

Perigos geológicos, ordenamento do território e planeamento de emergência no concelho de Braga (Portugal): elementos para a mitigação de riscos geológicos

Dissertação de Mestrado

PAULO DA SILVA FREITAS

Mestrado em

VULCANOLOGIA E RISCOS GEOLÓGICOS



UNIVERSIDADE DOS AÇORES
Faculdade de Ciências e Tecnologia

Rua da Mãe de Deus
9500-321 Ponta Delgada
Açores, Portugal

Perigos geológicos, ordenamento do território e planeamento de emergência no concelho de Braga (Portugal): elementos para a mitigação de riscos geológicos

Dissertação de Mestrado

Paulo da Silva Freitas

Orientadores:

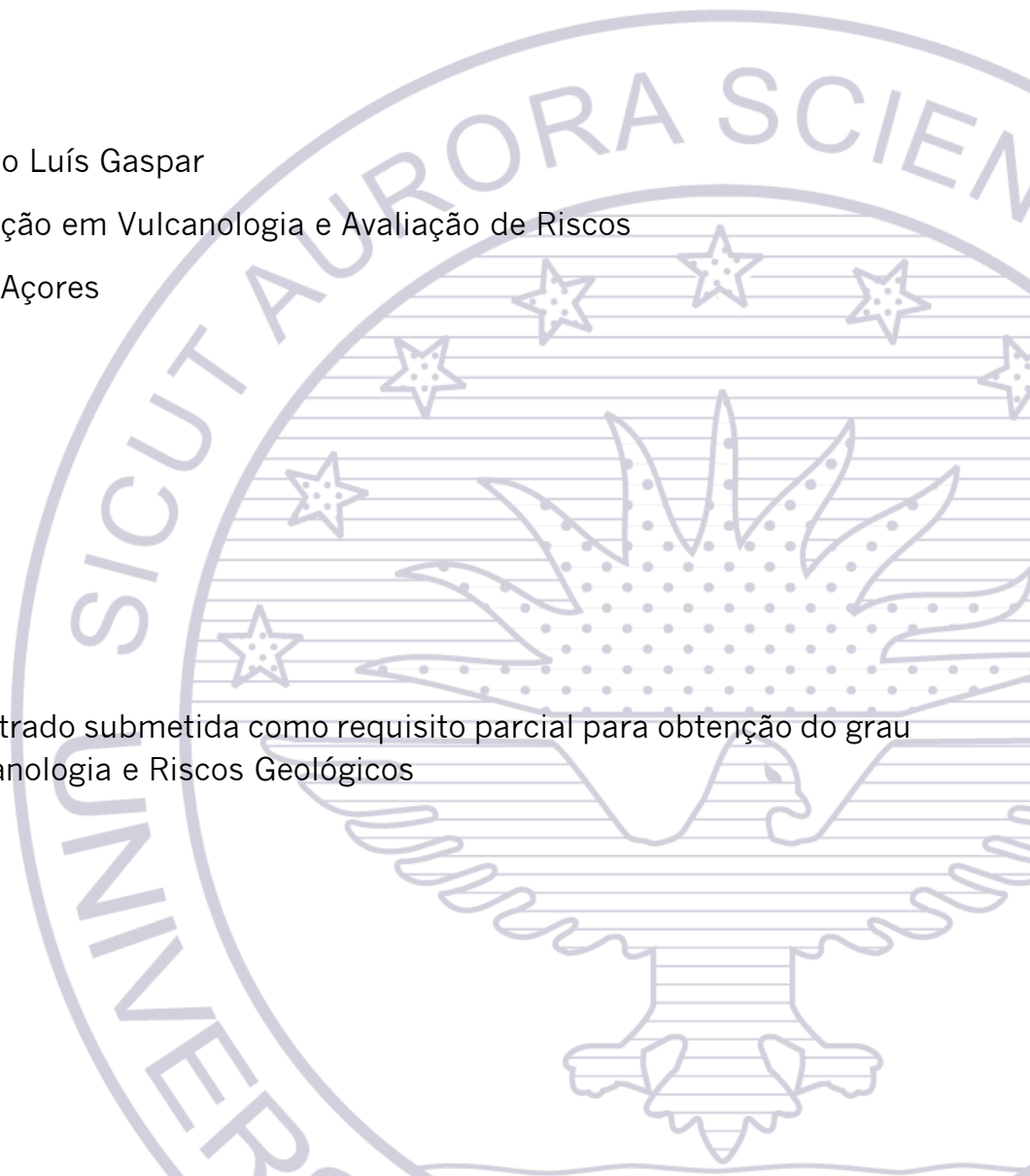
Doutora Rita Carmo

Professor Doutor João Luís Gaspar

Instituto de Investigação em Vulcanologia e Avaliação de Riscos

da Universidade dos Açores

Dissertação de Mestrado submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Vulcanologia e Riscos Geológicos



Índice

Índice.....	i
Índice de Figuras	iii
Índice de Tabelas	x
Agradecimentos.....	xi
Resumo	xiii
Abstract.....	xiv
1. Introdução.....	1
1.1 Objetivos.....	1
1.2 Metodologia	2
1.3 Os SIG e o planeamento de emergência	3
2. Enquadramento da área de estudo	5
2.1 Enquadramento geográfico	5
2.2 Enquadramento geomorfológico.....	6
2.3 Enquadramento geológico.....	7
2.4 Enquadramento geoestrutural.....	9
2.5 Enquadramento hidrográfico.....	12
2.6 Clima.....	13
3 Elementos expostos do concelho de Braga	16
3.1 Uso e ocupação do solo	16
3.2 População residente	17
3.3 Edificado de Braga.....	20
3.4 Infraestruturas de relevância operacional	21
3.4.1 Rede rodoviária.....	21
3.4.2 Rede ferroviária do concelho de Braga	22
3.4.3 Infraestruturas de transporte aéreo.....	23
3.4.4 Rede de abastecimento de água.....	24
3.4.5 Infraestruturas de drenagem de águas residuais	25
3.4.6 Infraestruturas de telecomunicações.....	26
3.4.7 Infraestruturas de produção, armazenamento e distribuição de eletricidade.....	27

3.4.8 Hospitais e Farmácias.....	28
3.4.9 Rede de radiocomunicações da Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil do concelho de Braga.....	29
3.4.10 Agentes de proteção civil em Braga	30
4. Sistema Nacional de Proteção Civil.....	33
4.1 Organização política de proteção civil	33
4.2 Instrumentos legislativos	36
5. Perigos geológicos no concelho de Braga.....	42
5.1 Conceito de Risco	42
5.2 Cheias e inundações	43
5.2.1 Ocorrências no concelho de Braga	44
5.2.2 Análise.....	57
5.3 Movimentos de Vertente.....	66
5.3.1 Ocorrências no concelho de Braga	68
5.3.2 Análise.....	72
5.4 Sismos	78
5.4.1 Ocorrências no concelho de Braga	81
5.4.2 Análise.....	85
6 Medidas de Mitigação	91
6.1 Medidas de mitigação para cheias e inundações	92
6.2 Medidas de mitigação para movimentos de vertente	100
6.3 Medidas de mitigação para sismos	104
7. Conclusões	106
8. Bibliografia	109

Índice de Figuras

Figura 2 - a) Localização do distrito de Braga no território português; b) Municípios do distrito de Braga; c) Localização do rio Este (a azul) no concelho de Braga (limite vermelho). Fonte: https://www.portugaldenorteasul.pt/4917/distrito-de-braga-concelhos-e-freguesias	5
Figura 2.2 Freguesias do concelho de Braga (Projeção ETRS 1989 Portugal TM06).....	6
Figura 2.3 Modelo numérico do terreno do concelho de Braga (Ribeiro, 2015).....	7
Figura 2.4 Enquadramento geológico simplificado do Concelho de Braga (adaptado da Folha 5-D Braga da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50000 (Ferreira et al., 2000).....	8
Figura 2.5 Enquadramento geotectónico de Portugal (Ferreira, 2005). Legenda: RT – Rift da Terceira; CMA – Crista Média Atlântica. 1- movimento divergente da placa tectónica, 2- faixa de compressão.....	10
Figura 2.6 Falhas e fraturas do concelho de Braga (Teles, 2010)	11
Figura 2.7 - Rede hidrográfica do concelho de Braga (Projeção ETRS 1989 Portugal TM06).....	13
Figura 2.8 - Diagrama Termopluiométrico para a normal climatológica de 1995-2024 referente à região de Braga. As linhas vermelhas e azuis indicam a média da temperatura máxima de um dia para cada mês para Braga. As colunas azuis indicam a precipitação média de cada mês.....	14
Figura 2.9 Quantidade de precipitação para a normal climatológica de 1995-2024 referente à região de Braga. Fonte: ;Meteoblue (online).....	15
Figura 3.1 - Carta de uso e ocupação do solo do concelho de Braga, produzida em QGIS (adaptado de COS, 2018), (Projeção ETRS 1989 Portugal TM06).....	16
Figura3.2 População residente por distrito em Portugal (Censos, 2021).....	18
Figura 3.3 Residentes, por freguesia, do concelho de Braga (Censos, 2021).....	19

Figura 3.4. Densidade populacional do concelho de Braga (in Ferreira 2021)	19
Figura 3.5 Carta do concelho de Braga com identificação do solo urbanizado.....	21
Figura 3.6 Rede rodoviária no concelho de Braga.....	22
Figura 3.7 Rede ferroviária do concelho de Braga (Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil de Braga, 2018).....	23
Figura 3.8 Infraestruturas de transporte aéreo (Projeção ETRS 1989 Portugal TM06).....	24
Figura 3.9 Rede de abastecimento de água do concelho de Braga (Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil de Braga, 2018).....	25
Figura 3.10 3.10 Drenagem de águas residuais (Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil de Braga, 2018) (Projeção ETRS 1989 Portugal TM06).....	26
Figura 3.11 Infraestruturas de telecomunicações do concelho de Braga (Projeção ETRS 1989 Portugal TM06).....	27
3.12 Rede de transporte de eletricidade (Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil de Braga, 2018).....	28
Figura 3.13 Hospitais no concelho de Braga (Projeção ETRS 1989 Portugal TM06).....	29
Figura 3.14 A infraestrutura de radiocomunicações da ANPC no concelho de Braga (Fonte: Municipal de Emergência de Proteção Civil de Braga, 2018).....	30
Figura 3.15 Agentes de Proteção Civil do concelho de Braga (Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil de Braga, 2018).....	31
Figura 3.16 Identificação dos elementos estratégicos, vitais e sensíveis para as operações de proteção civil e socorro na região de Braga (Projeção ETRS 1989 Portugal TM06).....	32
Figura 4.1. Organização política da proteção civil de Braga (Fonte: Camara Municipal de Penafiel).....	33
Figura 4.2 Organização política da proteção civil de Braga (Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil de Braga 2018).....	34

Figura 4.3 Organograma funcional do Serviço Municipal de Proteção Civil de Lamego. Fonte: Projeto de Regulamento do Serviço Municipal de Proteção Civil do Município de Lamego, 2020.....	35
Figura 4.4 Carta de Condicionantes do PDM de Braga: Documento cartográfico que define as restrições e limitações ao uso do solo no município.....	39
Figura 4.5 Carta de suscetibilidade à ocorrência de cheias (Fonte de dados: Proteção civil), (Projeção ETRS 1989 Portugal TM06).....	41
Figura 5.1 Evolução temporal do número de ocorrências de cheias/inundações no concelho de Braga, constantes da base de dados DISASTER no período 1865-2010 (DISASTER, online).....	45
Figura 5.2 Evolução temporal dos danos sociais causados por cheias/inundações no concelho de Braga, no período 1865-2010 (DISASTER, online).....	45
Figura 5.3 - Cheia no parque industrial de Celeirós em janeiro de 2001. Fonte: Correio do Minho de 6 de janeiro de 2001.....	48
Figura 5.4 - Trânsito condicionado em Braga devido às inundações de setembro de 2010. Fonte: Correio da Manhã de 18 de setembro de 2010, online.....	49
Figura 5.5 - Inundações em vários pontos da cidade de Braga causadas pela forte precipitação registada em setembro de 2014. Fonte: Correio do Minho de 16 de setembro de 2014, online.....	51
Figura 5.6 - Inundações em Braga devido a chuva forte em outubro de 2014. Fonte: Jornal Diário de Notícias de 9 de outubro, online.....	51
Figura 5.7 - Cheia na Rua Maria Amélia Bastos Leite na União das Freguesias de Ferreiros e Gondizalves com carro inundado. Fonte: Correio do Minho de 2 de março de 2018, online.....	53
Figura 5.8 - Cheia na rua Maria Amélia Bastos Leite em Braga na União das Freguesias de Ferreiros e Gondizalves devido ao mau tempo que se registou em outubro de 2019. Fonte: Jornal de Notícias de 19 de outubro de 2019, online.....	53
Figura 5.9 - Inundações em Braga em dezembro de 2019. Fonte: Jornal de Notícias de 19 de dezembro de 2019, online.....	54

Figura 5.10 - Rotunda do Braga Parque em São Vítor inundada na sequência da chuva intensa que afetou Braga a 13 de setembro de 2021. Fonte: O Minho, 13 de setembro de 2021, online.....	55
Figura 5.11 - Cheias no Rio Este a 14 de setembro de 2022. Fonte: Diário do Minho, 14 de setembro de 2022, online.....	56
Figura 5.12 Cheia na avenida 31 janeiro na zona do rio Este Fonte: Terras de Braga 2023, online.....	57
Figura 5.13 Sobreposição das ocorrências de cheias e inundações registadas no concelho de Braga com a carta de densidade populacional do concelho de Braga (carta de Ferreira, 2021).....	58
Figura 5.14 Sobreposição do solo urbanizado do concelho de Braga com a carta de suscetibilidade a cheias e inundações.....	59
Figura 5.15 Rede rodoviária do concelho de Braga com sobreposição da carta de suscetibilidade de Braga.....	60
Figura 5.16 Rede ferroviária do concelho de Braga com sobreposição da carta de suscetibilidade de Braga.....	61
Figura 5.17 Rede de abastecimento de água do concelho de Braga com sobreposição da carta de suscetibilidade de Braga.....	62
Figura 5.18 Infraestrutura de drenagem de águas residuais do concelho de Braga com sobreposição da carta de suscetibilidade de Braga.....	63
Figura 5.19 Infraestrutura de telecomunicações do concelho de Braga com sobreposição da carta de suscetibilidade de Braga.....	64
Figura 5.20 Antenas de receção e as estações de radio comunicação do concelho de Braga com sobreposição da carta de suscetibilidade de Braga.....	64
Figura 5.21 Hospitais e farmácias do concelho de Braga com sobreposição da carta de suscetibilidade de Braga.....	65
Figura 5.22 Elementos de proteção civil do concelho de Braga com sobreposição da carta de suscetibilidade de Braga.....	66
Figura 5.23 Hipsometria no concelho de Braga (Ferreira 2021).....	69
Figura 5.24 Distribuição espacial dos movimentos de massa em vertentes no norte de Portugal, considerando o número de ocorrências e danos	

associados (MFD: mortos, feridos e desaparecidos), (ED evacuados e desalojados).....	70
Figura 5.25- Elementos de proteção civil do concelho de Braga com sobreposição da carta de suscetibilidade de Braga.....	71
Figura 5.26 Pormenor da presença de micaxisto em Braga (Fonte: Folha 5-D Braga da Carta geológica de Portugal).....	71
Figura 5.27 - Micaxisto alterado localizado ao lado da estrada no monte de Santa Marta	72
Figura 5.28 Rede rodoviária com sobreposição da carta de suscetibilidade de movimentos de vertente do concelho de Braga.....	73
Figura 5.29 Rede ferroviária com sobreposição da carta de suscetibilidade de movimentos de vertente do concelho de Braga.....	74
Figura 5.30 Antenas e estações de radio telecomunicações com sobreposição da carta de suscetibilidade de movimentos de vertente do concelho de Braga.....	75
Figura 5.31 Heliporto e aeródromo com sobreposição da carta de suscetibilidade de movimentos de vertente do concelho de Braga.....	76
Figura 5.32 Hospitais e farmácias com sobreposição da carta de suscetibilidade de movimentos de vertente do concelho de Braga.....	77
Figura 5.33 Agentes de proteção civil com sobreposição da carta de suscetibilidade de movimentos de vertente do concelho de Braga.....	78
Figura 3.34 Zonas paleogeográficas e tectónicas do Maciço Ibérico Fonte: Daniela 2010.	80
Figura 5.35 - Carta de Intensidades Máximas, na escala de Mercalli modificada de 1956 (Avaliação Nacional de Risco, 2019).....	81
Figura 5.36 Sismos sentido em Braga e respetiva magnitude Fonte de dados: IPMA com o período de 1755 até 2024.....	84
Figura 5.37 Rede rodoviária com localização de sismos sentidos e respetivas magnitudes no concelho de Braga.....	87

Figura 5.38 Rede de abastecimento de água com localização de sismos sentidos e respetivas magnitudes no concelho de Braga.....	88
Figura 5.39 Infraestrutura de drenagem de águas residuais com localização de sismos sentidos e respetivas magnitudes no concelho de Braga.....	89
Figura 5.40 Hospitais e farmácias com localização de sismos sentidos e respetivas magnitudes no concelho de Braga.....	90
Figura 5.41 Agentes de proteção civil com localização de sismos sentidos e respetivas magnitudes no concelho de Braga.....	91
Figura 6.1 Remoção de detritos das margens do rio Este.....	94
Figura 6.2 Método de colocação de blocos de pedra (Baptista, 2023)....	94
Figura 6.3 Parque alagável em Qunli, China (Fonte: Turenscape/Divulgação)	95
Figura 6.4 Calçada impermeável construída na cidade de Frederiksberg, Dinamarca (fonte: Divulgação/ Rockwool).....	96
Figura 6.5 Telhado verde construído sobre prédio da Escola de Finanças e Administração de Frankfurt (Alemanha) (Fonte: Frank Rumpenhorst/dpa/PictureAlliance/AFP/Arquivo)	96
Figura 6.6 - Praça piscina construída em Benthemplein, em Roterdão, na Holanda, num dia seco (Fonte: Foto: Divulgação: Jeroen Musch, Ossip van Duivenbode, pallesh+azarfane, Jurgen Bals and De Urbanisten (Florian Boer & Eduardo Marin).....	97
Figura 6.7 Proposta de bacia retenção junto à Bosch, na Rua Maria Amélia Bastos Leite (Maia, 2021).....	98
Figura 6.8 Exemplo de vala drenante realizado no Seixal pela Camara Municipal.....	98
Figura 6.9 Exemplo de piso intertravado com vegetação (Fonte: assembleia legislativa do estado de São Paulo em: https://www.al.sp.gov.br/noticia/?id=285702).....	99
Figura 6.10 Exemplo de grades a colocar nas vias de circulação dos tuneis.....	100
Figura 6.11. Muro de suporte com sistema de drenagem (geomuseu.ist 2007).....	101

Figura 6.12 Muros de retenção em Fraião.....	102
Figura 6.13 Talude com a presença de uma rede de retenção em Fraião.	103
Figura 6.14 Talude de estabilizado com betão projetado.....	103
Figura 6.15 Estrutura de drenagem de água no muro de betão projetado.....	104
Figura 6.16 - Simulacro de sismo na escola EB 2,3 de Lameações.....	106

Índice de Tabelas

Tabela 5.1 Ocorrências de cheias e inundações no concelho de Braga que provocaram afetados (mortos, evacuados, desalojados) no período entre 1865 e 2010 (Fonte: DISASTER, online).....	45
Tabela 5.2 Data, localização e intensidade (Escala Modificada de Mercalli, 1956) de sismos sentidos em Braga desde 1755.....	82

Agradecimentos

A realização desta dissertação não teria sido possível sem a ajuda de muitas pessoas.

Quero inicialmente agradecer aos meus pais e irmã por sempre me apoiarem, estarem do meu lado, me darem motivação e por me ajudar a ser feliz.

Quero agradecer imenso à minha orientadora Rita Carmo por embarcar nesta aventura fora da zona de conforto, pela sua disponibilidade, pela ajuda, boa energia, partilha de conhecimentos e todas outros momentos que me ajudaram a realizar esta tese.

Agradecer ao professor João Luís Gaspar, por igualmente aceitar o desafio, disponibilidade e todas as suas contribuições.

Aos membros da Proteção Civil por toda a ajuda e bem estar, e por apoiarem com tudo o que conseguiam.

Ao Dani pelo incentivo e todas as dicas.

Quero agradecer a todos meus amigos, Cristo, Barata, Dani entre outros.

Ao Joca, pelos risos, boleias, companhia e apoio.

À Monica pelo apoio incansável, abraços, informações, memes e conversas.

Agradecimento muito especial ao Bruno por toda a disponibilidade e mais alguma, por ceder do seu tempo, de tarde e noitadas a ajudar a corrigir e dar dicas enquanto jogava ao bingo.

A todos os meus amigos do badminton que de uma forma ou outra me ajudaram e não sabem.

A meu gato Tom, que eu não posso esquecer o seu apoio e entusiasmo por me ver sempre que chego.

Ao Bruno, que partiu cedo demais, estás sempre na memória.

A mim por seguir sempre em frente e nunca desistir independentemente das decisões.

A Deus por olhar por mim, proteger e ajudar de todas as maneiras possíveis.

Por fim a todos que de uma maneira ou de outra me ajudaram e apoiaram, Obrigado!

Resumo

A inclusão dos perigos naturais no planeamento de emergência e ordenamento do território é essencial em contextos urbanos e rurais. O crescimento populacional e a conseqüente urbanização podem provocar aumento das ocorrências registadas. De modo a garantir a segurança da população e diminuir as ocorrências é essencial um conhecimento da suscetibilidade dos riscos geológicos.

O presente trabalho tem como objetivo principal analisar os elementos expostos do concelho de Braga comparativamente aos perigos geológicos, como cheias, movimentos de vertente e sismos. A importância deste tema vem da necessidade de apresentar soluções para lidar com o grande número de ocorrências naturais que afetam a cidade.

De modo a atingir os objetivos utilizaram-se softwares de informação geográfica, para criação de mapas temáticos para a área em estudo. Foram compilados locais de ocorrência dos perigos geológicos analisados, a partir de consulta histórica nos meios de comunicação tanto digitais como físicos.

A análise efetuada permitiu perceber que as ocorrências de cheias e inundações ocorrem em maioria no centro da cidade, devido à existência de maior volume de solo urbanizado e conseqüentemente mais população. Relativamente aos movimentos de vertente, verifica-se o oposto uma vez que a zona mais suscetível se situa na periferia, em locais de maior declive. Por último, quanto aos sismos, a cidade enquadra-se numa zona de intensidade sísmica nível VI, não apresentando grande número de ocorrências com epicentros gerados no interior do concelho.

As cheias e inundações apresentam maior relevância pois registam ocorrências mais frequentes e próximos de grandes aglomerados populacionais, portanto de forma a diminuir a periodicidade e os danos causados foram apresentadas várias medidas de mitigação, umas que requerem maior logística e recursos e outras menos dispendiosas. Apesar dos outros perigos não serem tão significativos, foram apresentados também algumas medidas de mitigação.

Palavras-Chave: Braga, Mitigação, Perigos, Planeamento, Proteção Civil Riscos.

Abstract

Including natural hazards in emergency planning and land use planning is essential in both urban and rural contexts. Population growth and consequent urbanization can lead to an increase in recorded incidents. To ensure the safety of the population and reduce occurrences, knowledge of the susceptibility to geological risks is crucial.

The main objective of this work is to analyze the exposed elements of the Braga municipality in comparison to geological hazards, such as floods, landslides, and earthquakes. The importance of this topic stems from the need to present solutions to deal with the large number of natural occurrences that affect the city.

To achieve the objectives, geographic information software was used to create thematic maps for the study area. The locations of the analyzed geological hazards were compiled from historical consultations in both digital and physical media.

The analysis carried out showed that occurrences of floods and inundations mostly happen in the city center, due to the presence of a larger volume of urbanized soil and consequently more population. Regarding landslides, the opposite is observed, as the most susceptible area is located on the periphery, in places with greater slopes. Lastly, regarding earthquakes, the city falls within a seismic intensity level VI zone, not presenting a large number of occurrences with epicenters generated within the municipality.

Floods and inundations are of greater relevance as they record more frequent occurrences and are closer to large population clusters. Therefore, to reduce the frequency and damage caused, several mitigation measures were presented, some requiring more logistics and resources and others less costly. Although the other dangers are not as significant, some mitigation measures were also presented.

Keywords: Braga, Civil Protection, Dangers, Mitigation, Planning, Risks.

1. Introdução

A cidade de Braga, situada na região do Minho, é conhecida pela rica herança histórica e cultural, enfrentando também desafios significativos em relação aos perigos geológicos que afetam a paisagem e a comunidade. Braga, apesar da beleza cénica e do seu património histórico, está sujeita a uma variedade de perigos geológicos que podem ter impactos devastadores tanto no ambiente natural quanto na sociedade que a habita. Estes perigos geológicos incluem movimentos de vertente, inundações, sismos e outros perigos relacionados com a atividade geológica da região.

A crescente urbanização e expansão da cidade de Braga, juntamente com as mudanças climáticas globais, têm aumentado a vulnerabilidade da região a esses perigos, portanto, é de extrema importância compreender a natureza e a distribuição, bem como desenvolver estratégias de mitigação e prevenção para proteger a população, o património cultural e o meio ambiente da região.

Esta tese tem como objetivo analisar em detalhe os perigos geológicos e hidrológicos que afetam Braga, fornecendo uma visão aprofundada das ameaças, as causas subjacentes e os impactos associados utilizando o Sistema de Informação Geográfica para a implementação e projeção de informação recolhida. Além disso, explorará as medidas existentes de mitigação e adaptação, sugerindo estratégias para fortalecer a resiliência da cidade frente a esses desafios.

