsito por algum tempo. Outra situação ocorreu junto ao túnel da Avenida João XXI. (...) Nas imediações do complexo Grundig, os Bombeiros Voluntários tiveram de auxiliar uma senhora que ficou com a viatura presa na água que se acumulou na rua. Não sofreu ferimentos. Os pontos mais críticos voltaram a ser os túneis da cidade, nomeadamente o túnel junto ao INL. Nesta zona, também na rotunda que dá acesso à Universidade do Minho e ao Bom Jesus se verificaram inundações.”



Figura 44: Tromba de água causou várias inundações em vários pontos da cidade de Braga  
Fonte: Correio do Minho

**9 de outubro de 2014 – Chuva forte causa inundações em Braga, em Jornal Diário de**

**Notícias:** “A “forte” chuva que caiu na noite de quarta-feira em Braga obrigou ao corte do trânsito no maior túnel da cidade durante “uma hora” Segundo a mesma fonte, a “intensa carga de água” alagou ainda algumas avenidas da cidade causando “complicações no trânsito”, mas não há registo de “acidentes de maior” e a circulação ficou normalizada ao início da madrugada. Fonte do Comando Distrital das Operações de Socorro (CDOS) de Braga confirmou ainda a existência de habitações inundadas, assim como viaturas parcialmente submersas. “O trânsito esteve cortado no Túnel da Avenida, mas já circula normalmente. É uma situação normal quando chove tanto em tão pouco tempo, a água não tem tempo de escoar”, apontou a fonte policial.”



Figura 45: Chuva forte causa inundações em Braga (a)  
Fonte: Jornal Diário de Notícias



Figura 46: Chuva forte causa inundações em Braga (b)  
Fonte: Jornal Diário de Notícias

**15 de setembro de 2015 – Braga: rio transborda e deixa carros “semisubmersos”, em TVI 24:** “Rio Este galgou as margens por causa das intensas chuvadas que atingiram a cidade esta tarde”



Figura 47: Braga: rio transborda e deixa carros “semisubmersos”  
Fonte: TVI 24

**10 de dezembro de 2017 – Braga. Inundações na Av. António Macedo corta uma das vias, em Jornal Seminário V:** “A via no sentido Estação/Braga Parque da Av. António Macedo, em Braga, está parcialmente cortada ao trânsito, devido à inundação de uma das partes da estrada. Um dos sistemas de drenagem terá ficado novamente entupido e a água acabou por acumular numa depressão naquela avenida. No local está uma equipa dos Bombeiros Sapadores de Braga para proceder ao destamponamento e ativar a normal circula o.”

**15 de outubro de 2019 – Chuva causa inunda es em Braga, em Braga TV:** “A chuva forte que se tem registado desde esta madrugada em Braga tem provocado várias inunda es em várias estradas do concelho.”



Figura 48: Chuva causa inunda es em Braga (freguesia de Lama es)  
Fonte: Braga TV



Figura 49: Chuva causa inunda es em Braga (freguesia de Lamas)  
Fonte: Braga TV

### 19 de outubro de 2019 – Inundações em Braga deixam carros submersos, em Jornal de

**Notícias:** “As fortes chuvadas que se registam desde a madrugada deste sábado em Braga fizeram subir o caudal do rio Este e estão a provocar inundações em vários pontos da cidade, tendo deixado vários carros parcialmente submersos. As principais inundações estão a ocorrer junto ao complexo industrial da antiga Grundig, perto do restaurante City Rio, onde alguns automóveis acabaram por ficar "presos", tendo sido retirados com a ajuda dos operacionais dos Bombeiros Sapadores de Braga. No Altice Fórum Braga, na margem esquerda do rio Este, também se verifica uma inundação, a par das vizinhas oficinas de automóveis, situadas na margem direita, numa das quais estão veículos de alta gama, na Rua do Conselheiro Lobato, da Urbanização do Fujacal. Na freguesia de Mire de Tibães, a oeste da cidade de Braga, perto do Mosteiro Beneditino de São Martinho de Tibães, um muro foi derrubado pela intempérie, que ao princípio da manhã deste sábado surpreendeu os bracarenses. A Companhia de Bombeiros de Sapadores de Braga está mobilizada a 100% e já foi para o terreno o engenheiro Nuno Machado, adjunto técnico daquela corporação, assim como o diretor da Proteção Civil Municipal de Braga, arquiteto Vítor Azevedo. Os Bombeiros Voluntários de Braga também estão no local.”



Figura 50: Inundações em Braga deixam carros submersos (a)

Fonte: Jornal de Notícias



Figura 51: Inundações em Braga deixam carros submersos (b)

Fonte: Jornal de Notícias



Figura 52: Inundações em Braga deixam carros submersos (c)  
Fonte: Jornal de Notícias

**19 de outubro de 2019 – Bombeiros rebocam 15 carros nas cheias de Braga, em Jornal O Minho:** “Foram 15, os carros atingidos pelas cheias do rio Este, durante a manhã deste sábado, em Ferreiros, cidade de Braga (...). As viaturas estavam estacionadas na rua Maria Amélia Bastos Leite (...) junto ao rio Este, num local onde o rio galga as veigas agrícolas e a rua torna-se alvo de cheia. (...) Esta situação é recorrente quando chove com grande intensidade, como foi o caso da hora entre as 09:00 e as 10:00, período em que se registaram dezenas de ocorrências de inundações um pouco por todo o distrito de Braga (...). Entre as 11:30 e as 12:00, foram registadas inundações em Semelhe, Lomar e Celeirós.”