Com esta tese, pretende-se contribuir para o entendimento dos perigos geológicos em Braga, bem como para o desenvolvimento de políticas e práticas que promovam a segurança e a sustentabilidade na região, garantindo um futuro mais seguro para os habitantes.

1.1 Objetivos

Esta dissertação tem como objetivo contribuir para a mitigação dos riscos naturais no concelho de Braga, nomeadamente cheias e inundações, movimentos de vertente e sismos, tendo por base a análise integrada: (a) dos perigos naturais que podem afetar o concelho; (b) dos instrumentos de ordenamento de território em vigor e da exposição de pessoas, bens e infraestruturas aos perigos existentes; (c) do planeamento municipal de emergência e das estruturas de proteção civil para a resposta a situações de perigo eminente, desastres ou catástrofes; e (d) dos sistemas de

monitorização implementados e subsequentes mecanismos de aviso e alerta às populações.

Como ponto de partida, é necessário identificar quais as principais áreas de Braga que estão sujeitas a perigos geológicos e compreender os fatores naturais e antropogénicos que contribuem para estes perigos. Para tal, procedeu-se à recolha e análise de ocorrências históricas observadas no concelho de Braga decorrentes de perigos geológicos como cheias e inundações, movimentos de vertente e sismos, tendo em vista conhecer a sua recorrência, dispersão e impacto, permitindo identificar as áreas prioritárias de forma a propor medidas que ajudem numa diminuição da vulnerabilidade.

Esta dissertação visa oferecer uma visão mais completa dos desafios associados a cheias e inundações, movimentos de vertente e sismos no concelho de Braga e destacar a importância de uma abordagem interdisciplinar e abrangente na gestão destes perigos naturais. Além disso, pretende fornecer recomendações práticas para melhorar a preparação, resposta e recuperação diante desses eventos, contribuindo assim para a segurança e bem-estar das comunidades afetadas.

1.2 Metodologia

Para responder aos objetivos pretendidos, este trabalho compreendeu várias fases de execução.

Numa primeira parte, procedeu-se à recolha e análise de elementos bibliográficos, de legislação de ordenamento de território e proteção civil, de elementos topográficos e de suscetibilidade aos perigos geológicos. Incluiu-se, ainda, o estabelecimento de canais de comunicação com a Câmara Municipal de Braga, no seguimento de contactos previamente estabelecidos para disponibilização de informação cartográfica digital produzida no âmbito do ordenamento territorial e do planeamento de emergência.

Seguidamente, realizou-se trabalho de gabinete, quer na biblioteca pública de Braga, para recolha de notícias de jornais mais antigos, como o Correio do Minho, desde o ano 1947 até à atualidade, sobre ocorrências históricas decorrentes de perigos geológicos no município de Braga, quer através dos sítios de internet de vários órgãos de comunicação social para notícias mais recentes. Esta pesquisa possibilitou compilar um inventário de ocorrências históricas decorrentes de perigos geológicos, como sismos, movimentos de

vertente, cheias e inundações, na área de estudo, que foram, posteriormente, compilados em formato Excel, tendo em vista conhecer a sua recorrência, dispersão e impacto.

A elaboração da cartografia para representar o território foi realizada com o apoio de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), que permitiu projetar, visualizar e interpretar os dados, quer dos elementos expostos, quer da informação relativa aos perigos geológicos, facilitando a sua compreensão e análise transversal da informação existente. Foi utilizado o Software QGIS versão 3.30.0, tendo como base a Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP) de 2019, disponível na Direção Geral do Território (DGT) e cartografia gentilmente cedida pelo Serviço Municipal de Proteção Civil, juntamente com a Câmara Municipal de Braga (CMB). O sistema de coordenadas utilizado foi o ETRS89_Portugal_TM06. Foram produzidas cartas com a rede hidrográfica, cartas com o uso e ocupação de solos.

Após este passo, procedeu-se à elaboração de recomendações para a mitigação dos riscos geológicos existentes, tendo por base a análise integrada efetuada. Como tal, foram recolhidas informações na página de Facebook da Proteção Civil de Braga, relativas a simulacros, avisos e ações legais relativas a ocorrências de tanto de origem geológica como humana.

1.3 Os SIG e o planeamento de emergência

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) constituem uma ferramenta poderosa que combina tecnologia, informação e análise para capturar, armazenar, manipular, analisar e apresentar dados geográficos e espaciais. Os SIG desempenham um papel crucial em diversas áreas, como planeamento urbano, gestão ambiental, agricultura, logística, geologia e muitas outras.

Os softwares de SIG, como o QGIS e o ArcGIS, entre outros, são fundamentais para criar, visualizar, analisar e interpretar mapas e dados espaciais.

A parte informativa de um SIG trata da recolha, organização e armazenamento de dados geográficos. Estes dados podem incluir informações sobre relevo, hidrografia, uso do solo, estradas, edifícios, limites administrativos, entre outros. Os dados geográficos podem ser obtidos por meio de levantamentos de campo, sensores remotos, imagens de satélite, mapas históricos e fontes governamentais. Estes dados são

posteriormente convertidos em formatos digitais e organizados em camadas que podem ser sobrepostas para criar mapas, revelando relações e padrões espaciais

A componente analítica de um SIG permite que os utilizadores realizem várias tarefas, desde simples consultas até análises espaciais avançadas. Isso envolve a aplicação de ferramentas e técnicas para examinar relações espaciais, padrões e tendências nos dados geográficos. Estas análises permitem identificar problemas, definir prioridades, executar cenários, gerir e responder a eventos, entre outros (ESRI-Portugal, online), facultando informações valiosas para tomadas de decisão específicas em várias indústrias, como o planeamento urbano para otimização de infraestruturas, a avaliação de perigos ambientais/geológicos.

No âmbito da execução de tarefas de proteção civil, independentemente do grau de intervenção envolvido, a utilização de SIG assume grande praticidade, relevância e importância, permitindo, entre outras coisas, as seguintes finalidades (Rosado, 2020 *in* Rosado, 2022):

- Recolha de dados suficientes;
- Armazenamento de dados recolhidos ou existentes de maneira ordenada e orientada para os objetivos;
- Gestão da informação de acordo com necessidades e finalidades delineadas;
- Explorar e analisar dados de diversas maneiras e usando diversos métodos;
- Produzir informação com base nas necessidades identificadas sem depender de outros órgãos ou serviços, o que muitas vezes resulta em atrasos ou mesmo investimentos financeiros;
- Apoiar missões de intervenção em caso de catástrofes, que exijam a proteção do ambiente e de bens diversos, e a necessidade de prever possíveis danos em áreas que foram ou poderão ser afetadas por determinado evento.

2. Enquadramento da área de estudo

2.1 Enquadramento geográfico

Situado no norte de Portugal, na província do Minho, o distrito de Braga (Fig. 2.1a) está dividido em 14 municípios (Fig. 2.1b). O concelho de Braga (Fig. 2.1b, c) ocupa uma área total de 183,40 km², sendo constituído por 37 freguesias (Direção-Geral do Território, 2019) (Fig. 2.2). É limitado a norte pelos concelhos de Vila Verde e Amares, a este pelo concelho de Póvoa do Lanhoso, a sudeste pelo concelho de Guimarães, a sul pelo concelho de Vila Nova de Famalicão e, finalmente, a oeste pelo concelho de Barcelos. A Norte a fronteira do município é delimitada pelo rio Cávado. Já relativamente ao rio Este, este atravessa o centro de Braga (Fig. 2.1c).

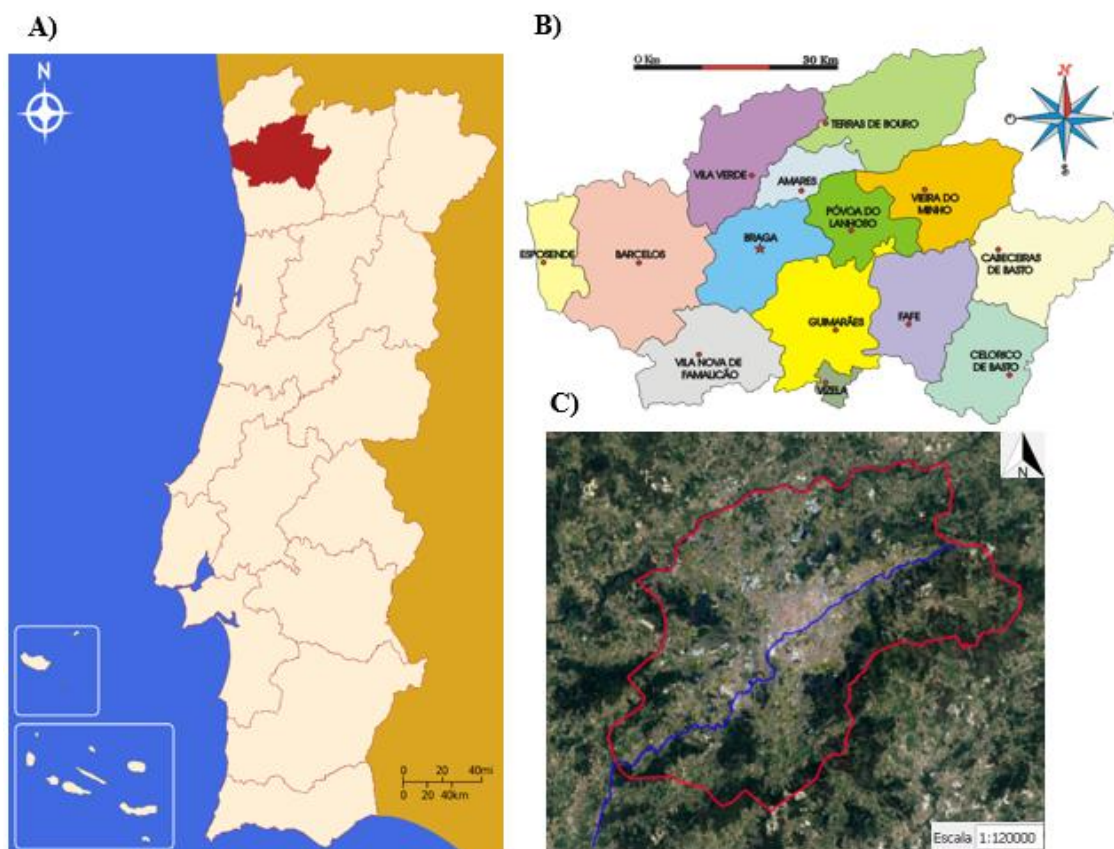


Figura 2.1 - a) Localização do distrito de Braga no território português (Fonte: <https://utils.antoniocampos.net/concelhos/distrito/braga/>); b) Municípios do distrito de Braga (Fonte: <https://www.portugaldenorteesul.pt/4917/distrito-de-braga-concelhos-e-freguesias>); c) Localização do rio Este (a azul) no concelho de Braga (limite vermelho).

De acordo com os Censos 2021 (Instituto Nacional de Estatística, 2022), a população no concelho de Braga era de 193.324 habitantes, apresentando

uma densidade populacional de 1.053,94 habitantes por km². A região de Braga é densamente povoada, tendo sido considerada, entre 2001 e 2016, a cidade portuguesa com maior crescimento demográfico, apresentando uma taxa de crescimento média acumulada anual de 0,64%, muito acima da média nacional que obteve uma taxa de -0,02%. Este crescimento demográfico levou a uma fragmentação intensiva de espaços verdes e áreas rurais, o que leva a uma necessidade urgente de aplicação de medidas preventivas, de maneira a impedir degradações futuras e a melhorar a qualidade da água do rio Este que atravessa este município (Silva, 2020).

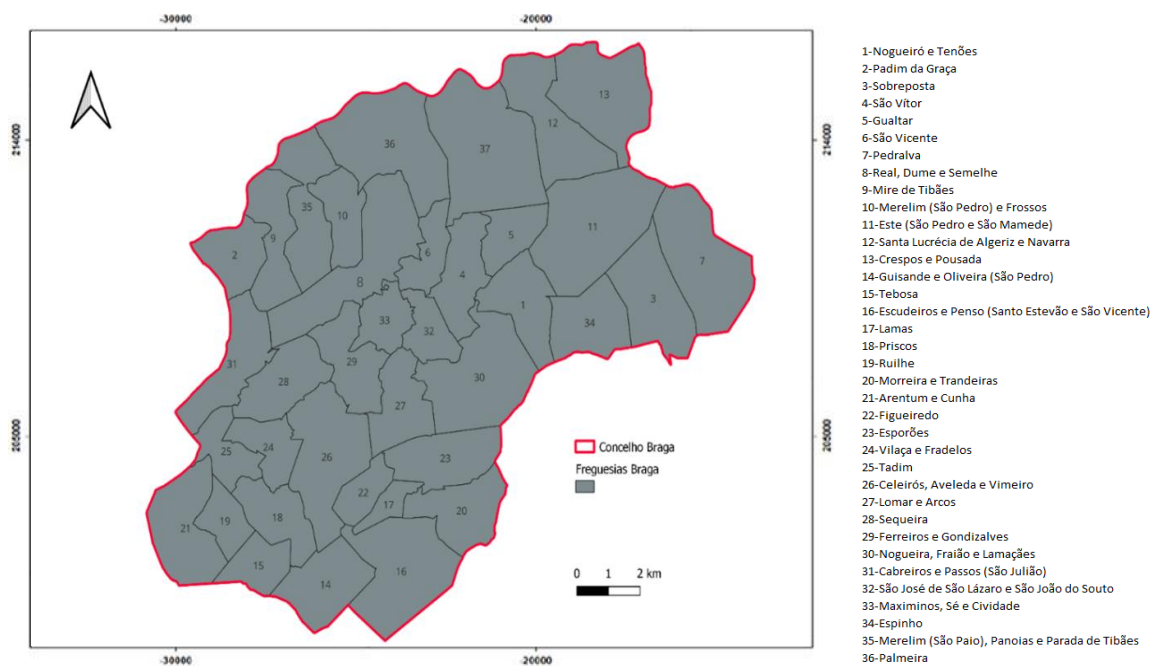


Figura 2.2 Freguesias do concelho de Braga (Projeção ETRS 1989 Portugal TM06).

2.2 Enquadramento geomorfológico

A geomorfologia do concelho de Braga é influenciada pela geologia local, uma vez que as diferentes formações geológicas apresentam diferentes níveis de resistência à erosão (erosão diferencial).

O concelho de Braga apresenta relevos montanhosos nos setores leste e sul, com altitudes acima dos 400 metros, atingindo os 572 metros no Monte do Sameiro. Os setores central e oeste apresentam relevos com pouca variação em termos de elevação (Fig. 2.3). As altitudes mais baixas predominam no setor norte, na margem esquerda do rio Cávado, não

ultrapassando os 200 metros. O rio Cávado, controlado estruturalmente por falhas de direção ENE-WSW, flui num vale amplo e aberto (Ferreira *et al.*, 2000).

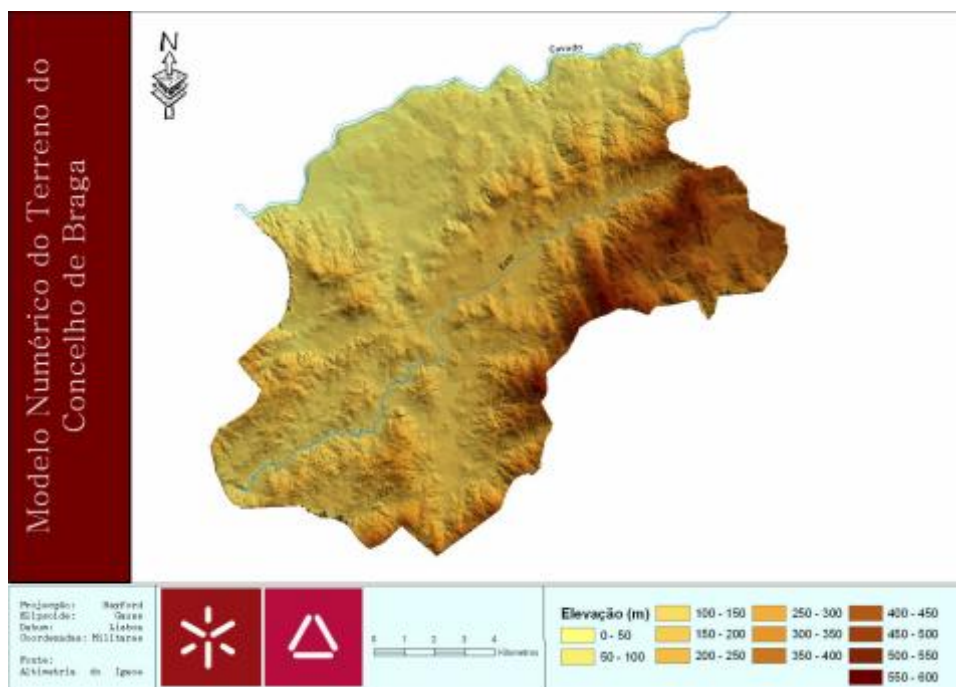


Figura 2.3 Modelo numérico do terreno do concelho de Braga (Ribeiro, 2015).

O centro do município está situado sobre uma plataforma que varia entre 100 e 200 metros de altitude.

O rio Este nasce a 460 metros de altitude entre a Serra do Carvalho e a Serra dos Picos, na freguesia de Covelas, Póvoa de Lanhoso, e percorre cerca de 45 km no sentido NE-SW, desaguando no rio Ave na freguesia de Touguinhó, Póvoa de Varzim.

2.3 Enquadramento geológico

O concelho de Braga está localizado na Zona Centro Ibérica, região essa que se estende desde Portugal até Espanha. A geologia desta área é bastante diversa, com formações cujas idades variam desde o Paleozóico até ao Quaternário. No caso de Braga, a cartografia geológica na escala 1:50.000 (Ferreira *et al.*, 2000) mostra que o concelho é composto principalmente por rochas graníticas com diferentes texturas, composições e granulometrias, bem como por rochas metassedimentares.

As rochas graníticas predominam no concelho, representando a maior parte da área aflorante (Fig. 2.4). Instalaram-se sucessivamente durante as últimas fases de deformação hercínica, que ocorreram há cerca de 300 milhões de anos. Existem três grupos distintos de granitóides: sin-F3 (320 a 310 Ma), tardi-F3 (310 a 305 Ma) e tardi a pós F3 (\approx 300 Ma). Os granitóides sin-F3 incluem os granitos de Gondizalves, Vila Verde e Sameiro, enquanto os tardi-F3 consistem nos complexos graníticos de Celeirós, Póvoa de Lanhoso e Braga. Por fim, os granitóides tardi a pós F3 incluem o granito de Briteiros.

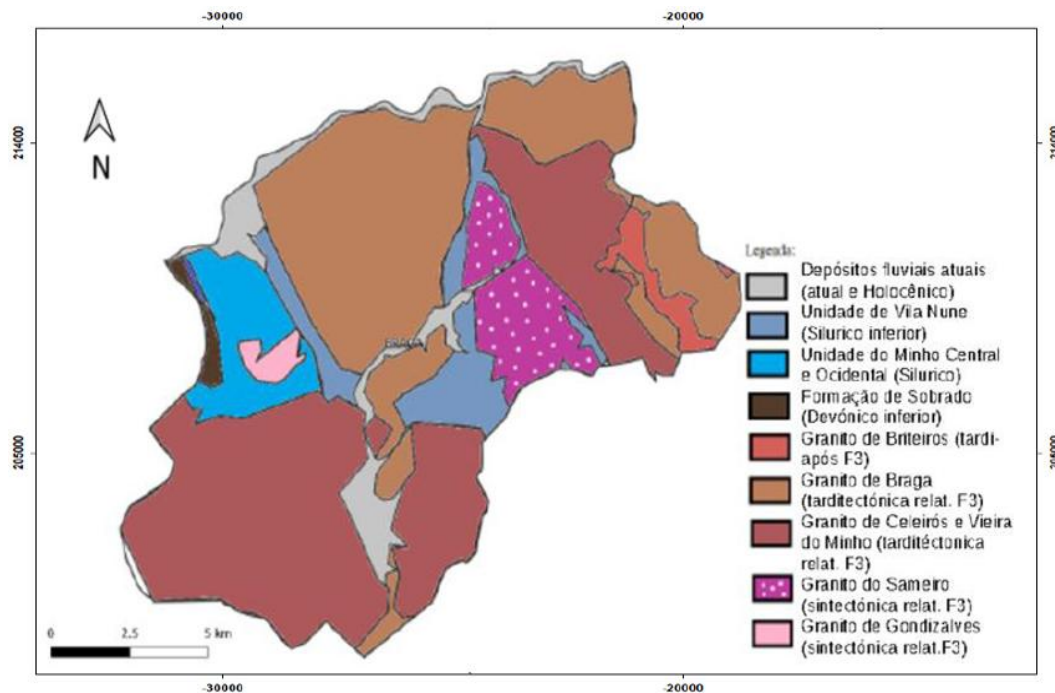


Figura 2.4 Enquadramento geológico simplificado do Concelho de Braga (adaptado da Folha 5-D Braga da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50000 (Ferreira et al., 2000)), (Projeção ETRS 1989 Portugal TM06).

Para além das formações graníticas, também é possível encontrar metassedimentos do Paleozóico, depósitos plio-pleistocénicos e aluviões atuais em Braga. Esta zona é notavelmente marcada por grandes áreas de granitos porfiróides com granulometria grosseira ou média, existindo numerosas pedreiras de granito na área. A região possui recursos mineiros como estanho, principalmente em associação com volfrâmio, além de minério de ferro. Essas condições resultam num território dividido entre solos com capacidade agrícola e solos impróprios para tal atividade. De uma maneira geral, os solos locais são ácidos e carentes em fósforo e cálcio, mas com quantidade satisfatória de potássio. Em princípio, esses

solos não teriam grande potencial agrícola, porém a intervenção humana, incluindo o enriquecimento do solo com matéria orgânica e o planeamento de irrigação, tem contribuído para mudar esse cenário (Dinis, 1993/1994).

2.4 Enquadramento geoestrutural

O território português é marcado por uma história geodinâmica complexa que tem moldado a sua paisagem e as características geológicas ao longo de milhões de anos. A sua localização no bordo ocidental da Península Ibérica, na zona de cruzamento de uma margem continental orientada N-S, relacionada com a abertura do Atlântico Norte e considerada do tipo passivo, com uma zona de fronteira de placas disposta segundo uma orientação geral E-W, entre as placas Eurasiática e Africana, traduzem-se numa significativa atividade neotectónica e sísmica (Cabral, 1995).

Portugal Continental localiza-se no interior da placa Euroasiática, que está limitada a sul pela Zona de Falha Açores-Gibraltar (ZFAG) e a Oeste pela Crista Média Atlântica (Fig. 2.5). A Crista Média Atlântica corresponde à fronteira entre as placas Norte-Americana, a oeste, e as placas Eurasiática e Africana, a leste, sendo uma estrutura divergente. A ZFAG corresponde à fronteira entre as placas Eurasiática, a norte, e Africana, a sul, estendendo-se desde o arquipélago dos Açores até à região de Gibraltar. Esta estrutura pode ser dividida em três segmentos com orientação, expressão morfológica e características sismotectónicas distintas (Madeira, 1998). Com efeito, no extremo mais ocidental, na região dos Açores, esta fronteira apresenta direção WNW-ESE, sendo difusa e marcada por um regime transtensivo direito (Madeira, 1998; Madeira e Brum da Silveira, 2003; Madeira *et al.*, 2015). Com direção E-W, o setor central, conhecido por Falha Gloria (Laughton *et al.*, 1972), caracteriza-se por uma movimentação em desligamento direito puro. Para oriente, na zona do Banco de Gorringe, o movimento de desligamento passa a cavalgamento da placa Eurasiática sobre a placa Africana (Madeira, 1998), sendo a deformação interplaca acomodada ao longo de uma faixa com cerca de 200 km de largura (Cabral, 2012).

A proximidade do território continental português, especialmente o sul do país, à zona de fronteira entre as placas Eurasiática e Africana fazem com que esteja sujeito à atividade sísmica interplaca, concentrada essencialmente nas áreas dos bancos submarinos de Gorringe, a SW, e do Guadalquivir, no Golfo de Cádiz, a S (Cabral, 1995). Foi nestas áreas que

se geraram alguns dos sismos de maior magnitude do passado, como seja o sismo de 1 de novembro de 1755 (Teves-Costa *et al.*, 2019).

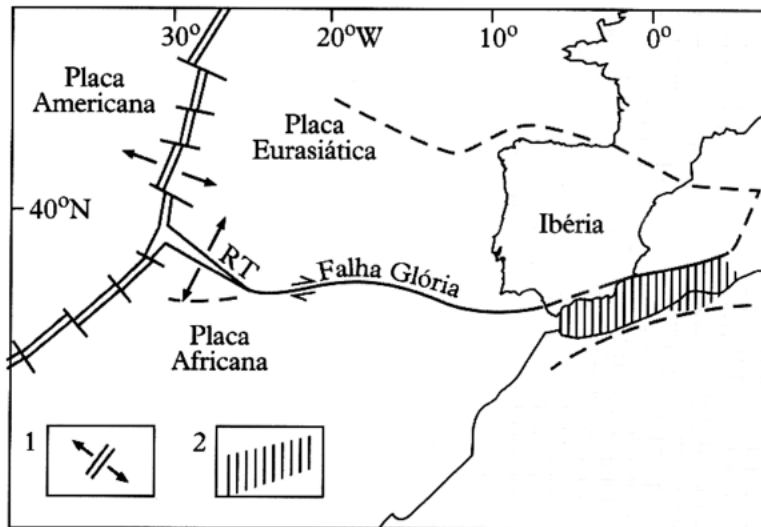


Figura 2.5 Enquadramento geotectónico de Portugal (Ferreira, 2005). Legenda: RT – Rift da Terceira; CMA – Crista Média Atlântica. 1- movimento divergente da placa tectónica, 2- faixa de compressão.

Além da sismicidade localizada a sul e a sudoeste de Portugal Continental, existe também atividade sísmica significativa no interior do país e junto ao litoral, devido à presença de várias falhas consideradas ativas nos últimos 3 Ma, com taxas de deslizamento muito baixas (Cabral, 1995, 2012). Esta atividade neotectónica é atípica para uma margem considerada passiva. Segundo Ribeiro *et al.* (1996), pode ser explicada por uma transição da convergência passiva para ativa, devido à Península Ibérica se comportar como uma microplaca, girando no sentido horário entre a África e a Eurásia, induzindo a convergência através da margem ocidental da Península Ibérica a uma taxa de aproximadamente 1 mm/ano.

Devido a este enquadramento geodinâmico, o território continental português e toda a área atlântica adjacente constitui uma zona de sismicidade importante, caracterizada por eventos de magnitude inferior a 6,0 relativamente frequentes e pela ocorrência de grandes sismos ocasionais no interior e no mar (Cabral, 2012), responsáveis por muitas perdas de vidas e avultados danos materiais (Pena *et al.*, 2014).

A região de Braga faz parte da Bacia Sedimentar do Minho que se estende pelo norte de Portugal e parte da Galiza, em Espanha na Zona Centro Ibérica (ZCI). A formação da ZCI remonta à orogenia Varisca, resultante da colisão continental entre os continentes Gondwana e Laurasia, que teve

início no final do Silúrico e início do Devónico. Este processo foi caracterizado por mecanismos de subducção da crosta oceânica, iniciando o ciclo Varisco com a abertura de oceanos delimitados por margens passivas (540-420 Ma) (Pereira *et al.*, 2022). Esta deformação é complexa, envolvendo processos polifásicos e dividindo-se em três fases tectónicas distintas: D1, D2 e D3. A fase D1 foi responsável por gerar dobramentos com orientação predominante NW-SE.

Na área de estudo, a morfologia do relevo é fortemente influenciada pela tectónica, com as litologias sendo profundamente afetadas pela faturação Varisca NNE-SSW e NW-SE (Fig. 2.6). Estas características foram posteriormente reativadas por movimentos alpinos, gerando uma rede própria de fraturas ENE-WSW. A orientação dos granitóides que afloram nesta região foi principalmente condicionada pela fase tardi-Varisca. Esta tectónica tardia é marcada pela compressão máxima com orientação NE-SW, resultado das fraturas NW-SE, evidenciadas na área pelos grandes alinhamentos da rede fluvial (Pereira *et al.*, 2022).

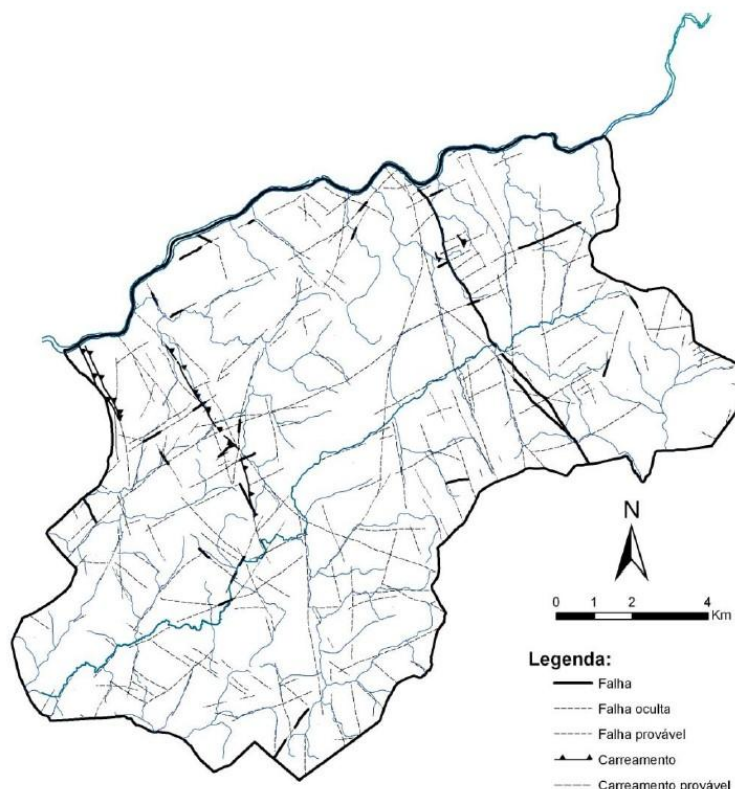


Figura 2.6 Falhas e fraturas do concelho de Braga (Teles, 2010), (Projeção ETRS 1989 Portugal TM06).

2.5 Enquadramento hidrográfico

A Região Hidrográfica do Cávado, Ave e Leça (RH2), com uma área total de 3.585 km², abrange as bacias hidrográficas dos rios Cávado, Ave e Leça, em conjunto com as das ribeiras costeiras adjacentes e respetivas águas subterrâneas, bem como as águas costeiras vizinhas (Agência Portuguesa do Ambiente, 2020).

Em toda a região estão incluídos 28 concelhos, sendo que 9 deles estão completamente englobados pela RH2, enquanto outros 19 têm apenas uma parte do seu território abrangido por esta região hidrográfica (Agência Portuguesa do Ambiente, 2020). De todos os centros urbanos destaca-se Braga, a sede distrital, como um dos centros urbanos mais relevantes dentro da RH2, devido à sua capacidade estruturante na região.

O rio Cávado delimita geograficamente a parte noroeste de Braga (Fig. 2.7). O rio nasce na Serra do Larouco, a uma altitude aproximada de 1.520 metros, e percorre cerca de 129 km na direção ENE-WSW até desaguar em Esposende. A área abrangida pela bacia hidrográfica do rio Cávado é de 1.699 km², dos quais aproximadamente 256 km² e 248 km² correspondem, respetivamente, às sub-bacias dos seus afluentes mais relevantes (Agência Portuguesa do Ambiente, 2020). Já o rio Ave nasce na Serra da Cabreira, a cerca de 1.200 metros de altitude, no Pau da Bela, percorrendo cerca de 85 km até desaguar no Oceano Atlântico, em Vila do Conde (Agência Portuguesa do Ambiente, 2020). Os seus principais tributários são na sua margem esquerda o rio Vizela, que drena uma área de 340 km² e, na margem direita, o rio Este que drena uma área de 247 km² e que atravessa a região de Braga quase na totalidade e, como tal, apresenta uma maior importância para o caso de estudo em questão.

O vale deste rio pode ser separado em duas partes distintas. O trecho superior ou alto engloba a área que se estende desde a nascente até o ponto de Trezanoso (Santa Eulália de Arnoso, Vila Nova de Famalicão), após a interseção com o rio Guisande. Essa porção exhibe um vale mais estreito, caracterizado por elevações que podem alcançar altitudes de até 400 metros. A jusante desse ponto, na chamada "reta de Viatodos", tem início o curso inferior, onde predominam em grande quantidade as baixas altitudes, que não ultrapassam os 200 metros (Ferreira, 2012).

O rio Este possui cerca de 52 km de comprimento. O seu trajeto é sinuoso e apresenta uma orientação predominante NE-SW, atravessando o centro da cidade de Braga (Fig. 2.8), áreas urbanas, industriais e agrícolas. Na zona mais urbanizada da cidade de Braga está canalizado quase na sua

de cerca de 1500 mm, contribuindo para a paisagem verdejante da região (Teles, 2010).

A cidade experimenta quatro estações bem definidas ao longo do ano. Os invernos são tipicamente frios, com temperaturas médias que variam entre os 5°C e os 12°C, e chuvosos, com uma média de precipitação superior a 150 mm por mês (de novembro a março) (Fig. 2.9). Os ventos predominantes são do quadrante sul, contribuindo para a distribuição da chuva. Em anos muito frios pode ocorrer a queda de neve, como aconteceu a 9 de janeiro de 2009 (Teles, 2010).

Os verões (meses julho a setembro) são caracterizados por temperaturas mais quentes, com máximas que frequentemente ultrapassam 25°C, podendo chegar a 30°C ou mais (Fig. 2.10). A chuva é substituída por um período seco, com precipitação média de cerca de 40 mm por mês (Teles, 2010). Apenas os meses de julho e agosto registam precipitação abaixo da média, sendo que os meses restantes apresentam médias consideráveis a rondar os 50 mm.

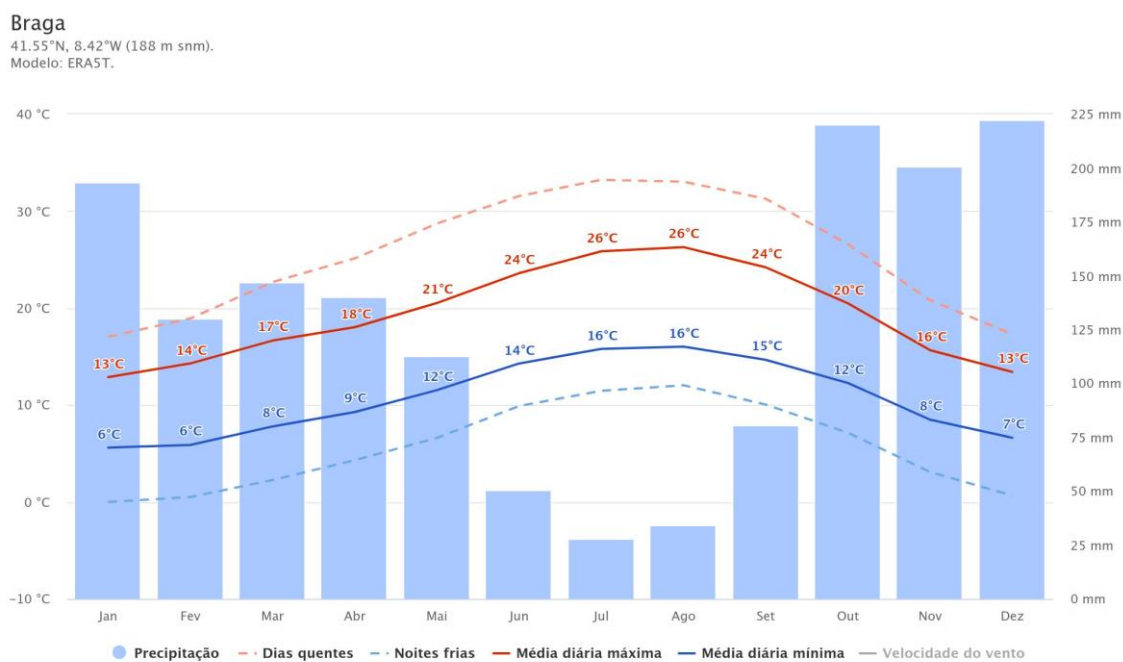


Figura 2.8 - Diagrama Termopluviométrico para a normal climatológica de 1995-2024 referente à região de Braga. As linhas vermelhas e azuis indicam a média da temperatura máxima de um dia para cada mês para Braga. As colunas azuis indicam a precipitação média de cada mês.

Fonte: Meteoblue (online).

Na figura 2.10 é ilustrada a variação da precipitação ao longo do ano, em Braga, e como seria de esperar, comparando com o gráfico da temperatura, é notável que durante os meses de maior calor regista-se uma menor precipitação. De acordo com dados do portal Climate Data (*online*), Braga tem uma temperatura média de 20,9°C, sendo agosto o mês mais quente do ano. Janeiro é o mês com temperatura mais baixa, com 7,4°C de temperatura média.

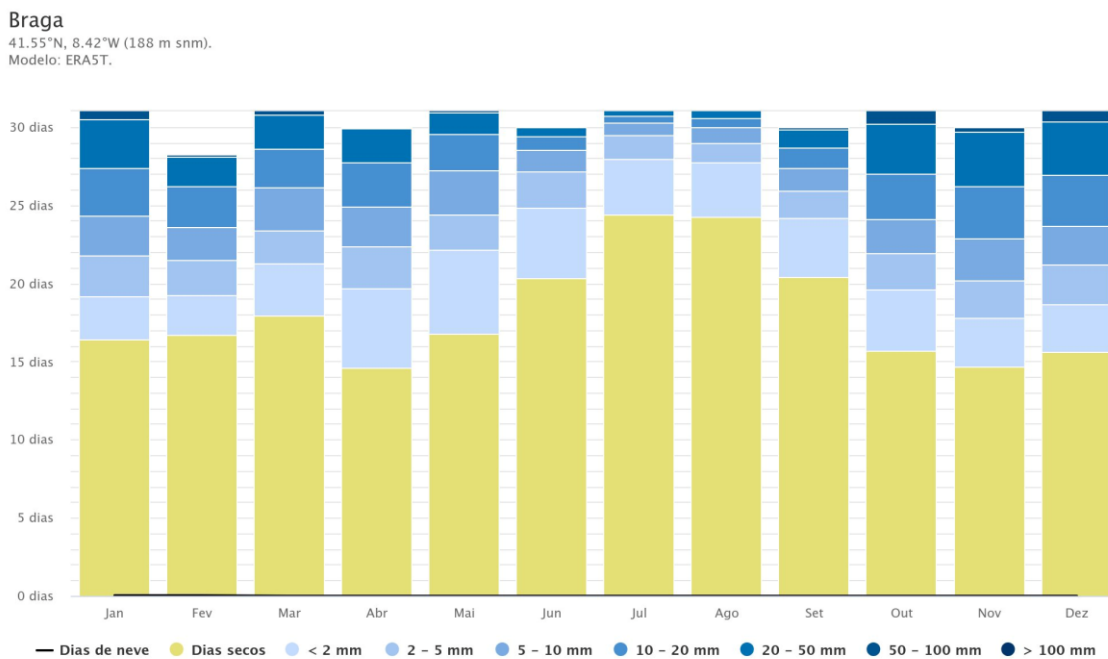


Figura 2.9 Quantidade de precipitação para a normal climatológica de 1995-2024 referente à região de Braga. Fonte: ;Meteoblue (*online*).

3 Elementos expostos do concelho de Braga

3.1 Uso e ocupação do solo

O solo é um recurso natural sujeito a ações humanas que podem influenciar as suas características e alterar as suas propriedades. Como resultado, o solo é ocupado de várias maneiras pelo homem.

No município de Braga, a ocupação do solo é classificada em oito categorias: territórios artificializados, agricultura, pastagens, superfícies agroflorestais, florestas, matos, espaços descobertos ou com pouca vegetação e massas de água superficiais (Ferreira et al, 2022) (Fig. 3.1.)

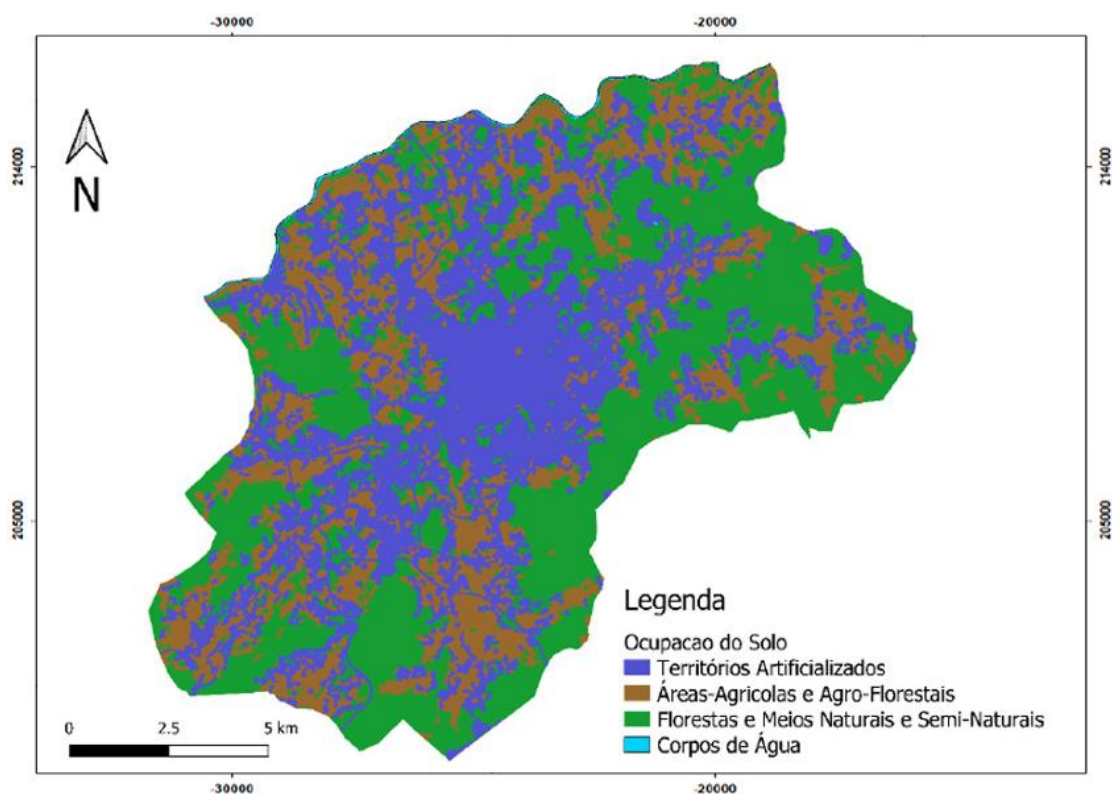


Figura 3.1 - Carta de uso e ocupação do solo do concelho de Braga, produzida em QGIS (adaptado de COS, 2018), (Projeção ETRS 1989 Portugal TM06).

O tipo de ocupação do solo pode influenciar o impacto dos vários perigos geológicos num determinado local.

A acumulação de água à superfície é tanto menor quanto maior for a permeabilidade da litologia que compõe o território, sendo este um fator significativo quando se trata do perigo de cheias e inundações. A

permeabilidade refere-se à capacidade de uma rocha permitir a passagem de água sem alterar a sua estrutura. Quanto mais permeáveis forem as rochas, maior será a infiltração e, conseqüentemente, menor será o escoamento superficial. Por outro lado, quanto mais impermeáveis forem as rochas, menor será a infiltração e maior será o escoamento superficial, influenciando as águas à superfície (Ferreira et al., 2022).

Por outro lado, as áreas que minimizam o risco hidrológico estão associadas a uma boa cobertura vegetal, pois a vegetação promove a infiltração da água no solo e diminui a escorrência, reduzindo assim a acumulação de água na superfície e diminuindo o risco de ocorrência de movimentos de vertente (Ferreira et al., 2022).

No entanto, além dos perigos hidrológicos, é importante considerar também outros perigos geológicos, como os sismos, que podem ser desencadeados por atividade tectónica na região uma vez que Braga está localizada em uma região sismicamente ativa.

3.2 População residente

A distribuição da população residente em Portugal Continental é notável pela sua acentuada heterogeneidade regional (Fig. 3.2). Observa-se uma notável disparidade entre o interior e o litoral, sendo o interior menos povoado. É de notar que mais de 80% da população total de Portugal Continental reside nos nove distritos litorais, apesar destes nove distritos representarem apenas aproximadamente um terço da área total de Portugal Continental.

O concelho de Braga é densamente povoado, sendo o quinto mais povoado do território continental (Fig. 3.2), apresentando, no ano de 2021, uma densidade populacional correspondente a 1.053,94 hab/km² (Instituto Nacional de Estatística, 2022).

De acordo com os dados divulgados pelo Instituto Nacional de Estatística (Censos, 2021), Braga, em 2021, de entre todos os concelhos portugueses, foi o que mais cresceu apresentando agora um total de 193.324 cidadãos residentes. Relativamente aos números dos Censos anteriores, Braga cresceu 6,5 % o que significa um aumento de 11.830 habitantes.

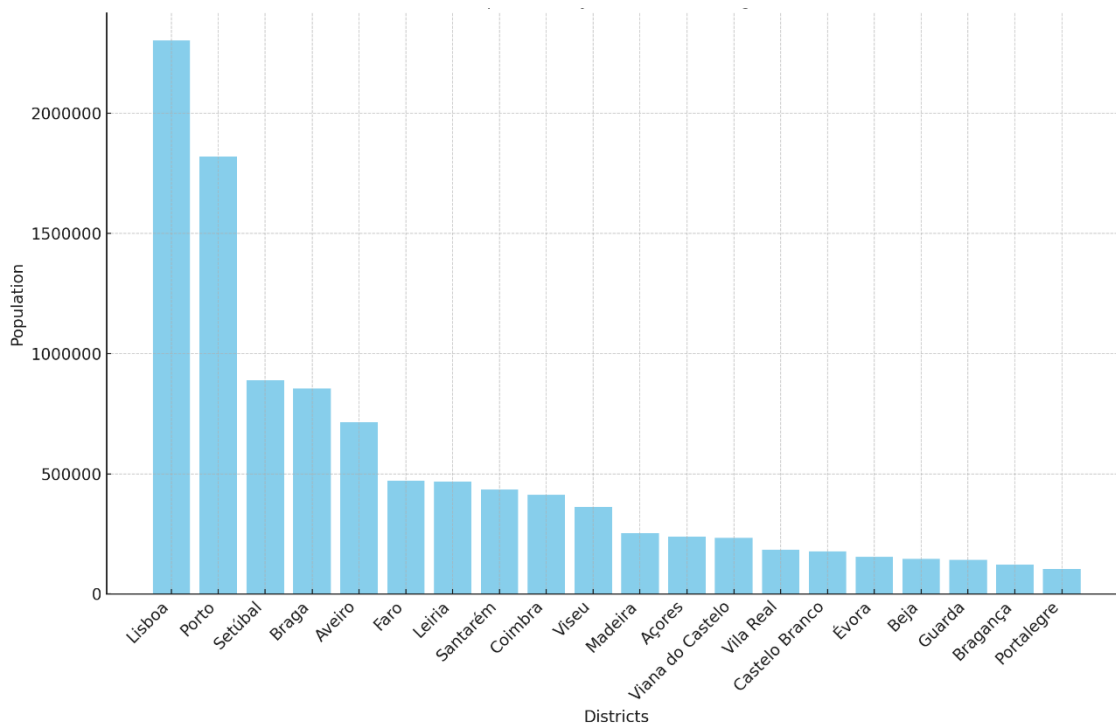


Figura 3.2 População residente por distrito em Portugal (Censos, 2021).

A freguesia que regista um maior número de residentes é a de São Vítor, com 32.876 indivíduos (17% da população residente total), seguindo-se a união de freguesias de Maximinos, Sé e Cidade com 15.087 indivíduos (7,8% da população residente total), e a união de freguesias de São José de São Lázaro e São João do Souto, com 14.791 residentes (7,65% da população residente total), sendo Lamas a freguesia que apresenta menos residentes (852 moradores; 0,44% da população residente total) (Ferreira, 2021) (Fig. 3.2).

Como é possível ver na figura 3.4, a maior parte da população está localizada na região central do concelho que coincide com o perímetro do rio Este, ao longo do seu percurso.

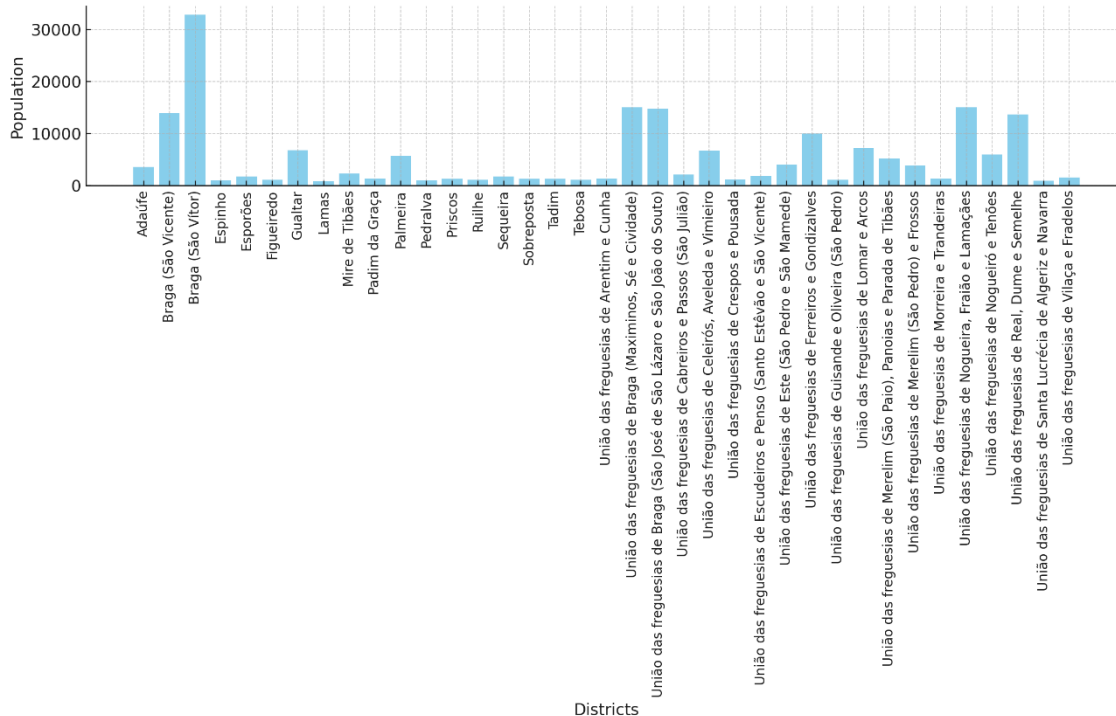


Figura 3.3 Residentes, por freguesia, do concelho de Braga (Censos, 2021).