Figura 53: Bombeiros rebocam 15 carros nas cheias de Braga (a)  
Fonte: Jornal O Minho



Figura 54: Bombeiros rebocam 15 carros nas cheias de Braga (b)  
Fonte: Jornal O Minho

**19 de outubro de 2019 – Mau tempo provoca estragos e inundações em Braga, em Jornal Seminário V:** “A chuva persistente que se faz sentir desde a madrugada, começa a provocar estragos na cidade de Braga. Túneis inacessíveis, estradas cheias de lençóis de água e o caso mais problemático é a submersão de várias viaturas na Rua Maria Amélia Bastos Leite em Ferreiros. A variante de Braga – Prado “está cheia de lençóis de água e escorregadia” segundo relatos de automobilista”



Figura 55: Mau tempo provoca estragos e inundações em Braga (a)  
Fonte: Jornal Seminário V



Figura 56: Mau tempo provoca estragos e inundações em Braga (b)  
Fonte: Jornal Seminário V

**19 de outubro de 2019 – Mau tempo em Braga provoca estragos, em Jornal Sol:** “O mau tempo em Braga provocou estragos que se intensificaram ao longo deste sábado. (...) A Rua Maria Amélia Bastos Leite foi uma das ruas onde foram registados mais estragos. Apesar de uma placa com a advertência de perigo de cheias, os operários da fábrica da Bosch, junto à Grunding, na freguesia de Ferreiros, estacionaram os carros antes do turno da madrugada, quando ainda não chovia intensamente. Acabaram por ser vítimas inesperadas das cheias (...). Ao todo houve 35 intervenções, a começar pelo Altice Fórum Braga, onde não se registaram muitas consequências. Do outro lado do Rio Este um stand de automóveis (...)foi parcialmente alagado. (...) a meio da tarde, na freguesia de Ferreiros, a par de inundações em apartamentos, como na Rua Nova de Santa Cruz, na zona urbana, o Rio Este a transbordava entre Lomar e Celeirós. Por sua vez, o Rio Torto, na freguesia de Frossos, ia subindo, para lá das margens, incluindo Panoias, Ruães e Padim da Graça.”

**15 de dezembro de 2019 – Famacão, Póvoa de Varzim, Braga: Mau tempo provoca inundações e derrocadas, em Jornal Cidade Hoje:** “A forte precipitação que se registou na região norte, nas últimas horas, provocou alguns episódios de inundações. (...) Em Braga o excesso de precipitação também provocou inundações. Uma família teve que ser resgatada de um automóvel que ficou inundado enquanto circulava numa estrada, em Lamações, ao lado do Mercadona. Há também registo de uma derrocada no nó de Infias, uma das principais artérias para o trânsito automóvel na cidade dos arcebispos.”

**19 de dezembro de 2019 – Inundações cortam um dos principais acessos em Braga, em Televisão TVI 24:** “O mau tempo tem-se feito sentir um pouco por todo o país nesta quinta-feira, mas com especial incidência na zona norte. Braga é uma das cidades mais afetadas, e a chuva já obrigou ao corte de uma das principais vias de acesso ao centro da cidade. O túnel de acesso à rotunda da rodovia está completamente inundado, o que complica o acesso periférico à cidade.”



Figura 57: Inundações cortam um dos principais acessos em Braga  
Fonte: Televisão TVI 24

**19 de dezembro de 2019 – Inundações entopem trânsito em Braga, em Jornal de Notícias:**

“Entre a variante que liga o hipermercado E.Leclerc à estação de comboios há filas intermináveis. Na reta do Feital, que atravessa Frossos e Real, há carros atolados e pessoas de balde na mão a escoar água das casas. Na zona do Rodovia, perto do centro comercial Braga Parque, o túnel foi interdito à circulação de carros e há filas de quilómetros no sentido para Guimarães. (...) Celestino Gonçalves viu o seu Renault Clio ficar parado no meio da água, quando tentava sair da rotunda no sentido do centro da cidade. "(...) Estava inundada a estrada. A água dava-me pelo joelho", descreve o bracarense (...). Em Lamações o cenário repete-se. Mal se circula na avenida que liga a zona do Leroy Merlin ao hotel Meliã. Aqui, há um túnel encerrado desde ontem à noite. Até perto das 20 horas, o concelho de Braga registou 96 ocorrências, desde inundações de casas e armazéns, quedas de árvores, entre outros constrangimentos. De acordo com o vereador da Proteção Civil, Altino Bessa, foram mobilizados "mais 100 operacionais" do que o habitual, desde o serviço de trânsito à serralharia, para acorrer a todas as situações.”



Figura 58: Inundações entopem trânsito em Braga (a)  
Fonte: Jornal de Notícias



Figura 59: Inundações entopem trânsito em Braga (b)  
Fonte: Jornal de Notícias