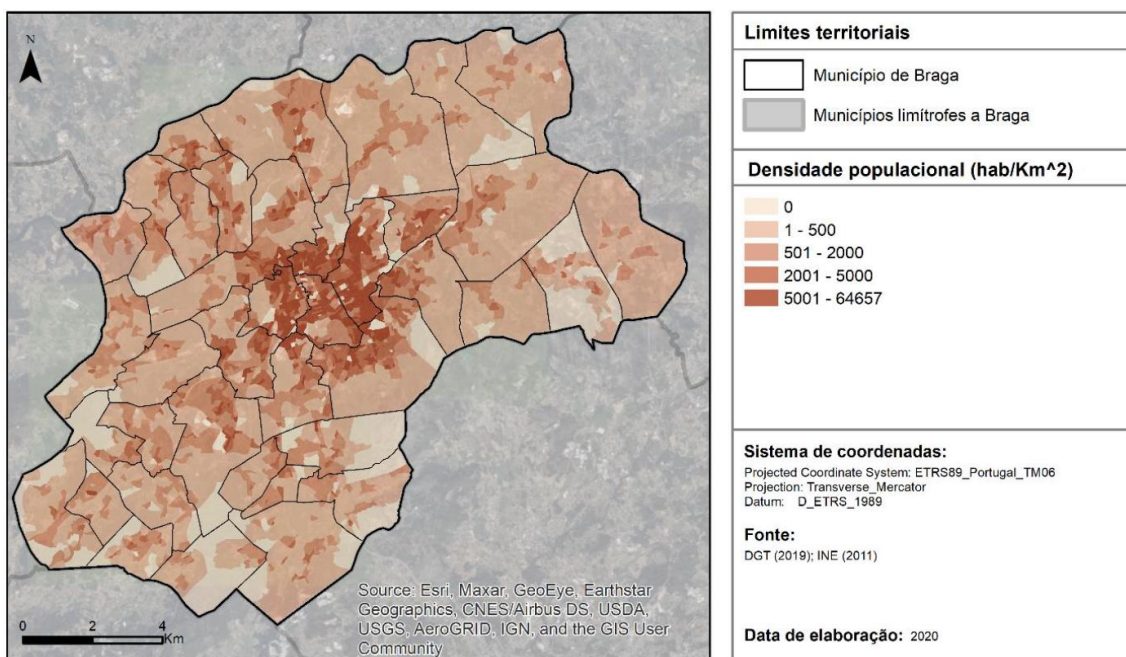


Figura 3.4. Densidade populacional do concelho de Braga (in Ferreira, 2021).

3.3 Edificado de Braga

Em termos de património histórico e cultural, Braga é conhecida como a "Roma Portuguesa" devido à sua riqueza em igrejas, capelas e edifícios religiosos, incluindo a Sé de Braga, uma das catedrais mais antigas de Portugal. Além disso, a cidade abriga o referido Santuário do Bom Jesus do Monte, um importante local de peregrinação e um exemplo notável da arquitetura barroca (Câmara Municipal de Braga, 2017).

Os edifícios em Braga apresentam características muito diferentes consoante os diferentes bairros da cidade. O Centro Medieval é marcado por edifícios com vários usos desde comercial a residencial, com ruas estreitas e uma densa concentração de estabelecimentos, serviços e comércios (Câmara Municipal de Braga, 2015). A urbanização é compacta, contínua e estável, destacada pela presença proeminente de edifícios religiosos, incluindo igrejas, como por exemplo a Sé Catedral. A Cidade Tradicional Unificada mantém a sua forma clara e continuidade com o centro histórico. A sua expansão até ao século XIX foi influenciada pela intervenção do Renascimento e do arcebispo D. Diogo de Sousa e D. Rodrigo Moura Teles, criando um novo visual urbano com formas lineares que aparecem ao longo do eixo de acessibilidade, caracterizadas por crescimento espontâneo.

As atividades económicas de pequena e média dimensão incluem edifícios para indústria ou armazéns, muitas vezes perto de áreas residenciais ou rurais.

As áreas urbanas com residências predominantemente unifamiliares são maioritariamente constituídas por habitações em loteamentos individuais, com comércio muitas vezes localizado na cave ou no rés-do-chão e muitos espaços isolados, além de fraca integração com a rede rodoviária. Já a formação urbana é constituída essencialmente por habitações multifamiliares que se distinguem pela concentração de edifícios de grande altura, sobretudo nas zonas centrais e periféricas do centro da cidade (Câmara Municipal de Braga, 2015).

Desde a evolução humana, o Homem sempre teve a necessidade de se instalar próximo das áreas com água, e tal é bastante notável na região de Braga. De forma a demonstrar tal, foi realizada uma carta de solo urbanizado que demonstra a dispersão do solo urbanizado pelo concelho de Braga. Foi também sobreposto o rio Este sobre o solo urbanizado de forma a mostrar que a urbanização foi construída, em grande parte, junto

ao rio Este, para assim ajudar a entender a relação e interação destes elementos (Fig. 3.5).

A freguesia que regista um maior número de alojamentos é a de União das freguesias de Real, Dume e Semelhe com 2.730 alojamentos, seguindo-se a freguesia de São Vítor com 2.704. Os alojamentos estão distribuídos ao longo do território bracarense, existindo, no entanto, uma maior concentração no centro urbano (Fig. 3.5).

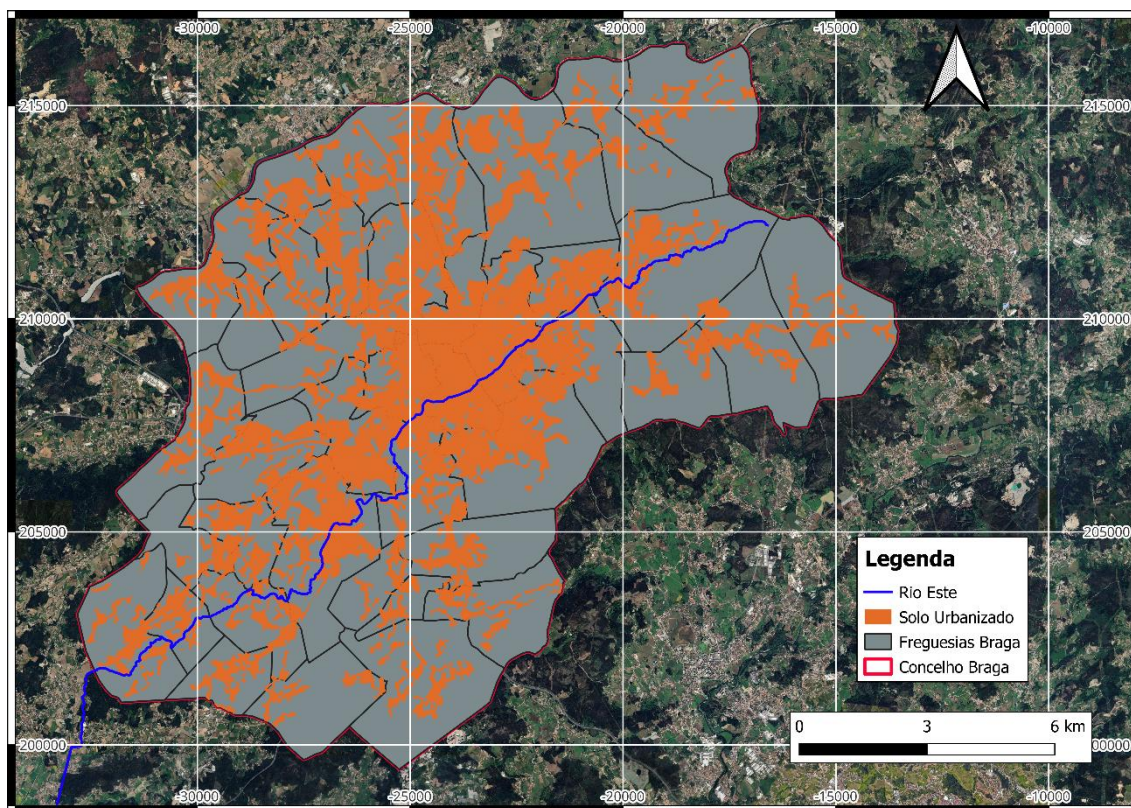


Figura 3.5 Carta do concelho de Braga com identificação do solo urbanizado (Projeção ETRS 1989 Portugal TM06).

3.4 Infraestruturas de relevância operacional

3.4.1 Rede rodoviária

Quanto à rede rodoviária de Braga, esta não é apenas um sistema funcional, mas também um testemunho vivo da sua história, apresentando ruas estreitas e calçadas de paralelepípedos que remontam aos séculos passados e que coexistem com vias modernas e largas (*in* Ferreira, 2021). A partir do centro desenvolvem-se as estradas principais, que servem como

artérias vitais para o tráfego intra e intermunicipal e onde a Avenida da Liberdade, uma das mais conhecidas vias da cidade, é um exemplo de ligação que conecta o centro histórico às áreas periféricas. As vias constituídas por estradas nacionais fazem a ligação com os centros urbanos mais importantes e próximos do território bracarense, nomeadamente o Porto, pela EN14, a Póvoa de Lanhoso e Chaves, pela EN 103, a Guimarães, pela EN 101, a Famalicão, pela EN 14, a Vila Verde e Monção, pela EN 101, e a Ponte de Lima e Valença, pela EN 201. Além disso, o concelho é ainda servido por cinco autoestradas, A1, A3, A7, A11 e A28 (Fig. 3.6) (Ferreira, 2021).

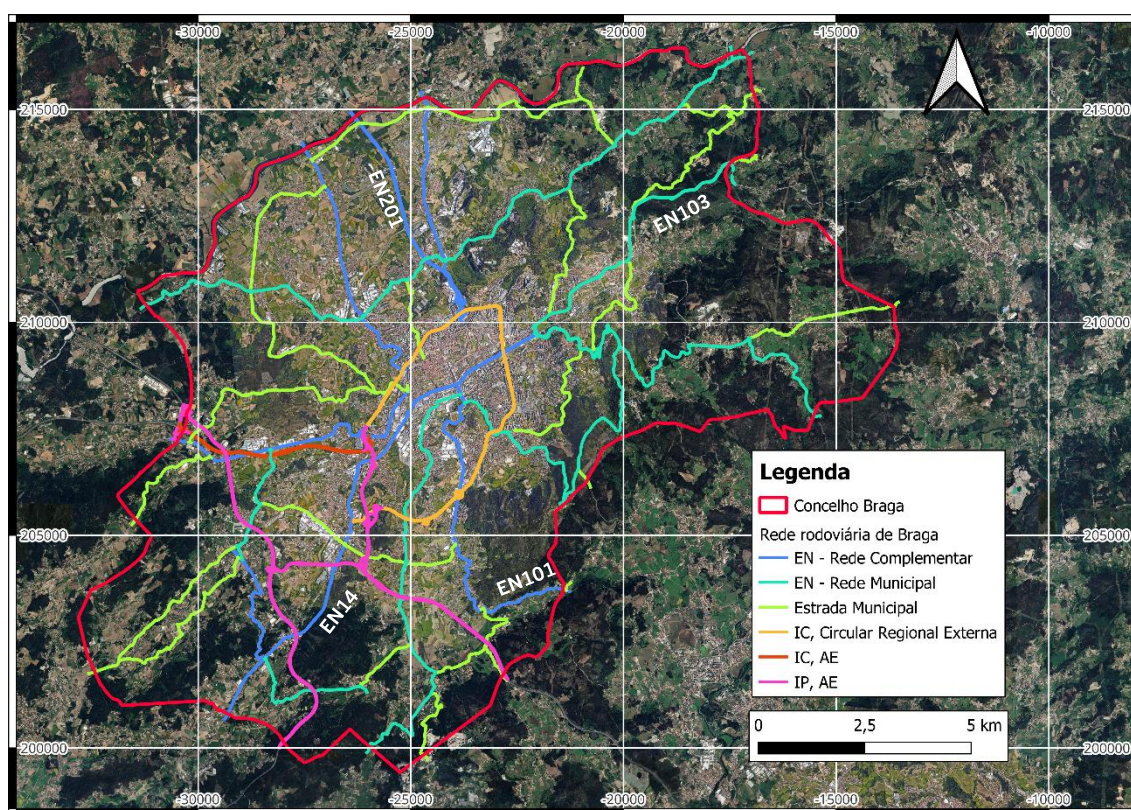


Figura 3.6 Rede rodoviária no concelho de Braga (Projeção ETRS 1989 Portugal TM06).

3.4.2 Rede ferroviária do concelho de Braga

A infraestrutura ferroviária de Braga é parte integrante da rede ferroviária nacional de Portugal, operada pela empresa Comboios de Portugal (CP). Braga é uma das principais cidades servidas pela linha ferroviária do Minho, que liga o Porto a Valença, na fronteira com Espanha, passando por diversas cidades importantes no norte de Portugal.

A estação ferroviária de Braga é uma das principais estações ao longo da linha do Minho. Localizada no centro da cidade, a estação oferece serviços de comboio regional e inter-regional, permitindo fácil acesso a destinos dentro da região do Minho, assim como para outras regiões de Portugal (Fig. 3.7).

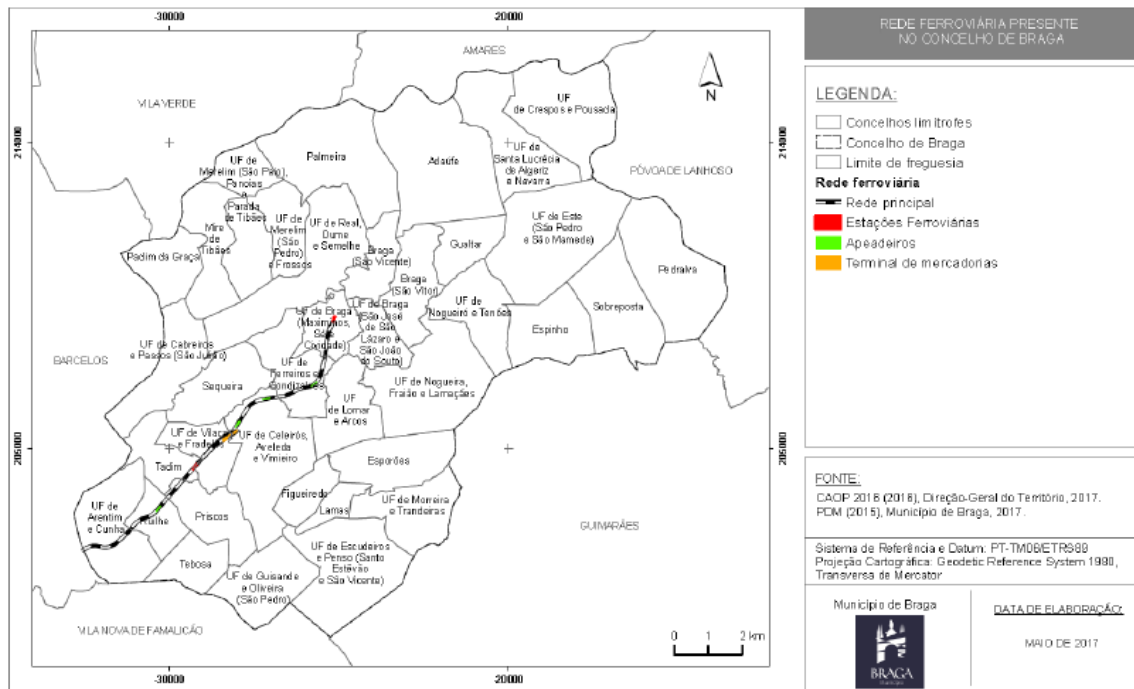


Figura 3.7 Rede ferroviária do concelho de Braga (Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil de Braga, 2018).

3.4.3 Infraestruturas de transporte aéreo

Braga apresenta apenas duas infraestruturas de transporte aéreo: o aeródromo de Braga e o heliporto presente no Hospital de Braga. O aeródromo é frequentemente utilizado para turismo através do aluguer de aeronaves com intuito de realizar passeios aéreos, sendo utilizado também para fazer Skydiving. Já o hospital de Braga apresenta um heliporto que permite o transporte de doentes graves (Fig. 3.8).

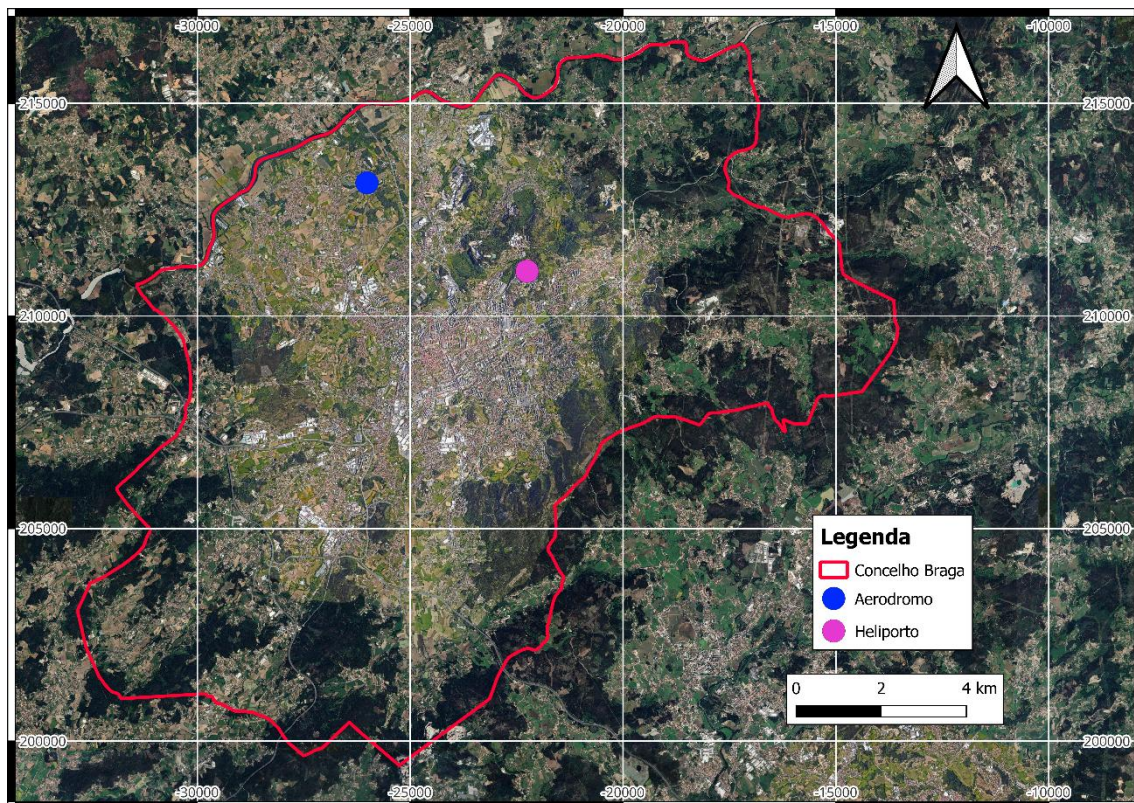


Figura 3.8 Infraestruturas de transporte aéreo (Projeção ETRS 1989 Portugal TM06).

3.4.4 Rede de abastecimento de água

Em Braga, o sistema de abastecimento de água é composto por captação de água em diversas fontes, por Estações de Tratamento de Água (ETA), uma rede extensa de distribuição, reservatórios e torres de água para armazenamento e monitorização contínua da qualidade e manutenção da infraestrutura. Esta infraestrutura garante o fornecimento de água potável para os residentes, empresas e instituições da cidade, promovendo o bem-estar e o desenvolvimento sustentável da comunidade (Fig. 3.9).

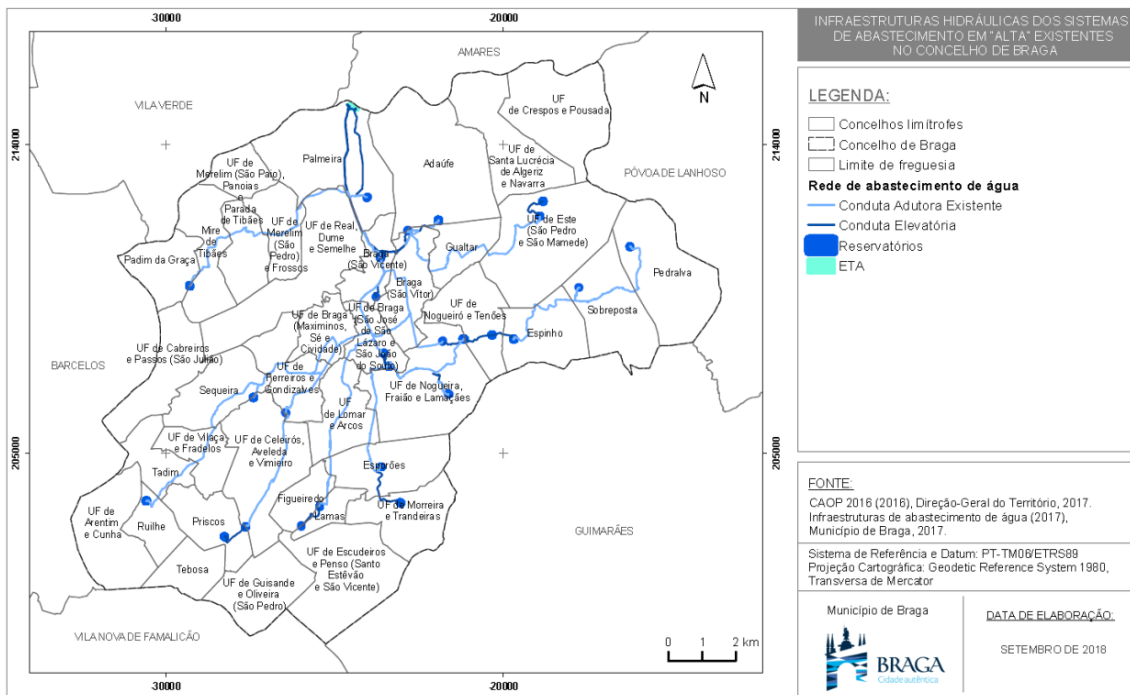


Figura 3.9 Rede de abastecimento de água do concelho de Braga (Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil de Braga, 2018).

3.4.5 Infraestruturas de drenagem de águas residuais

A rede de drenagem de águas residuais em Braga consiste numa série de tubulações subterrâneas que recolhem águas residuais de residências. Além das tubulações, existem estações de bombeamento que ajudam a impulsionar o fluxo das águas residuais, especialmente em áreas com terreno plano, garantindo que o sistema funcione de forma eficiente, mesmo em locais de maior elevação. A rede de drenagem de águas residuais desempenha um papel crucial na proteção da saúde pública e na preservação do meio ambiente em Braga, levando a que as águas residuais sejam tratadas adequadamente antes de retornarem à natureza (Fig. 3.10).

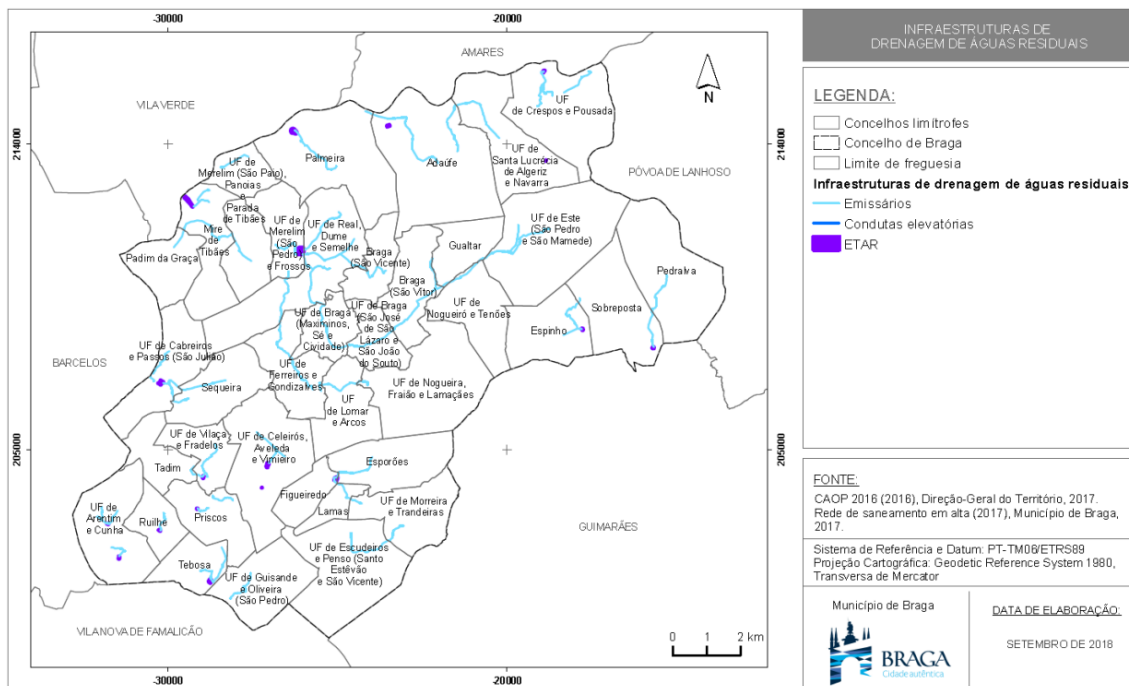


Figura 3.10 Drenagem de águas residuais (Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil de Braga, 2018) (Projeção ETRS 1989 Portugal TM06).

3.4.6 Infraestruturas de telecomunicações

A rede de telecomunicações de Braga é suportada por estações de rádio telecomunicações e antenas de receção e retransmissão. Braga apresenta também duas antenas de receção que captam sinais de telecomunicações de várias fontes, enquanto as antenas de retransmissão redistribuem esses sinais para áreas específicas. Esta infraestrutura forma a base da conectividade em Braga, garantindo a comunicação eficaz para residentes, empresas e instituições da cidade (Fig. 3.11).

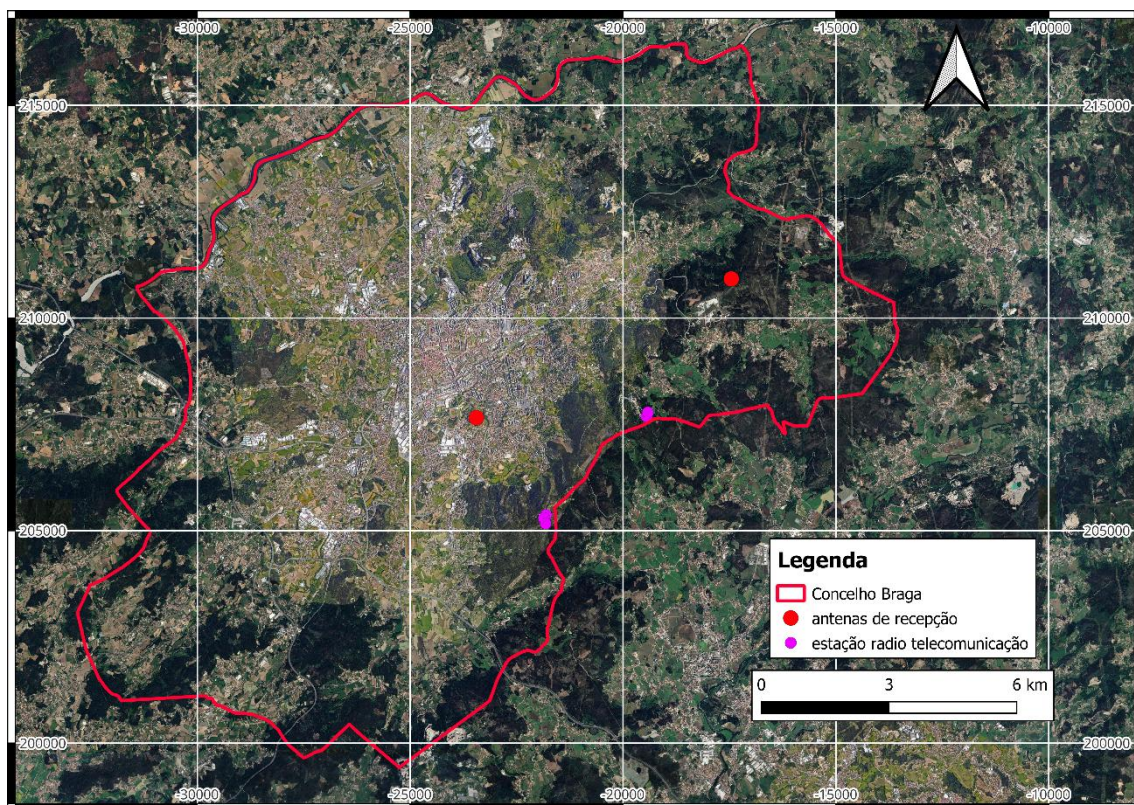


Figura 3.11 Infraestruturas de telecomunicações do concelho de Braga (Projeção ETRS 1989 Portugal TM06).

3.4.7 Infraestruturas de produção, armazenamento e distribuição de eletricidade

A rede de distribuição de eletricidade em Braga abrange linhas de alta tensão, subestações e transformadores. Os centros produtores de energia, incluindo centrais hidroelétricas, contribuem para a produção local de eletricidade demonstrando que a região está a investir em fontes renováveis de energia como parte dos esforços para a sustentabilidade ambiental. A manutenção regular e a monitorização garantem a confiabilidade e o funcionamento seguro do sistema elétrico em Braga (Fig. 3.12).

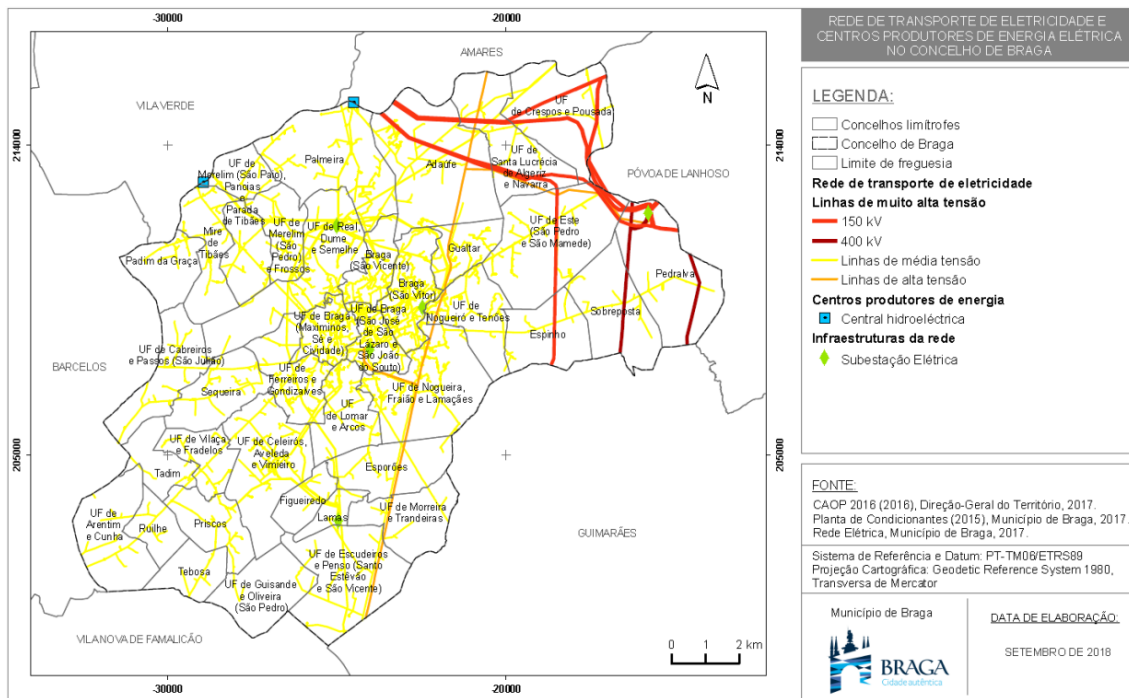


Figura 3.12 Rede de transporte de eletricidade (Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil de Braga, 2018).

3.4.8 Hospitais e Farmácias

No concelho de Braga existem cinco unidades hospitalares, concentrando-se a maioria no centro da cidade (Fig. 3.13). O principal hospital de Braga, público, está localizado na freguesia de São Vítor. O Trofa Saúde Braga Centro e o hospital Lusíadas de Braga estão localizados na união de freguesias de São José e São Lázaro e São João do Souto. No entanto, o Trofa Saúde Braga Norte situa-se nas freguesias de Palmeira e o Trofa Saúde Braga Sul localiza-se na união de freguesias Nogueira, Fraião e Lamações. Como é possível ver na figura seguinte, maior parte das farmácias estão concentradas nas freguesias da zona centro.

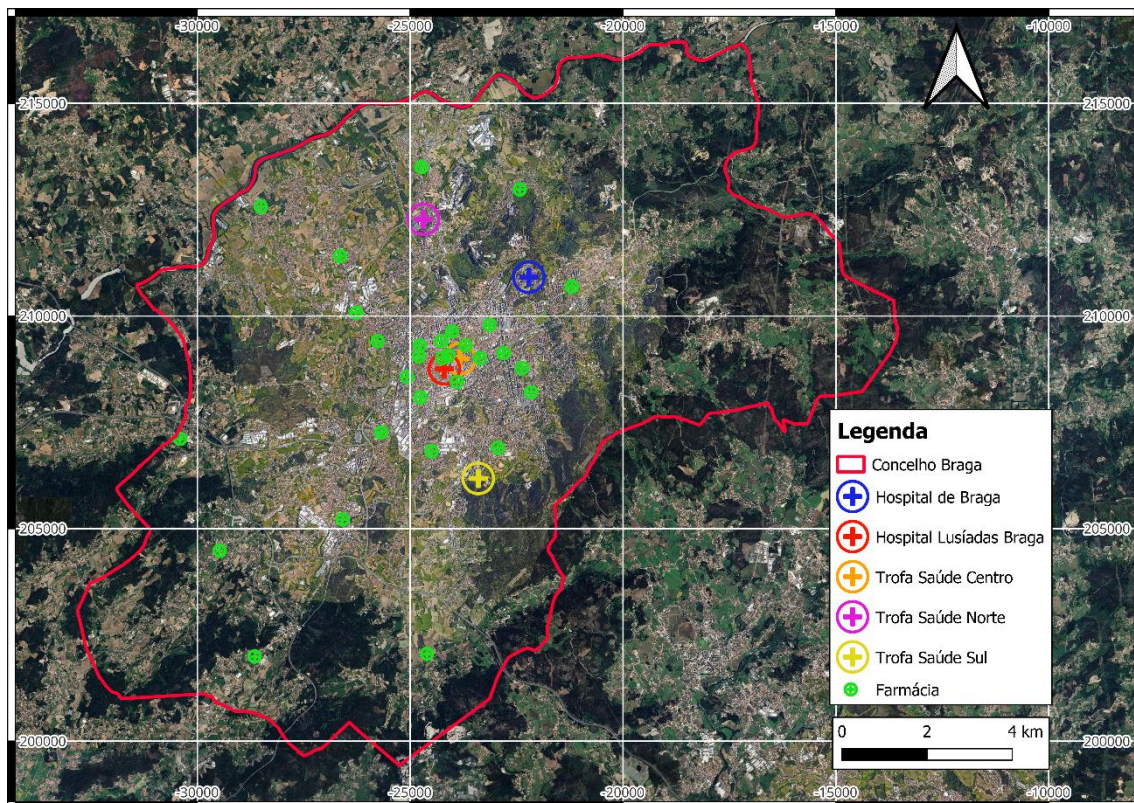


Figura 3.13 Hospitais no concelho de Braga (Projeção ETRS 1989 Portugal TM06).

3.4.9 Rede de radiocomunicações da Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil do concelho de Braga

A infraestrutura de radiocomunicações da Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (ANPC) é fundamental para a gestão de emergências e coordenação de operações de Proteção Civil. Inclui uma rede de rádio que permite a comunicação entre diferentes entidades, como bombeiros, polícia e serviços de emergência. Além disso, a ANPC utiliza outros meios de comunicação, como telefones e sistemas de informação, para garantir uma resposta eficaz, sendo também importante que essa infraestrutura esteja sempre atualizada e operacional para garantir uma resposta rápida a situações de emergência (Fig. 3.14).

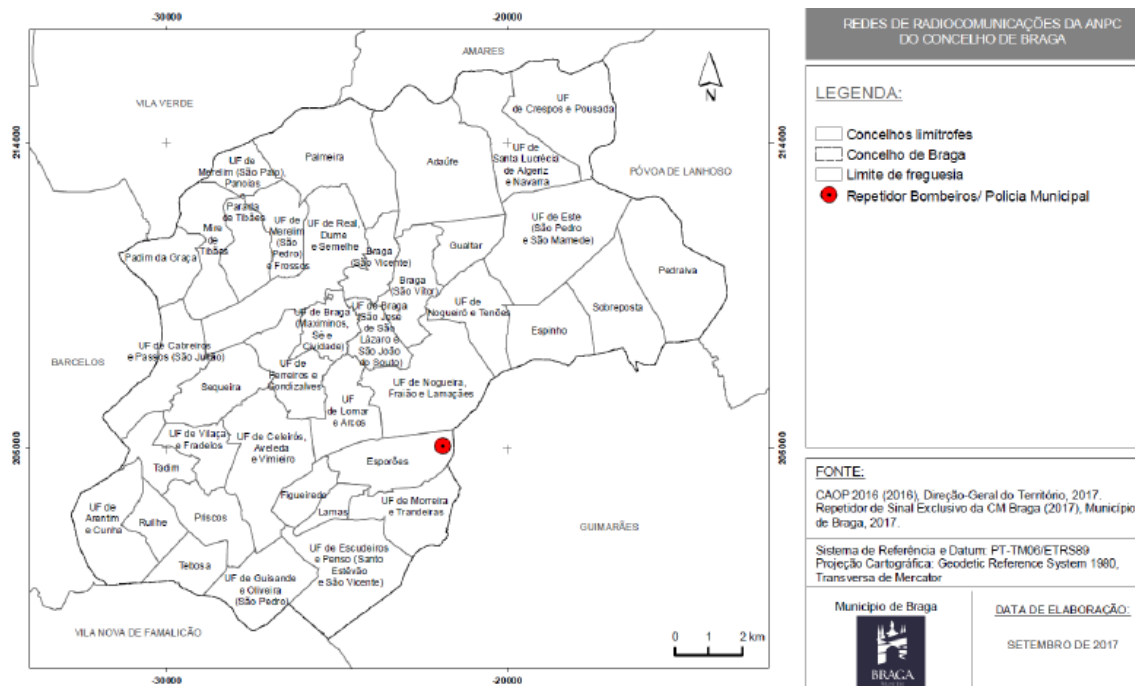


Figura 3.14 A infraestrutura de radiocomunicações da ANPC no concelho de Braga (Fonte: Municipal de Emergência de Proteção Civil de Braga, 2018).

3.4.10 Agentes de proteção civil em Braga

No que diz respeito à Lei de Bases da Proteção Civil, “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 risco quando aquelas situações ocorram” e como tal é necessário destacar os agentes de proteção civil presentes no concelho de Braga (Figs. 3.15 e 3.16)

Agentes de Proteção Civil	Município de Braga
Corpo de Bombeiros	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Companhia de Bombeiros Sapadores de Braga; ▪ Corpo de Bombeiros Voluntários de Braga.
Forças de Segurança	<ul style="list-style-type: none"> ▪ GNR - Comando Territorial de Braga; ▪ GNR - Posto Territorial do Sameiro; ▪ GNR - Posto Territorial de Ruílhe; ▪ GIPS - 4.ª Companhia; ▪ PSP - Comando Distrital de Braga; ▪ PSP - 1.ª Esquadra de Braga; ▪ PSP - 2.ª Esquadra de Braga.
Forças Armadas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Regimento de Cavalaria N.º6 (RC6).
Autoridade Marítima Nacional	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Não aplicável.
Autoridade Nacional de Aviação Civil	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Autoridade Nacional de Aviação Civil; ▪ Gabinete de Prevenção e Investigação de Acidentes com Aeronaves e de Acidentes Ferroviários (GPIAAF).
INEM, I. P., e demais entidades públicas prestadoras de cuidados de saúde	<ul style="list-style-type: none"> ▪ INEM, I.P.; ▪ Hospital de Braga; ▪ Agrupamento de Centros de Saúde (ACES) do Cávado I – Braga; ▪ Autoridade de Saúde de Nível Municipal.
Sapadores Florestais	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Associação Florestal do Cávado (SF 08-112).

Figura 3.15 Agentes de Proteção Civil do concelho de Braga (Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil de Braga, 2018)

Espacialmente, os vários agentes de proteção civil dispõem-se relativamente próximos entre si, localizando-se a maior parte no centro urbano (Fig. 3.16).

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 (Ferreira, 2021).

Existem dois postos da Guarda Nacional Republicana (GNR) e dois postos da Polícia de Segurança Pública (PSP), sendo que S. Vítor apresenta um posto de GNR e um da PSP.

A Polícia Municipal de Braga localiza-se na união de freguesias de Maximinos, Sé e Cidade.

O regimento de Cavalaria n.º 6 encontra-se na freguesia de São Vicente, junto a uma das principais artérias de trânsito de Braga, que é a zona de Infias.

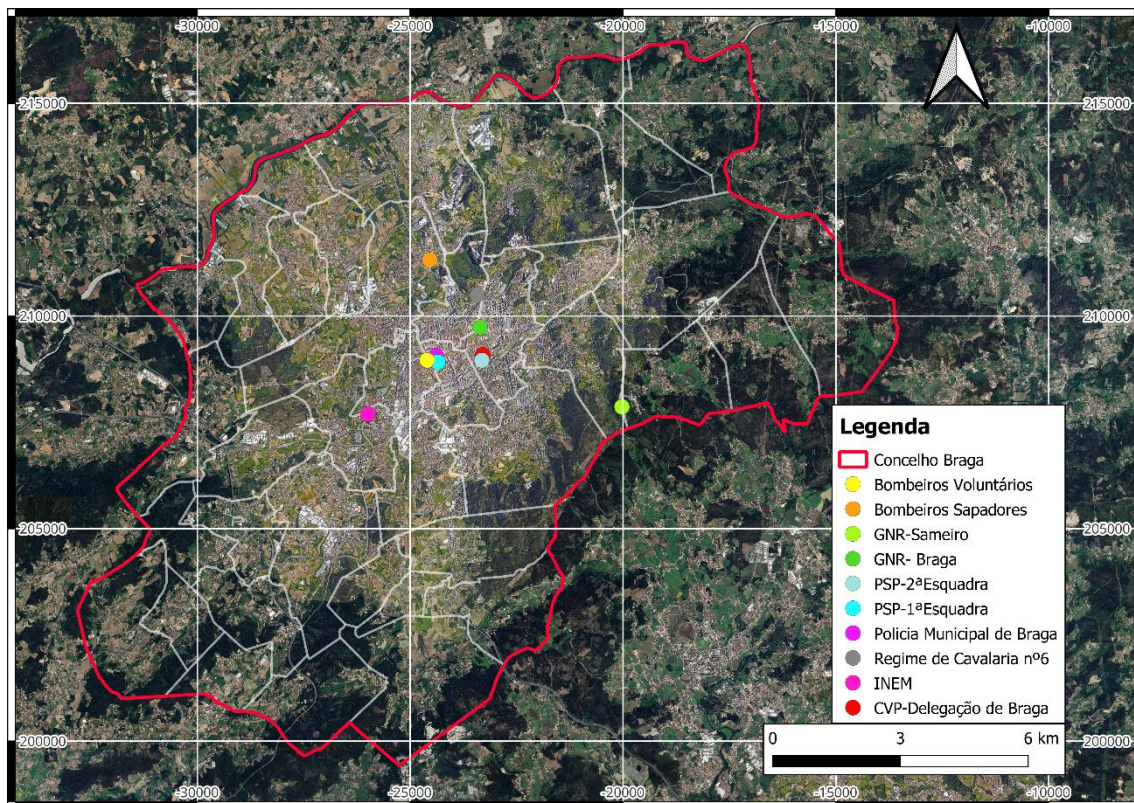


Figura 3.16 Identificação dos elementos estratégicos, vitais e sensíveis para as operações de proteção civil e socorro na região de Braga (Projeção ETRS 1989 Portugal TM06).

O Instituto Nacional de Emergência Médica (INEM) localiza-se na freguesia de Ferreiros e Gondizalves, e a Cruz Vermelha Portuguesa (CVP) de Braga está localizada na freguesia de São Vítor (Ferreira, 2021).

Por fim o serviço Municipal de Proteção Civil está localizado no antigo quartel de bombeiros sapadores na Rua de Ferraz, na freguesia de Maximinos, Sé e Cidade, próximo da Camara Municipal de Braga e da Avenida António Macedo.

4. Sistema Nacional de Proteção Civil

4.1 Organização política de proteção civil

A Proteção Civil tem como objetivos fundamentais prevenir riscos coletivos inerentes a situações de acidente grave ou catástrofe, de atenuar os seus efeitos, e proteger e socorrer as pessoas e outros seres vivos em risco, bens e valores culturais, ambientais e de elevado interesse público, e apoiar a reposição da normalidade da vida das pessoas em áreas afetadas por acidente grave ou catástrofe (Lei de Bases da Proteção Civil, Lei n.º 27/2006, de 3 de julho, alterada pela Lei Orgânica n.º 1/2011, de 30 de novembro e pela Lei n.º 80/2015, de 3 de agosto, que a republica).

Em Portugal, a Proteção Civil está politicamente organizada em três níveis distintos: nível nacional, onde são estabelecidas as leis gerais, nível regional, que adapta essas leis à sua realidade específica, e municipal, que lida diretamente com a segurança local (Fig.4.1).

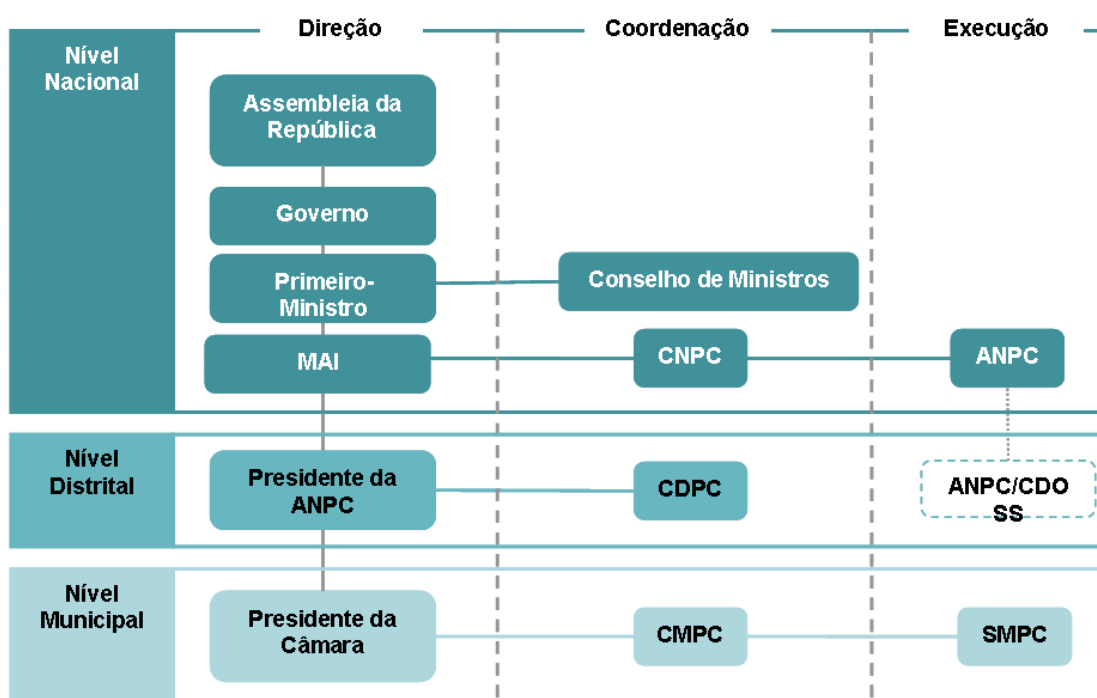


Figura 4.1. Organização política da proteção civil de Braga (Fonte: Camara Municipal de Penafiel).

No nível nacional, a proteção civil é coordenada e gerida por um organismo governamental específico, a Autoridade Nacional de Emergência e Proteção

Civil, que se encontra sob tutela do Ministério da Administração Interna. As suas principais responsabilidades englobam o desenvolvimento de políticas e planos nacionais de proteção civil, além da coordenação de atividades abrangendo prevenção, preparação, resposta e recuperação (Morais, 2012).

A nível regional, a organização de proteção civil implementa e adapta as políticas nacionais conforme a realidade da região específica. Lida com questões que afetam uma área geográfica delimitada dentro do país, trabalhando em estreita colaboração com os municípios e outras entidades locais. A organização regional é responsável por coordenar ações, gerir recursos regionais para resposta a emergências e realizar exercícios de preparação.

No nível municipal (Fig. 4.2), a organização de proteção civil concentra-se em cidades, vilas ou municípios individuais. É a entidade mais próxima da população e desempenha um papel fundamental na gestão direta de situações de emergência locais. As suas funções incluem desenvolver planos de contingência e resposta, coordenar ações como evacuações e abrigos, monitorar riscos, treinar e educar a comunidade sobre medidas de proteção e segurança, e colaborar com as estruturas de níveis superiores para garantir uma resposta rápida e eficaz.



Figura 4.2 Organização política da proteção civil de Braga (Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil de Braga 2018).

O Serviço Municipal de Proteção Civil (SMPC) é o órgão central incumbido de assegurar o funcionamento de todos os organismos municipais de proteção civil. É responsável pelo planeamento, organização e execução das ações relacionadas à proteção civil e serve como a principal autoridade em situações de emergência, liderando esforços para garantir a segurança pública (Albuquerque, 2022). A Comissão Municipal de Proteção Civil,

composta por diversos representantes de diferentes áreas, incluindo como por exemplo serviços de saúde, segurança pública, educação, entre outros, que tem um papel consultivo e de coordenação de forma a tomar decisões estratégicas na elaboração de planos de emergência (Fig 4.3).

O Serviço Municipal de Proteção Civil tem como competências a elaboração e atualização do plano municipal de emergência de proteção civil e os planos especiais de emergência de proteção civil, bem como fazer e atualizar constantemente o inventário de meios e recursos existentes no concelho com relevância para acorrer em caso de acidente grave ou catástrofe (Albuquerque, 2022). Deve realizar estudos com o objetivo de identificar e analisar consequências dos perigos naturais, tecnológicos e sociais que possam afetar o município, tendo em conta a magnitude e o local onde haja possibilidade de ocorrência, através da identificação de locais de risco, como inundações, incêndios, movimentos de vertente, entre outros, e, posteriormente, realizar cartografia de risco de modo a prevenir quando possível a ocorrência para assim evitar e/ou minimizar consequências, o que inclui a criação de planos de evacuação e proposta de medidas de segurança face aos perigos identificados. Tem, também, como competência o apoio logístico às vítimas e às forças de socorro em situação de emergência. Por fim deve elaborar planos de intervenção, preparar e executar simulacros que contribuam para uma melhor atuação de todos elementos intervenientes na proteção civil.

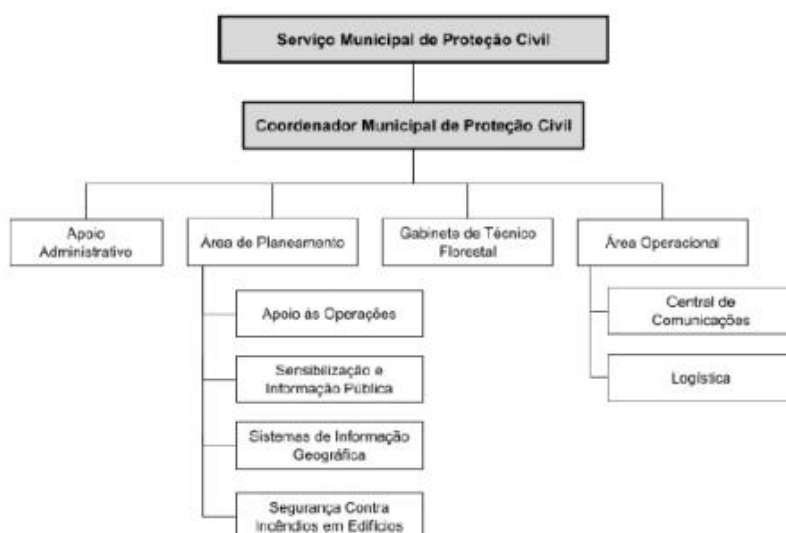


Figura 4.3 Organograma funcional do Serviço Municipal de Proteção Civil de Lamego. Fonte: Projeto de Regulamento do Serviço Municipal de Proteção Civil do Município de Lamego, 2020.

4.2 Instrumentos legislativos

No que respeita ao planeamento de emergência, a implementação de legislação é crucial para estabelecer as leis de base que permitem a gestão eficaz de situações de emergência e desastre numa área específica.

As leis municipais de proteção civil são o alicerce para a organização e funcionamento das atividades de proteção civil a nível local. Estas podem estabelecer a estrutura da organização de proteção civil do município, definir responsabilidades, autoridades e deveres das partes envolvidas, incluindo as autoridades municipais, agentes de proteção civil a emergências e outras entidades relevantes.

As principais leis de base da proteção civil relevantes para a presente dissertação são:

- A Lei n.º 27/2006, de 3 de julho, que aprova a Lei de Bases da Proteção Civil, alterada pela Lei Orgânica n.º 1/2011, de 30 de novembro, e pela Lei n.º 80/2015, de 3 de agosto, que a república, que sistematiza e estrutura a proteção civil;
- O Decreto-Lei n.º 134/2006, de 25 de julho, alterado pelo Decreto-Lei n.º 114/2011, de 30 de novembro, e pelo Decreto-Lei n.º 72/2013, de 31 de maio, que a república, que institui o Sistema Integrado de Operações de Proteção e Socorro (SIOPS);
- A lei n.º 65/2007, de 12 de novembro, alterada pelo Decreto-Lei n.º 114/2011, de 30 de novembro, e pelo Decreto-Lei n.º 44/2019, de 1 de abril, que define o enquadramento institucional e operacional da proteção civil no âmbito municipal, estabelece a organização dos serviços municipais de proteção civil e determina as competências do Comandante Operacional Municipal;
- A Lei n.º 50/2018, de 16 de agosto, que estabelece o quadro da transferência de competências para as autarquias locais e para as entidades intermunicipais, concretizando os princípios da subsidiariedade, da descentralização administrativa e da autonomia do poder local;
- O Decreto-Lei n.º 44/2019, de 1 de abril, que concretiza a transferência de competências para os órgãos municipais no domínio da proteção civil;
- O Decreto-Lei n. 90-A/2022, de 30 de dezembro, que aprova o Sistema Integrado de Operações de Proteção e Socorro, adaptando-o aos níveis regional e sub-regional da estrutura de proteção civil.

Além da legislação ligada à Proteção Civil, existem instrumentos e planos de gestão territorial.

A política do ordenamento do território tem como objetivo a proteção da população, através de uma ocupação, utilização e transformação do solo que tenham em conta a segurança de pessoas, prevenindo riscos coletivos e reduzindo os seus efeitos nas pessoas e bens, bem como aumentando a resiliência do território aos efeitos decorrentes de fenómenos climáticos extremos e combatendo os efeitos da erosão.

O Plano Municipal de Ordenamento do Território de Braga (PMOT) é um importante instrumento de gestão e ordenamento urbano e territorial da cidade. O plano estabelece diretrizes e regras para o uso e ocupação municipal do solo e visa promover o desenvolvimento urbano sustentável e ordenado.

O principal objetivo do PMOT é promover o desenvolvimento sustentável através de medidas como equilibrar o crescimento económico, a proteção ambiental e a integração social para garantir o desenvolvimento sustentável a longo prazo (PDMB, 2015).

Além disso, é utilizado para definir padrões de uso do solo, considerando áreas residenciais, comerciais, industriais e áreas de serviços e áreas públicas. Para proteger o ambiente identificando áreas de interesse ecológico e paisagístico e promover a proteção da biodiversidade e dos ecossistemas. Por fim tem também como objetivo melhorar a qualidade de vida reforçando a infraestrutura urbana, a acessibilidade e a prestação de serviços públicos essenciais através da organização espacial.

Um PMOT normalmente inclui componentes como o Plano Diretor Municipal (PDM) que define as principais opções de ordenamento do território, zoneamento, ordenamento e regulação do uso do solo.

O PMOT é revisto regularmente para se adaptar às novas realidades e desafios que a comunidade enfrenta, tendo como exemplo as mudanças demográficas, necessidades económicas e novas regulamentações ambientais. A influência do PMOT em Braga é evidente na forma como a cidade cresce e se desenvolve, equilibrando o crescimento económico com a qualidade de vida dos seus residentes e a proteção do seu património histórico e cultural. Por exemplo, áreas anteriormente subdesenvolvidas podem receber novos acessos e infraestruturas, enquanto áreas mais centrais podem enfrentar regulamentos mais rigorosos em matéria de conservação e construção permitida (PDMB, 2015).

Os Planos Diretores Municipais (PDM) são documentos fundamentais na gestão do território municipal, uma vez que definem a estratégia de desenvolvimento territorial dos municípios. São constituídos por: um Regulamento, que constitui o elemento normativo do PDM e que estabelece e as regras e parâmetros aplicáveis à ocupação, uso e transformação do solo, vinculando as entidades públicas e ainda, direta e imediatamente, os particulares; uma Planta de Ordenamento, que representa o modelo de organização espacial do território municipal e uma Planta de Condicionantes, que identifica as servidões administrativas e as restrições de utilidade pública em vigor que possam constituir limitações ou impedimentos a qualquer forma específica de aproveitamento do solo (PDMB, 2015). Estes têm uma grande importância para o planeamento de emergência, pois identificam condicionantes de carácter permanente (Decreto-Lei n.º 80/2015, de 14 de maio). Os PDM identificam as áreas de vulnerabilidade, restringindo a construção em zonas propícias a riscos naturais e estabelecendo diretrizes para o planeamento urbano através da criação de medidas preventivas de mitigação, como zonas verdes de proteção uma vez que estes espaços são uma adaptação das cidades às alterações climáticas, mitigando efeitos de vagas de calor que se prevê ser mais intensas e comuns no futuro devido às alterações climáticas, ou também de medidas de regulamentações de densidade que contribui para a redução do risco de inundações e promove ambientes mais seguros, através da tentativa de encontrar

O PDM de Braga apresenta condicionantes (Fig. 4.4), sendo que a planta de Condicionantes do PDM de Braga desdobra-se em 5 cartas, carta de Condicionantes Gerais, Reserva Agrícola Nacional, Reserva Ecológica Nacional, Riscos Naturais e Antrópicos (Risco de Incêndio; Áreas ardidas) e as de Zonas de Conflito com o Ruído, onde de todos estes, são os riscos Naturais a serem analisados nesta dissertação.

O conhecimento geológico possibilita a correta seleção de locais para construção de edifícios e outras infraestruturas, sendo também relevante na determinação de condicionantes e na previsão de impactos ambientais gerados por várias infraestruturas, entre outros aspetos. Esta informação é essencial em programas que visam o ordenamento territorial, a proteção ambiental e a gestão dos recursos minerais.

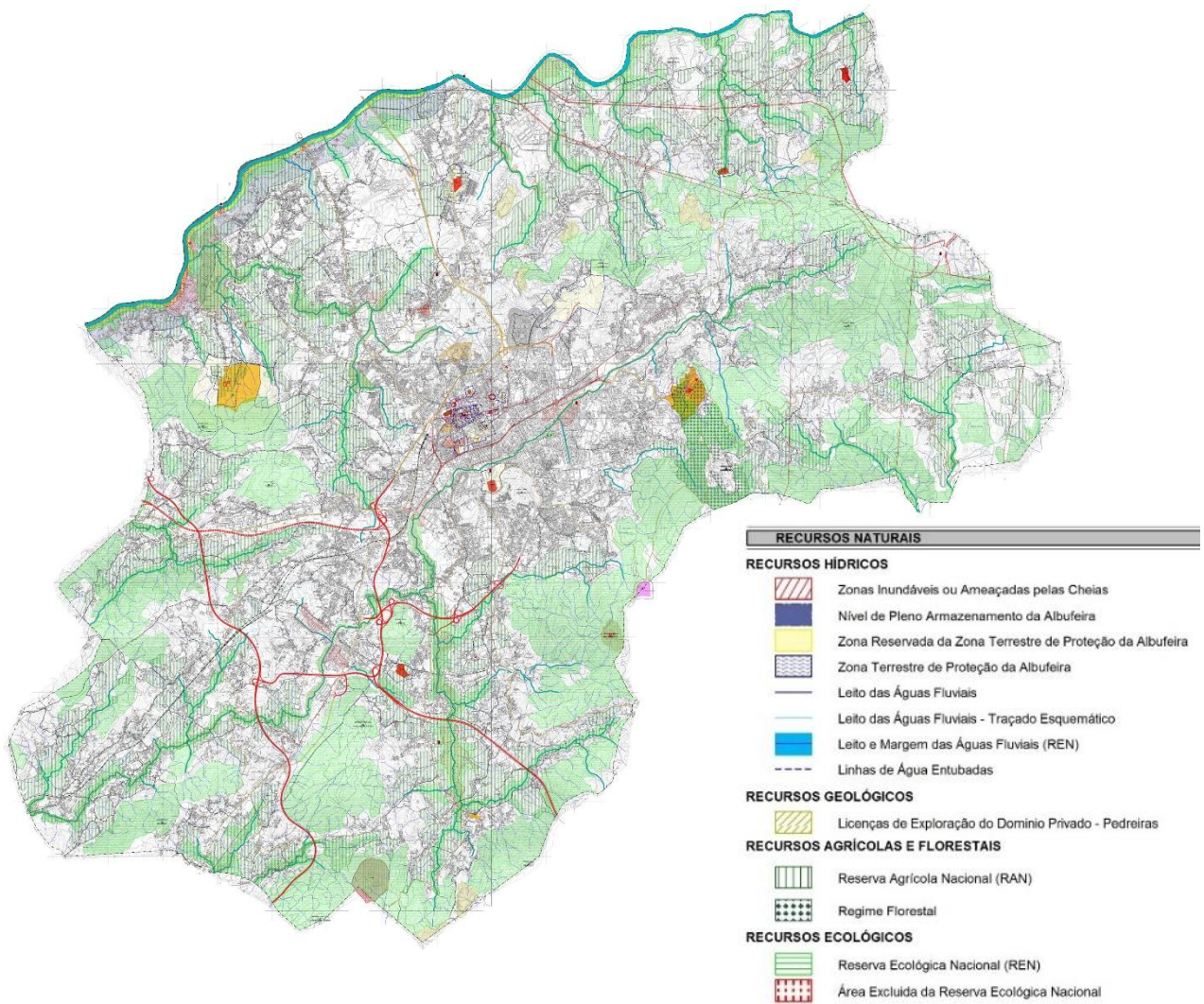


Figura 4.4 Carta de Condicionantes do PDM de Braga: Documento cartográfico que define as restrições e limitações ao uso do solo no município.

No mapa de condicionantes, estão representados todos os cursos de água visíveis, além daqueles cujos contornos não foram claramente identificados, sendo, por isso, indicados por linhas tracejadas. Nos casos em que o traçado não está claro, espera-se que este seja verificado durante os processos de licenciamento. Se confirmada a presença de um curso de água, o processo de licenciamento deverá incluir a consulta à autoridade competente. Nas áreas de pedreiras demarcadas no plano de condicionantes do PDMB, é aplicado o regime geral previsto na legislação atual. Já na Reserva Agrícola Nacional (RAN) é essencial para a conservação dos solos e sua utilização agrícola. A RAN visa, entre outros objetivos, fomentar o desenvolvimento sustentável da agricultura, protegendo o solo; contribuir para o ordenamento do território e a preservação dos recursos naturais (PDMB, 2015).

Relativamente à gestão de riscos de inundação, a legislação em vigor, vinda da Diretiva 2007/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro (Diretiva da Avaliação e Gestão dos Riscos de Inundações (DAGRI)) e a posterior adaptação através do Decreto-Lei n.º 115/2010, de 22 de outubro, tem como objetivo avaliar e tentar reduzir as consequências associadas às cheias que sejam desfavoráveis ao património, saúde humana, ambiente e atividade económica (Baptista, 2023). A adaptação da diretiva pôs em prática o Plano de Risco de Inundação, onde neste se focam especificamente os perigos de inundação, identificando as áreas de maior risco e avaliando as probabilidades de ocorrência, definindo assim medidas para minimizar impactos através de estudos hidrológicos detalhados e modelação de cenários. Os Planos de Risco de Inundação indicam ações como a criação de infraestruturas de drenagem, sistemas de alerta precoce e estratégias de evacuação ao integrar informações geográficas, hidrológicas e meteorológicas, pelo que constituem ferramentas valiosas para decisões baseadas em dados e respostas eficazes em situações de emergência (Agência Portuguesa do Ambiente, 2021).

A cidade de Braga insere-se na região hidrográfica do Cávado, Ave e Leça. Conforme descrito no Relatório de Avaliação Preliminar dos Riscos de Inundação da Região Hidrográfica 2 (RH2), que abrange os rios Cávado, Ave e Leça, para o município de Braga, a área mais afetada é referente ao rio Cávado, principalmente a freguesia de Padim de Graça (número 2), abrangendo também a freguesia de Adaúfe (número 35), Panoias e Parada de Tibães (número 34), a união de freguesias de Merelim (São Pedro) e Frossos (número 31), a união de freguesias de Real, Dume e Semelhe (número 29) e a freguesia de Mire de Tibães (número 30). As áreas mais próximas do rio Este e do rio Veiga são também bastante prejudicadas (Fig. 4.4) (Agência Portuguesa do Ambiente, 2019).

Os planos de emergência são documentos que estabelecem procedimentos e medidas a serem adotados em situações de emergência em uma determinada área geográfica, podendo ser municipais, regionais ou nacionais. A cartografia de risco consiste na identificação e cartografia das áreas com maior suscetibilidade a ser afetadas por desastres naturais. O Zonamento de Riscos divide o território em zonas de acordo com o grau de risco, permitindo uma melhor gestão dos recursos e a implementação de medidas específicas em cada área. Os Sistemas de Alerta e Comunicação possibilitam a rápida disseminação de alertas e informações sobre situações de emergência para a população, autoridades e serviços de emergência (Albuquerque, 2022). Os Planos de Evacuação estabelecem rotas e procedimentos em caso de necessidade de retirada da população

de áreas de risco. Os Centros de Coordenação e Operações são locais onde são coordenadas as respostas a situações de emergência, envolvendo diferentes entidades e serviços de proteção civil. Os simulacros e exercícios são atividades de treinamento para testar a eficácia dos planos de emergência e a capacidade de resposta das autoridades e serviços de proteção civil.

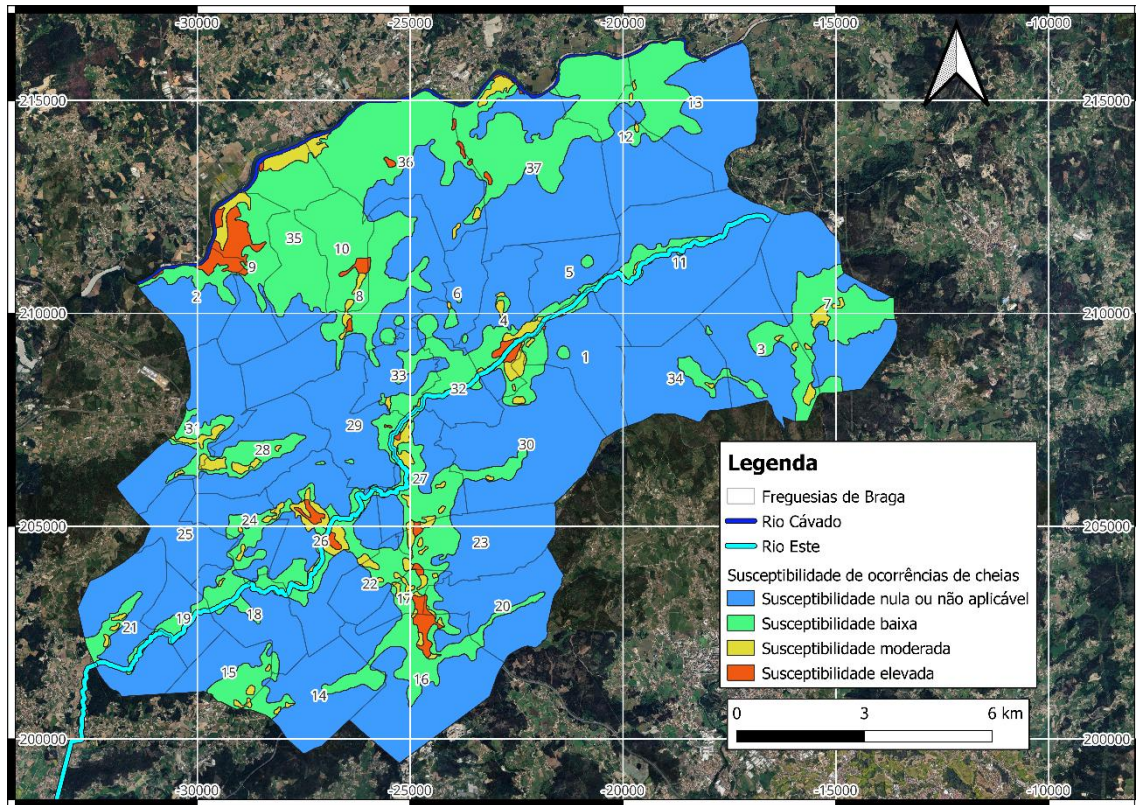


Figura 4.5 Carta de suscetibilidade à ocorrência de cheias (Fonte de dados: Proteção civil), (Projeção ETRS 1989 Portugal TM06).

5. Perigos geológicos no concelho de Braga

5.1 Conceito de Risco

De acordo com Cunha e Dimuccio (2002), o conceito de risco refere-se à probabilidade espacial e temporal de um fenómeno indesejado ocorrer e gerar consequências negativas para o homem e para a sociedade.

A ideia de risco tem acompanhado a humanidade desde sempre, inicialmente relacionada a riscos naturais e, posteriormente, também aos riscos decorrentes de atividades humanas, com ou sem componentes naturais. Atualmente, os riscos são diversos, desde os naturais até os socioeconómicos e tecnológicos, tornando impossível analisá-los de forma isolada. Como destaca Rebelo (2003), os riscos naturais são resultado da dinâmica do meio físico, que apresenta perigosidade, e da exposição de uma comunidade relativamente aos perigos decorrentes dessa dinâmica, ou seja, a vulnerabilidade. Portanto, os riscos naturais nunca devem ser analisados isoladamente.

O risco pode ser descrito como o produto dos fatores perigosidade, valor, exposição e vulnerabilidade.

A perigosidade refere-se à probabilidade de ocorrência de um processo potencialmente destruidor com uma determinada severidade, numa dada área num dado período de tempo.

A exposição (ou elementos expostos) é o fator que se refere a todos os elementos que podem ser afetados, desde a população, propriedades, estruturas, infraestruturas, atividades económicas, entre outros, expostos ou potencialmente afetáveis por um processo perigoso num determinado território (Rebelo, 2003).

A vulnerabilidade corresponde ao grau de perda de um elemento ou conjunto de elementos expostos, em resultado da ocorrência de um processo (ou ação) de determinada severidade. Expressa numa escala de 0 (sem perda) a 1 (perda total). Tem como objetivo compreender de que forma os elementos expostos podem ser afetados.

O valor (monetário ou estratégico) é o parâmetro que quantifica as perdas dos elementos expostos. Deve incluir a estimativa das perdas económicas diretas e indiretas por cessação ou interrupção de funcionalidade, atividade ou laboração.

A mitigação engloba o conjunto de medidas que visam reduzir ou minimizar os riscos associados a uma determinada situação. A mitigação pode ser feita em diferentes níveis e em diferentes momentos, desde a fase de planeamento, até a fase de resposta em caso de ocorrência de um evento adverso. Algumas medidas de mitigação incluem a implementação de sistemas de alerta e evacuação, a construção de infraestruturas de proteção, a adoção de práticas de gestão de riscos, a educação e a sensibilização das comunidades locais e a gestão adequada do uso do solo (Rebelo, 2003).

Resumidamente, o risco natural aparece ligado ao meio físico como elemento ativo, e à presença do homem como elemento passivo.

Nos pontos seguintes serão descritos os perigos que mais afetam a cidade de Braga, bem como ocorrências históricas causadas pelos mesmos.

5.2 Cheias e inundações

As cheias são eventos intensos que acontecem quando o nível de água dos rios ou corpos de água sobe muito devido a chuvas fortes, derretimento de neve ou roturas de barragens. Ao transbordar, a água causa inundações em áreas próximas, representando um grande perigo para vidas humanas e infraestruturas. Os impactos são muitos, incluindo perdas materiais, pessoas deslocadas, poluição da água, interrupção de serviços como água potável e eletricidade e riscos à saúde associados a águas contaminadas (Baptista, 2023).

As cheias causam muitas vezes vítimas, devido à subida rápida da água, apanhando as pessoas desprevenidas com correntes fortes. Estas podem também causar danos económicos significativos, com prejuízos elevados em habitações, empresas, infraestruturas e sistemas de transporte, resultando em custos elevados para reparação e reconstrução.

Outros efeitos das cheias incluem a erosão do solo, o arrastamento de detritos e a poluição da água, afetando a qualidade dos ecossistemas aquáticos e terrestres, para além do risco de doenças transmitidas pela água, como diarreia e cólera. Para reduzir estes impactos, é vital implementar medidas de preparação para cheias, como sistemas de alerta precoce, planeamento urbano resiliente e consciencialização da população sobre como agir nestas situações (Baptista, 2023).

Por outro lado, as inundações são causadas pela incapacidade de escoamento, sendo um resultado direto das cheias e doutros eventos, como

por exemplo chuvas intensas, podendo ser prejudiciais e causar danos duradouros ao meio ambiente e à economia local.

Outros fatores, como a urbanização e as alterações climáticas, também podem aumentar a probabilidade de cheias, criando mais áreas impermeáveis que impedem a absorção natural da água pelo solo.

5.2.1 Ocorrências no concelho de Braga

Em 2012, investigadores portugueses apresentaram a base de dados DISASTER – Desastres naturais de origem hidro-geomorfológica em Portugal (DISASTER, online). O objetivo desta base de dados SIG (DISASTER, online) é de apoiar a decisão ao nível do ordenamento de território, tendo por base a análise de ocorrência de cheias e movimentos de vertente através da consulta de jornais diários e semanários. No entanto, apenas foram considerados cheias e movimentos de vertente que implicaram danos pessoais, como mortes, desaparecidos, feridos, desalojados e evacuados. Ao mesmo tempo, é analisada a distribuição espacial e temporal das ocorrências, avaliando a tendência evolutiva.

De acordo com a base de dados DISASTER, no período 1865-2010, o concelho bracarense compreendeu cerca de 1,1% das cheias e inundações com efeitos prejudiciais registadas em Portugal Continental, posicionando-se em 15.º a nível nacional. Com efeito, as cheias e inundações afetam recorrentemente a cidade de Braga.

Tendo em comparação o gráfico de evolução temporal do número de ocorrências de cheias e inundações no concelho de Braga com o gráfico de evolução temporal dos danos sociais causados por aqueles fenómenos, constantes na base de dados “DISASTER”, verifica-se que para um dado número de ocorrências, os danos sociais causados eram menores do que são atualmente, ou seja, como havia menos elementos expostos, havia conseqüentemente menos danos sociais como ilustram as figuras seguintes (Figs. 5.1 e 5.2).

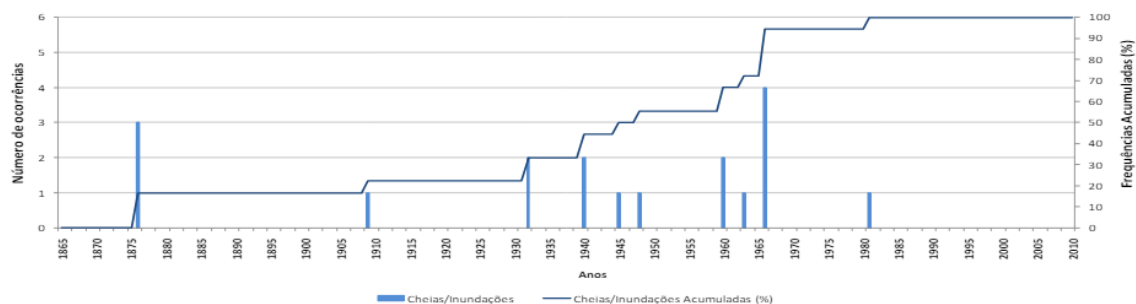


Figura 5.1 Evolução temporal do número de ocorrências de cheias/inundações no concelho de Braga, constantes da base de dados DISASTER no período 1865-2010 (DISASTER, online).

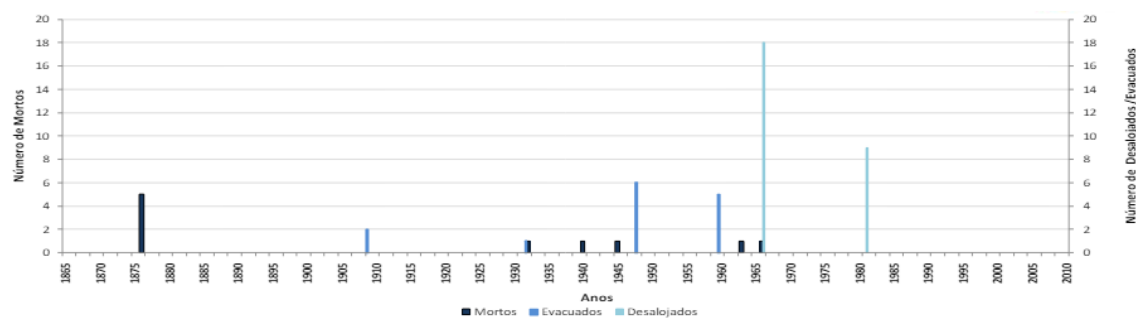


Figura 5.2 Evolução temporal dos danos sociais causados por cheias/inundações no concelho de Braga, no período 1865-2010 (DISASTER, online).

A tabela 5.1 apresenta as ocorrências de cheias e inundações que afetaram o concelho de Braga constantes da base de dados DISASTER.

Tabela 5.1 Ocorrências de cheias e inundações no concelho de Braga que provocaram afetados (mortos, evacuados, desalojados) no período entre 1865 e 2010 (Fonte: DISASTER, online)

Ano	Dia/Mês	Número de Afetados	Descrição	Localidade
1876	3 e 7 de dezembro	2	Vítimas mortais	Escudeiros e Penso (Sto. Estêvão e S. Vicente)
1876	3 e 7 de dezembro	1	Vítimas mortais	Braga (S. José de S. Lázaro e S. João do Souto)
1876	3 e 7 de dezembro	2	Vítimas mortais	Adaúfe
1909	20 de dezembro	2	Evacuados	Braga (S. Vicente)
1932	23 de setembro	1	Vítima mortal	Este (S. Pedro e S. Mamede)
1932	25 de setembro	1	Evacuado	Palmeira
1940	14 de maio	2	Afetados	Mire de Tibães e Sequeira
1945	19 de junho			Merelim (S. Paio, Panoias e Parede de Tibães)
1948	28 de janeiro	6	Evacuados	Braga (S. Vítor)

1960	6 de outubro	2	Afetados	Braga (S. José de S. Lázaro e S. João do Souto)
1960	23 de novembro	3	Afetados	Merelim (S. Paio), Panoias e Parede de Tibães
1963	17 fevereiro	1	Afetado	Adaúfe
1966	12 de dezembro	18	Desalojados	Braga (S. Vítor)
1966	12 de fevereiro	6	Afetados	Braga (S. Vítor)
1981	30 de dezembro	9	Afetados	Braga (S. Vítor)
2010	3 de outubro	1	Afetado	Ferreiros e Gondizalves

Seguidamente, apresentam-se as ocorrências possíveis de ser obtidas em jornais e/ou meios de comunicação digitais iniciando no ano de 1779 até 2023.

5.2.1.1 Junho 1779

A 30 de junho de 1779, pelas 16h, iniciou-se uma forte trovoadá acompanhada de “pedraça” e chuva intensa que inundou todos os campos, especialmente na zona Carvalho de Este. O rio Este encheu rapidamente, transbordando e afetando 26 casas de moinhos, 71 rodas de moinhos e 3 lagares de azeite. Não houve uma única casa de moinho que não necessitasse de concerto após a cheia. Na sequência desta ocorrência, registaram-se 23 mortos, entre adultos e crianças (Gomes, 2016, Online).

5.2.1.2 Fevereiro de 1947

No dia 22 de fevereiro de 1947, chuvas torrenciais afetaram vários pontos do concelho de Braga. (Fernandes, 2013, Online).

5.2.1.3 Dezembro de 1978

A 11 de dezembro de 1978, a chuva intensa, juntamente com o vento “ciclónico”, provocou inundações, derrubou árvores e arrancou tetos nas freguesias de Palmeira, Ferreiros, Celeirós, Gondizalves e Frossos. (Fernandes, 2013, Online).

Quatro dias depois, no dia 15 de dezembro daquele ano, a chuva torrencial provocou inundações em Palmeira, Ferreiros, Celeirós, Gondizalves e Frossos (Fernandes 2013, Online).

5.2.1.4 Dezembro de 2000

Na noite do dia 6 para 7 de dezembro de 2000 (de quarta para quinta-feira), um temporal causou cheias no rio Cávado e queda de árvores de porte considerável tanto no centro de Braga como em freguesias vizinhas. A queda de uma árvore no Sameiro levou ao corte da rede elétrica na zona. Já na reta do Feital, em Real, a subida da água da ribeira do Estirão provocou inundações em 20 casas, algo que, segundo os residentes, é recorrente (Correio do Minho de 8 de dezembro de 2000).

5.2.1.5 Janeiro de 2001

Entre os dias 2 e 3 de janeiro de 2001, os bombeiros sapadores foram chamados para várias ocorrências de inundações e quedas de árvores em Semelhe, Gualtar, Palmeira, e São Paio de Merlim. O rio Este galgou as margens, inundando uma ponte junto ao Parque Industrial de Celeirós. As chuvas persistentes também provocaram a derrocada de vários prédios no concelho de Braga, tendo sido necessário realojar alguns habitantes (Correio do Minho de 4 de janeiro de 2001).

No dia 5 janeiro 2001, por volta das 6h da manhã, o rio Este galgou as margens e inundou várias casas, desalojando pessoas. O Parque Industrial de Celeirós ficou completamente inundado, requerendo a intervenção dos bombeiros sapadores para retirar pessoas de carros apanhados pela cheia (Correio do Minho de 6 de janeiro de 2001).

A inundação do rio Este deixou marcas nas paredes dos edifícios, testemunhando a altura atingida. Naquela manhã, a zona mais atingida foi o Parque Industrial de Celeirós (Fig. 5.3), no entanto, de tarde, o ponto crítico foi atingido no Parque Industrial de Padim da Graça, devido a cheias no rio Cávado, que inundaram fábricas e armazéns (Correio do Minho de 6 de janeiro de 2001).

Ainda no mesmo dia, registou-se uma ocorrência em Vila Verde, onde as águas do rio Cávado invadiram a vila de Prado, inundando casas. As inundações ocorreram devido   elevada quantidade de água das descargas ocorridas da barragem da Caniçada onde chegaram a ser libertados 1329 metros cúbicos de água por segundo (Correio do Minho de 6 de janeiro de 2001).



Figura 5.3 - Cheia no parque industrial de Celorós em janeiro de 2001. Fonte: Correio do Minho de 6 de janeiro de 2001.

5.2.1.6 Março de 2001

Entre os dias 21 e 23 de março de 2001, a chuva intensa levou ao aumento das descargas da barragem da Caniçada, em Vieira do Minho, provocando a inundação da ponte do Bico. A subida das águas levou ao desalojamento de uma família que tinha a casa perto da ponte. Além disso, também se registaram inunda es no parque industrial de Padim da Graça, no parque industrial de Celor s e em Ru es, na freguesia de Merelim São Paio (Correio do Minho de 23 de março de 2001).

5.2.1.7 Julho de 2009

No dia 21 de julho de 2009, a pluviosidade anormalmente intensa provocou inunda es no túnel da Avenida da Liberdade, na freguesia de São Vítor após um mês da sua inaugura o. A  gua começou a jorrar pelas tampas de saneamento. A chuva provocou ainda obstru es nas condutas de água na Avenida da Imaculada Concei o e Avenida João XXI, na União das freguesias São José de São Lázaro e São João do Souto (Público de 22 julho de 2009, *online*).

5.2.1.8 Setembro de 2010

A 17 de setembro de 2010, Braga foi atingida por um fen meno muito localizado de precipita o intensa causando mais de 200 ocorrências, quase todas relacionadas com inunda es. As corpora es de bombeiros

da cidade tiveram de ser ajudadas pelas de concelhos vizinhos (Correio da Manhã de 18 de setembro de 2010, *online*).

Quatro túneis das principais artérias urbanas inundaram e tiveram de ser fechados ao trânsito (Fig. 5.4), e o infantário da Igreja de São Lázaro, em Aveleda, ficou isolado. Ainda ficaram inundadas uma agência do MillenniumBCP e as instalações de um supermercado, na mesma freguesia (Público, 17 de setembro de 2010, *online*; Correio da Manhã de 18 de setembro de 2010, *online*).



Figura 5.4 - Trânsito condicionado em Braga devido às inundações de setembro de 2010. Fonte: Correio da Manhã de 18 de setembro de 2010, *online*.

Na freguesia de Esporões, e no seguimento do fenómeno climático, registou-se um acidente que envolveu dois carros, resultando em dois feridos de média gravidade. Adicionalmente, em Escudeiros, um raio atingiu um posto de transformação, provocando uma explosão e um pequeno incêndio numa casa (Correio da Manhã de 18 de setembro de 2010).

5.2.1.9 Outubro de 2011

No final de outubro de 2011, Portugal foi afetado, de forma generalizada, por um temporal, que causou várias ocorrências por todo o país.

Em Braga, no dia 26 de outubro de 2011, as águas do rio Este galgaram a ponte Nova, em Lomar, provocando uma vítima mortal, um idoso que tentava atravessar a ponte. O idoso acabou por ser arrastado e foi

encontrado morto no dia seguinte a cerca de 10 metros do local de onde desapareceu. O parque de Celeirós foi novamente afetado, com diversas fábricas inundadas, causando prejuízos avultados. Em Frossos, o rio Torto alagou e inundou campos e oito casas, tendo. Cinco idosos de ser retirados das casas (Correio da Manhã de 25 de outubro, online).

Vários túneis em Braga ficaram inundados devido a chuvas torrenciais, provocando interrupções de trânsito na Avenida Padre Júlio Fragata, em São Vítor, Avenida António Macedo e na Avenida João Paulo II, e em vários outros pontos da cidade (RTP Notícias de 26 de outubro de 2011, online).

5.2.1.10 Dezembro de 2012

No dia 14 de dezembro de 2012, devido à precipitação intensa, várias ruas da cidade ficaram cortadas e túneis inundados. Os bombeiros sapadores tiveram de resgatar um homem que ficou preso num carro em Lomar, após ter ficado cercado por água (Jornal de Notícias de 14 de dezembro de 2012, *online*).

5.2.1.11 Setembro de 2014

A 15 de setembro de 2014, a cidade de Braga foi atingida por precipitação intensa, causando inundações em vários locais (Fig. 5.5) e em alguns pontos críticos da cidade, nomeadamente no túnel junto ao INL, em São Vítor. Uma das ocorrências verificou-se na Avenida Frei Bartolomeu dos Mártires, variante que liga a zona do Braga Parque ao Minho Center. Na saída de Santa Tecla acumulou-se água e formou-se um lago, já no complexo Grundig, os Bombeiros Voluntários tiveram de ajudar uma senhora que ficou com a viatura presa na água (Correio do Minho de 16 de setembro de 2014, *online*).



Figura 5.5 - Inundações em vários pontos da cidade de Braga causadas pela forte precipitação registada em setembro de 2014. Fonte: Correio do Minho de 16 de setembro de 2014, online.

5.2.1.12 Outubro de 2014

A 8 de outubro de 2014, a precipitação registada em Braga registou os valores máximos desde 1998, segundo informação do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (Correio do Minho de 10 de outubro de 2014).

A intensa precipitação levou à acumulação de uma quantidade anormal de água nos túneis, deixando carros submersos (Fig. 5.6). Apesar do sistema de bombagem e drenagem estar a funcionar no túnel da Avenida da Liberdade, na União das Freguesias de São José de São Lázaro e São João do Souto, este foi inundado por cima. A força da água foi tal que moveu os separadores de betão centrais. Pelo menos 5 carros ficaram submersos em dois dos principais túneis da cidade, o da Rodovia e o que faz a ligação entre as avenidas Imaculada Conceição e João XXI em João XXI. A forte chuva que caiu levou ao corte do trânsito no maior túnel da cidade durante cerca de 1h e alagou algumas avenidas da cidade. Um polícia relatou que era uma situação normal quando chove muito em tão pouco tempo, uma vez que a água não tem tempo de escoar (Correio do Minho de 10 de outubro de 2014).

Para além de túneis inundados, registaram-se ainda a queda de várias árvores e movimentos de vertente (Correio do Minho de 10 de outubro de 2014; Diário do Minho de 10 de outubro de 2014). Os bombeiros sapadores da cidade foram também chamados a ocorrer a algumas situações em casas inundadas e carros bloqueados (Diário de Notícias de 9 de outubro de 2014, *online*).



Figura 5.6 - Inundações em Braga devido a chuva forte em outubro de 2014. Fonte: Jornal Diário de Notícias de 9 de outubro, online.

5.2.1.13 Fevereiro de 2017

O Minho voltou a ser afetado por mau tempo no início de fevereiro de 2017. A chuva e vento fortes provocaram inundações, quedas de árvores e de estruturas e algumas derrocadas em prédios devolutos. Braga foi um dos concelhos que registou mais ocorrências, entre 60 e 70 situações segundo balanço da Divisão Municipal de Proteção Civil (Correio do Minho de 5 de fevereiro de 2017, *online*).

No dia 4 de fevereiro de 2017, além da queda de várias árvores e do desencadeamento de pequenas derrocadas em edifícios, ocorreram algumas inundações, mais concretamente no túnel junto ao Hotel Meliã em São Vítor, e na zona da Grundig, na Rua Maria Amélia Bastos Leite em Ferreiros, devido ao galgamento do rio Este. O responsável da proteção civil informou que o rio Cávado estava no máximo da sua capacidade (Correio do Minho de 5 de fevereiro de 2017, *online*).

5.2.1.14 Dezembro de 2017

Na madrugada do dia 11 de dezembro de 2017, a Avenida António Macedo em Maximinos, na direção Estação/Braga ficou parcialmente cortada ao trânsito devido à inundação da estrada. Um dos sistemas de drenagem terá ficado entupido, levando à acumulação de água (Jornal Semanário V de 10 de dezembro de 2017, *online*).

Na madrugada do dia 11 de dezembro, registaram-se várias inundações, sobretudo em estradas, e queda de árvores, nomeadamente em Falperra, Bom Jesus na União das freguesias de Nogueira, Fraião e Lamações, Sobreposta e Fraião e também na cidade (Correio do Minho de 12 de dezembro de 2017, *online*).

5.2.1.15 Março de 2018

A forte precipitação que se fez sentir a 1 de março de 2018, fez com que o rio Este galgasse as margens na zona de Ferreiros e inundasse a Rua Maria Amélia Bastos Leite na União das Freguesias de Ferreiros e Gondizalves e, conseqüentemente, dezenas de automóveis lá estacionados ficaram parcialmente submersos (Fig. 5.7) (Correio do Minho de 2 de março de 2018, *online*).



Figura 5.7 - Cheia na Rua Maria Amélia Bastos Leite na União das Freguesias de Ferreiros e Gondizalves com carro inundado. Fonte: Correio do Minho de 2 de março de 2018, online.

5.2.1.16 Outubro de 2019

No dia 19 de outubro de 2019, 15 carros foram afetados na Rua Maria Amélia Bastos Leite, na zona de Ferreiros, onde as fortes chuvadas levaram ao aumento do caudal do rio Este e, conseqüentemente, à inundaçãõ da rua (Fig. 5.8). Além disso, também ficaram inundadas a margem esquerda do rio na zona do Altice Fórum Braga e uma oficina com carros de gama alta na Rua do Concelheiro Lobato, na União das Freguesias de São José de São Lázaro e São João do Souto (Jornal de Notícias de 19 de outubro de 2019, *online*; O Minho de 19 de outubro de 2019, *online*).

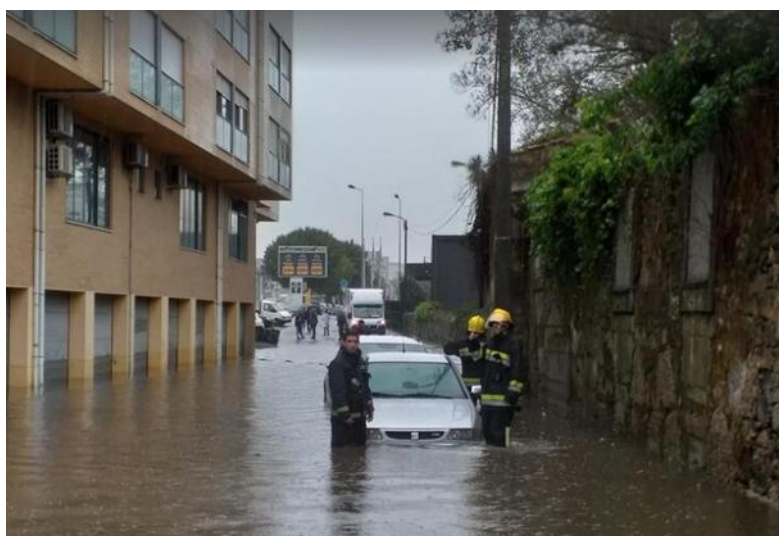


Figura 5.8 - Cheia na rua Maria Amélia Bastos Leite em Braga na União das Freguesias de Ferreiros e Gondizalves devido ao mau tempo que se registou em outubro de 2019. Fonte: Jornal de Notícias de 19 de outubro de 2019, online.

5.2.1.17 Dezembro de 2019

A 15 de dezembro de 2019, a chuva que ocorreu de madrugada causou várias inundações em Lamações e Lamas (BragaTV de 15 de dezembro de 2019, online).

Uns dias mais tarde, a 19 de dezembro de 2019, a passagem da depressão Elsa provocou a queda de imensas árvores e causou inundações em Braga e arredores (Correio do Minho de 19 de dezembro de 2019, online). Entre as 15h e as 16h daquele dia, a cidade de Braga registou um pico de precipitação, sendo que a chuva que caiu foi quase metade da registada em todo o dia anterior, segundo a Proteção Civil (Diário de Notícias de 19 de dezembro de 2019, online). O trânsito ficou cortado em ruas, avenidas e túneis (Fig. 5.9).



Figura 5.9 - Inundações em Braga em dezembro de 2019. Fonte: Jornal de Notícias de 19 de dezembro de 2019, online.

Em Lamações, o túnel junto ao Hotel Meliã esteve encerrado durante várias horas (O Minho de 19 de dezembro de 2019, online). Também o túnel da Rodovia em São Vítor, que já não ficava inundado há anos, e o túnel da Avenida da Liberdade em União das Freguesias de São José de São Lázaro e São João do Souto) ficaram inundados (Diário de Notícias de 19 de dezembro de 2019, online). Na reta do Feital, em Real vários carros ficaram

atolados e várias pessoas tiveram de retirar água das casas com baldes (PressNet de 19 de dezembro de 2019, *online*).

Também a zona de Ferreiros, junto ao Complexo da Grundig, voltou a ficar inundada (Diário de Notícias de 19 de dezembro de 2019, *online*).

5.2.1.18 Setembro de 2021

A 13 de setembro de 2021, vários pontos da cidade de Braga foram afetados por chuva intensa acompanhada de ventos fortes. Choveu intensamente durante cerca de cinco minutos provocando várias inundações e quedas de árvores. A rotunda junto ao centro comercial Braga Parque em São Vítor, ficou inundada, causando o caos no trânsito rodoviário (Fig. 5.10). Também o próprio estacionamento subterrâneo daquele estabelecimento comercial ficou inundado (O Minho de 13 de setembro de 2021, *online*).



Figura 5.10 - Rotunda do Braga Parque em São Vítor inundada na sequência da chuva intensa que afetou Braga a 13 de setembro de 2021. Fonte: O Minho, 13 de setembro de 2021, *online*.

Segundo fonte do Comando Distrital de Operações de Socorro, a chuva provocou cerca de uma dezena e meia de ocorrências em Braga, entre inundações e queda de árvores (SIC Notícias de 13 de setembro de 2021, *online*).

5.2.1.19 Setembro de 2022

A 14 de setembro de 2022, condições meteorológicas adversas causaram várias inundações em Braga. A subida das águas do rio Este levou à inundaçã

do Altice Fórum Braga em União das Freguesias de São José de São Lázaro e São João do Souto (Diário do Minho de 14 de setembro de 2022, online) (Fig. 5.11).

Também na reta do Feital em Real, o trânsito esteve interrompido durante aquela manhã, pois as chuvas fortes fizeram as tampas de saneamento deitar água, e inundando a estrada (Diário do Minho de 14 de setembro de 2019, online).

O mau tempo persistiu e, no dia 15 de setembro, registaram-se várias inundações nas zonas que habitualmente são mais afetadas pelas chuvas (Diário do Minho de 15 de setembro de 2022, online). A Rotunda Ibero-Americana em São Vítor, e o túnel do Hotel Meliã também em São Vítor voltaram a ficar inundados face à força das águas, condicionando o trânsito. Também na Rua Amélia Bastos Leite na União das Freguesias de Ferreiros e Gondizalves, mesmo junto à Bosch, registaram-se inundações e danos em algumas viaturas estacionadas no local. O aumento do caudal do rio Este, também fez o curso de água galgar as margens junto ao Altice Fórum Braga na União das Freguesias de São José de São Lázaro e São João do Souto (Diário do Minho de 15 de setembro de 2022, online).



Figura 5.11 - Exemplo das consequências das cheias no Rio Este a 14 de setembro de 2022. Fonte: Diário do Minho, 14 de setembro de 2022, online.

5.2.1.20 Janeiro de 2023

No dia 8 de janeiro de 2023 foram registadas inundações pontuais em Braga, tendo sido a mais crítica na reta do Feital em Real, perto do Forno Mágico e na Avenida 31 de Janeiro (Fig.5.12)

A situação obrigou ao encerramento temporário daquela artéria, que divide as localidades de Real, Dume e Frossos, mas reabriu na tarde do mesmo dia, após os bombeiros procederem à limpeza da via.

O vereador da proteção civil esteve no local a explicar à população sobre o facto da via ser uma estrada nacional e como tal está ao encargo das infraestruturas de Portugal. Altino Bessa nota ainda que Braga se encontra preparada para enfrentar este tipo de situações de cheias, tomando medidas preventivas como encerrar os túneis rodoviários (como o do Meliã) e algumas ruas (entre elas a Rua Maria Amélia Bastos Leite, em Ferreiros) onde, por norma, fica inundada com chuva intensa (Terras de Braga, 9 janeiro 2023, online).



Figura 5.12 Efeito da cheia do rio Este na Avenida 31 de Janeiro. Fonte: Terras de Braga 2023, online

5.2.2 Análise

Uma vez apresentadas as ocorrências relacionadas com cheias e inundações no concelho de Braga, procedeu-se ao cruzamento da informação referente à localização das mesmas com os elementos expostos do município, de forma a compreender a sua vulnerabilidade.

5.2.2.1 Densidade populacional e solo urbanizado

Analisando inicialmente o mapa de densidade populacional, verifica-se que existe um maior número de ocorrências na zona com maior densidade populacional do concelho (Fig. 5.13), ou seja, no centro da cidade, mostrando que há um número elevado de habitantes mais vulneráveis à

ocorrência de cheias e inundações. Adicionalmente, na figura 5.14 apresenta-se uma carta que resulta da sobreposição do solo urbanizado com o mapa de suscetibilidade de Braga. A maior densidade populacional está diretamente relacionada a um solo mais urbanizado e o solo urbanizado associado diretamente a um local mais propício à ocorrência de fenómenos naturais. Portanto, é de esperar que o número de ocorrências esteja diretamente relacionado com a densidade populacional.

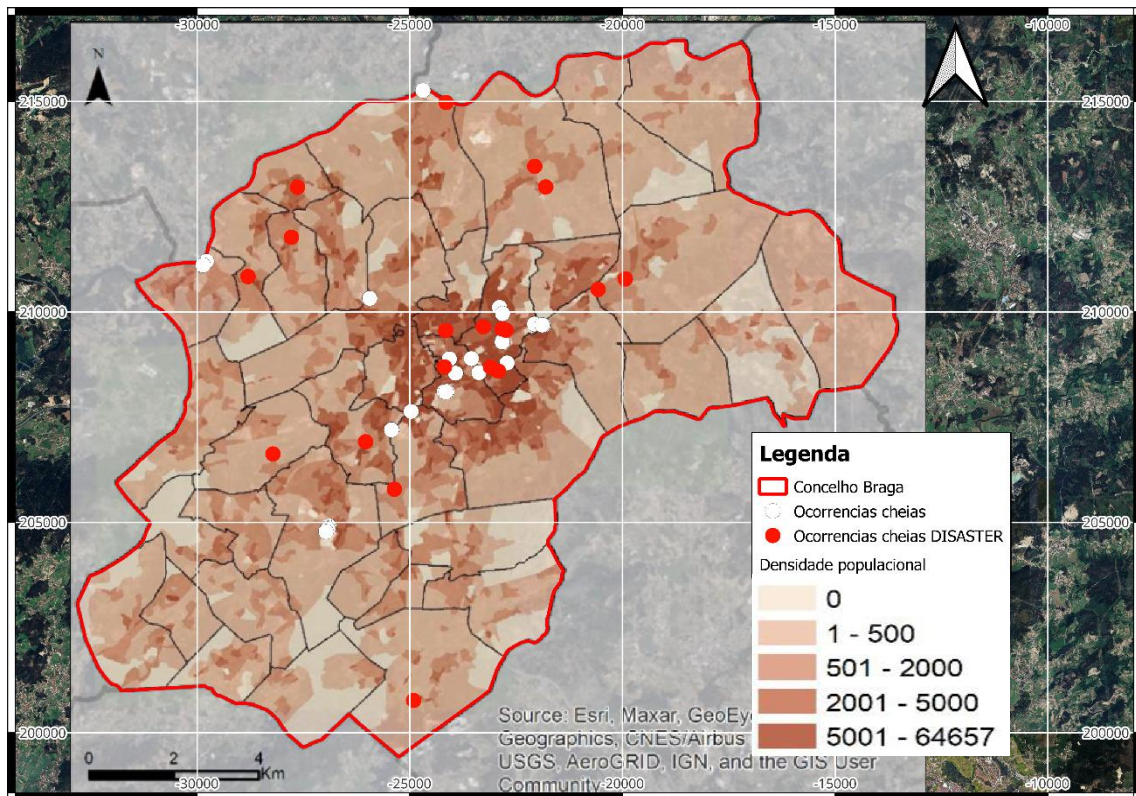


Figura 5.13 Sobreposição das ocorrências de cheias e inundações registadas no concelho de Braga com a carta de densidade populacional do concelho de Braga (carta de Ferreira, 2021).

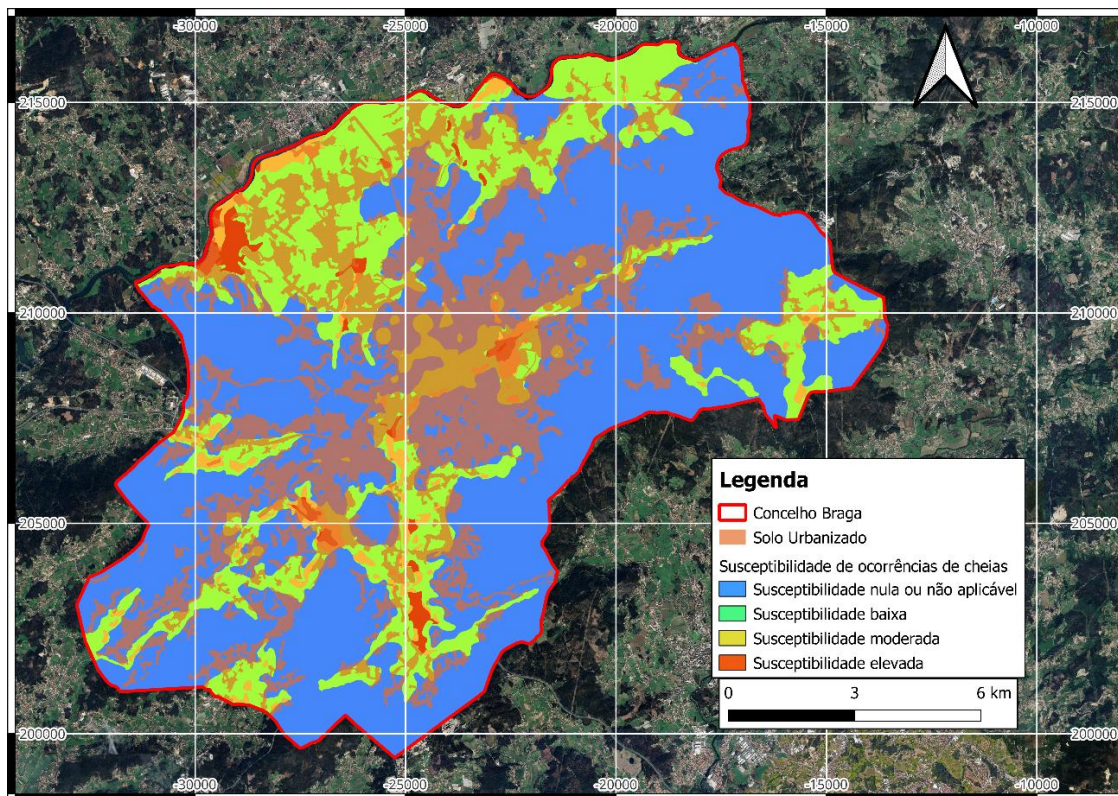


Figura 5.14 Sobreposição do solo urbanizado do concelho de Braga com a carta de suscetibilidade a cheias e inundações.

5.2.2.2 Rede rodoviária

Examinando a rede rodoviária do concelho Bracarense, é notável que as estradas mais afetadas por cheias e inundações pertencem à rede complementar, uma vez que estas se sobrepõem aos locais de maior suscetibilidade (Fig. 5.15). Seguidamente, as vias mais afetadas são as estradas pertencentes à rede municipal e, por último, a circular regional externa apresenta uma maior exposição.

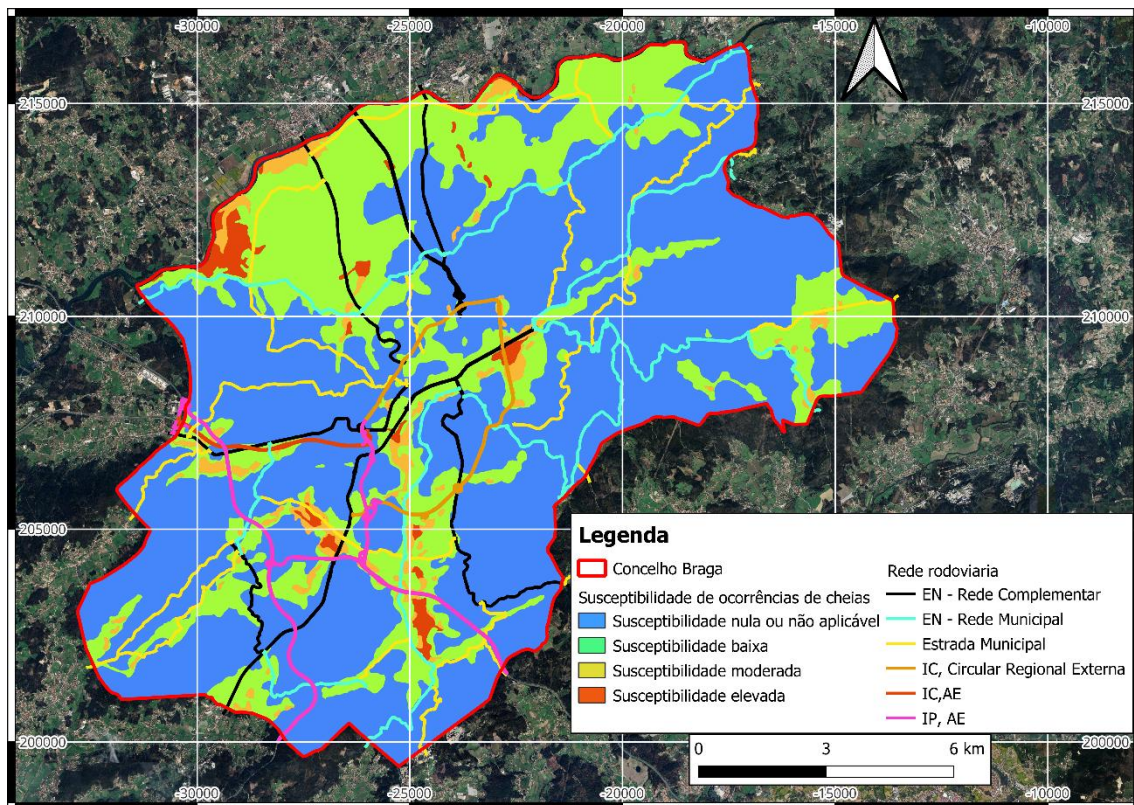


Figura 5.15 Rede rodoviária do concelho de Braga com sobreposição da carta de suscetibilidade de Braga.

5.2.2.3 Rede ferroviária

Relativamente à rede ferroviária no concelho de Braga, a parte inicial da ferrovia, presente no centro da cidade, encontra-se numa zona de suscetibilidade elevada, sendo que ao longo do seu percurso até ao limite da cidade, a ferrovia está sempre próxima de locais de suscetibilidade moderada a elevada (Fig. 5.16). No entanto, as cheias e inundações podem ter um impacto significativo na rede ferroviária, podendo afetar a infraestrutura física através da inundação de linhas férreas ou através da erosão e/ou corrosão.

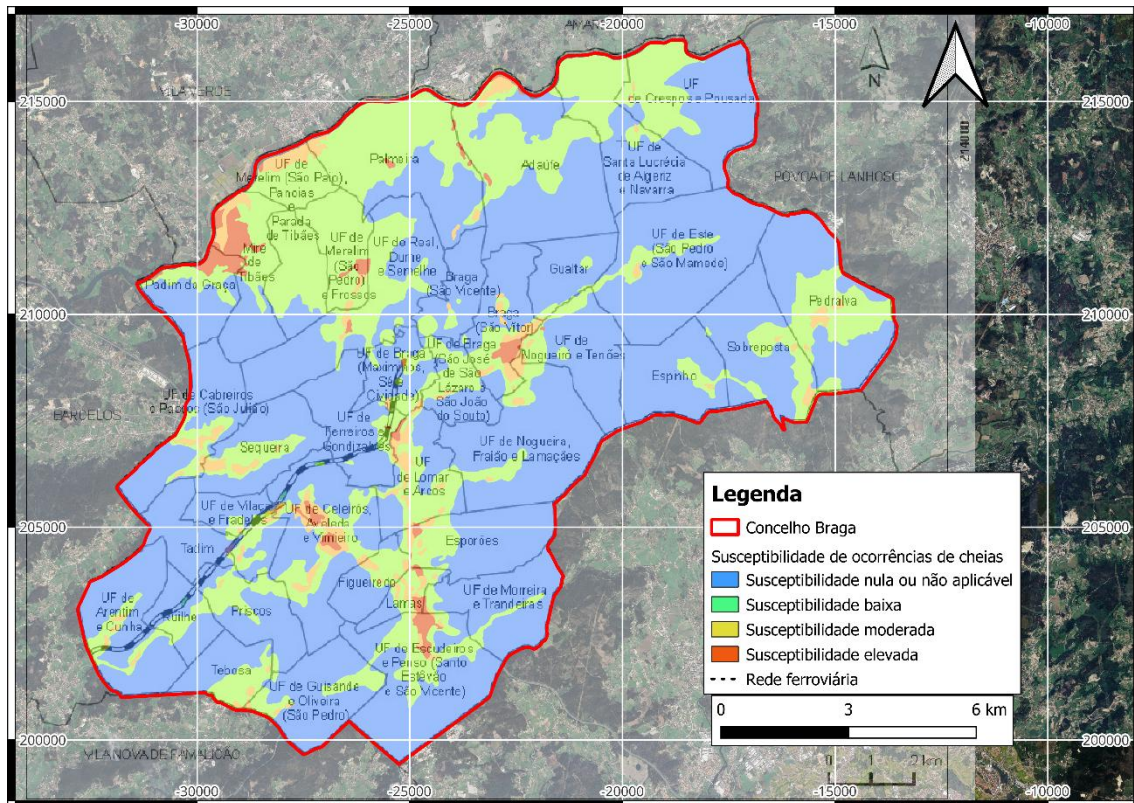


Figura 5.16 Rede ferroviária do concelho de Braga com sobreposição da carta de suscetibilidade de Braga.

5.2.2.4 Rede de abastecimento de água

A rede de abastecimento de água é mais densificada no centro da cidade por ser o local de maior densidade populacional (Fig. 5.17). As cheias e inundações podem afetar a rede de abastecimento de água de várias formas, comprometendo tanto a qualidade como a quantidade da água disponível para consumo e outros usos. Durante as cheias e inundações, as águas superficiais e subterrâneas podem ser contaminadas, as infraestruturas podem ficar danificadas podendo até interromper o fornecimento de energia que serve como sistema de bombeamento.

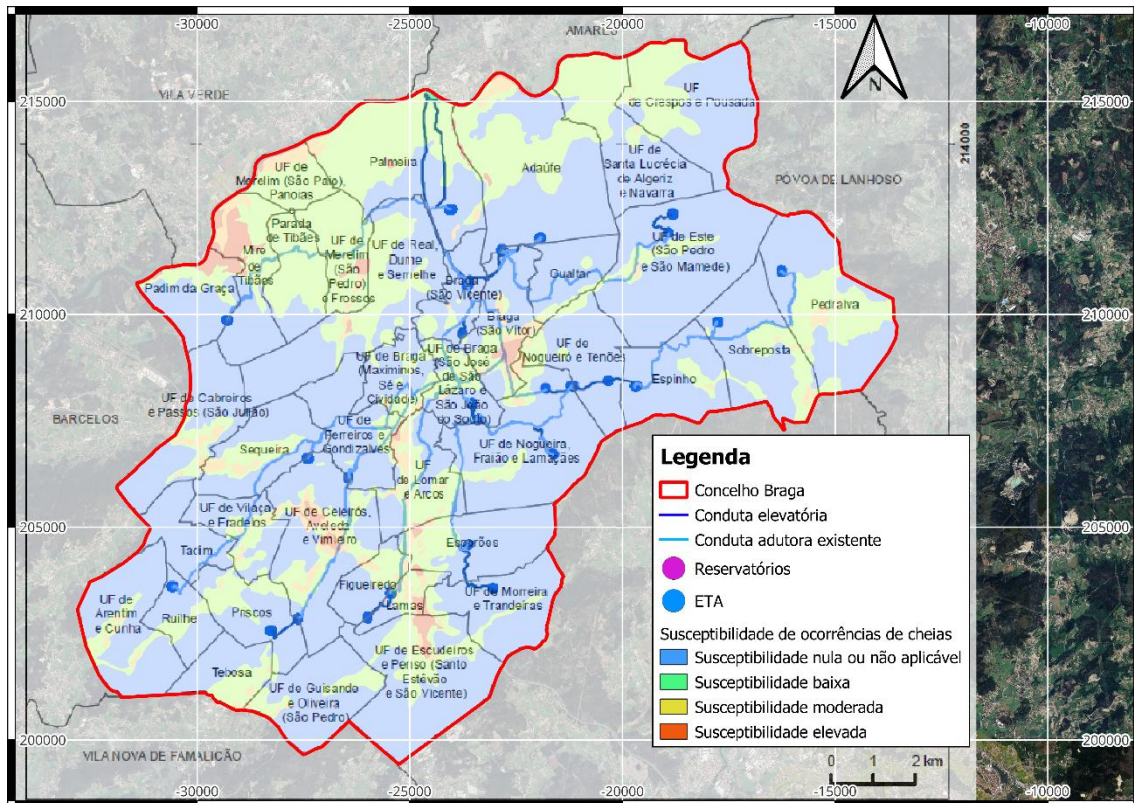


Figura 5.17 Rede de abastecimento de água do concelho de Braga com sobreposição da carta de suscetibilidade de Braga.

5.2.2.5 Infraestruturas de drenagem de águas residuais

Tal como já foi analisado anteriormente, a zona central de Braga é o local de maior número de ocorrências relacionadas com cheias e inundações, sendo também o local com solo mais impermeabilizado. Portanto é nesta zona que as infraestruturas de água residuais apresentam maior vulnerabilidade a cheias e inundações (Fig. 5.18).

Durante eventos de cheias e inundações, a quantidade de água que entra nos sistemas de drenagem pode exceder significativamente a capacidade para a qual foram projetados. Isso pode levar a sobrecargas, uma vez que a água transborda não apenas dos sistemas de esgoto, mas também pode causar refluxo nas casas e nas ruas, resultando em contaminação e possíveis danos à saúde pública.

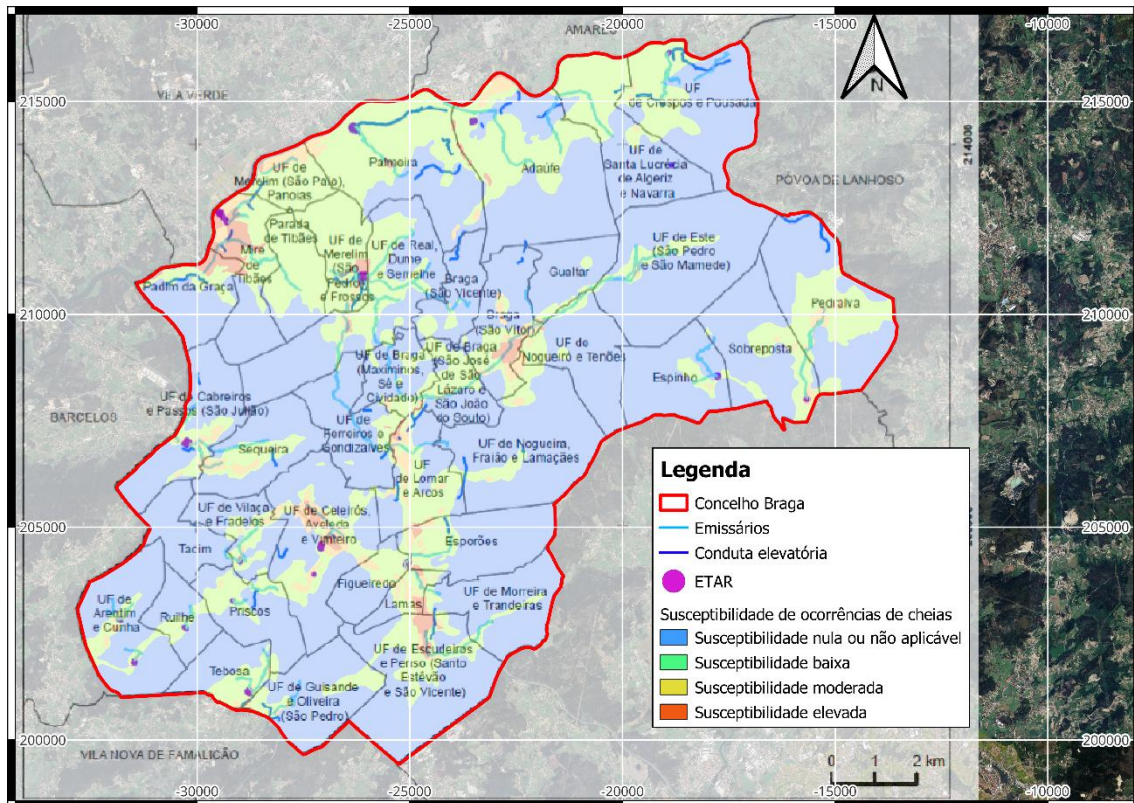


Figura 5.18 Infraestrutura de drenagem de águas residuais do concelho de Braga com sobreposição da carta de suscetibilidade de Braga.

5.2.2.6 Infraestruturas de telecomunicações, antenas de receção e as estações de rádio comunicação

As cheias podem impactar significativamente as infraestruturas de telecomunicações (Fig. 5.19), o que afeta a comunicação tanto entre as pessoas como entre os serviços de operação para serviços essenciais. A comunicação entre os serviços de operação em caso de emergência é fundamental de forma às mesmas conseguirem coordenar recursos, aumentando a rapidez e eficácia de resposta permitindo uma diminuição de prejuízos. Além da comunicação entre si, é vital disseminar informações para o público de forma a evitar pânico e o caos. Apesar de uma grande parte da infraestrutura de telecomunicações se localizar no centro da cidade de Braga, as antenas de receção e as estações de rádio comunicação encontram-se afastadas da zona crítica de ocorrência de cheias (Fig. 5.20).

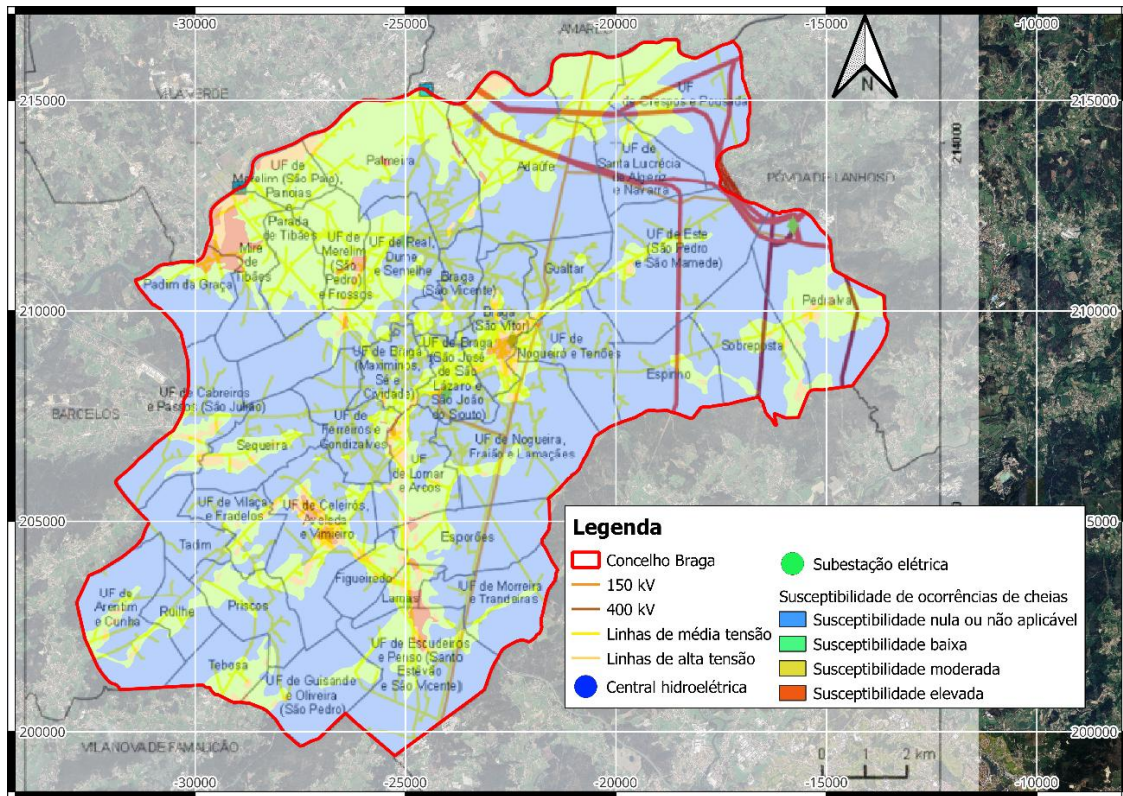


Figura 5.19 Infraestrutura de telecomunicações do concelho de Braga com sobreposição da carta de suscetibilidade de Braga.

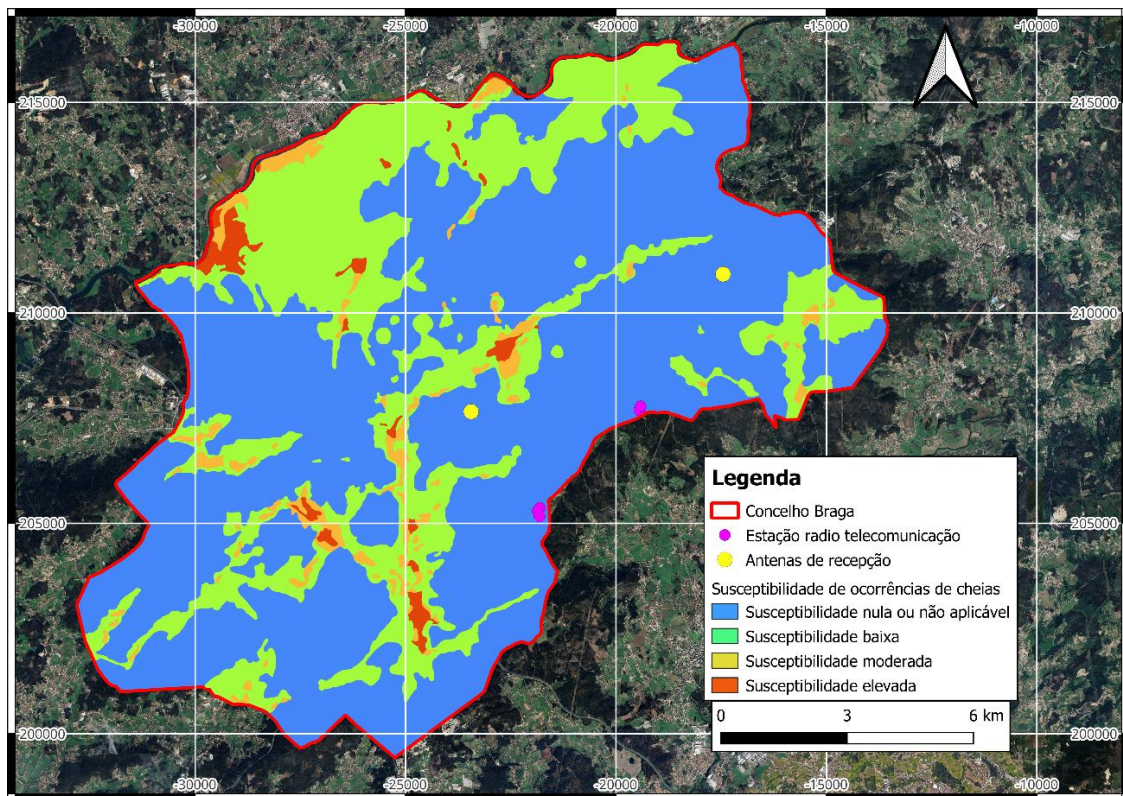


Figura 5.20 antenas de receção e as estações de radio comunicação do concelho de Braga com sobreposição da carta de suscetibilidade de Braga.

5.2.2.7 Hospitais e farmácias

Existe um número elevado de farmácias em Braga, principalmente na zona central da cidade (Fig. 5.21), onde a suscetibilidade a cheias e inundações é mais elevada, tornando estes estabelecimentos vulneráveis a este perigo, contrariamente aos que se localizam na zona mais periférica de Braga.

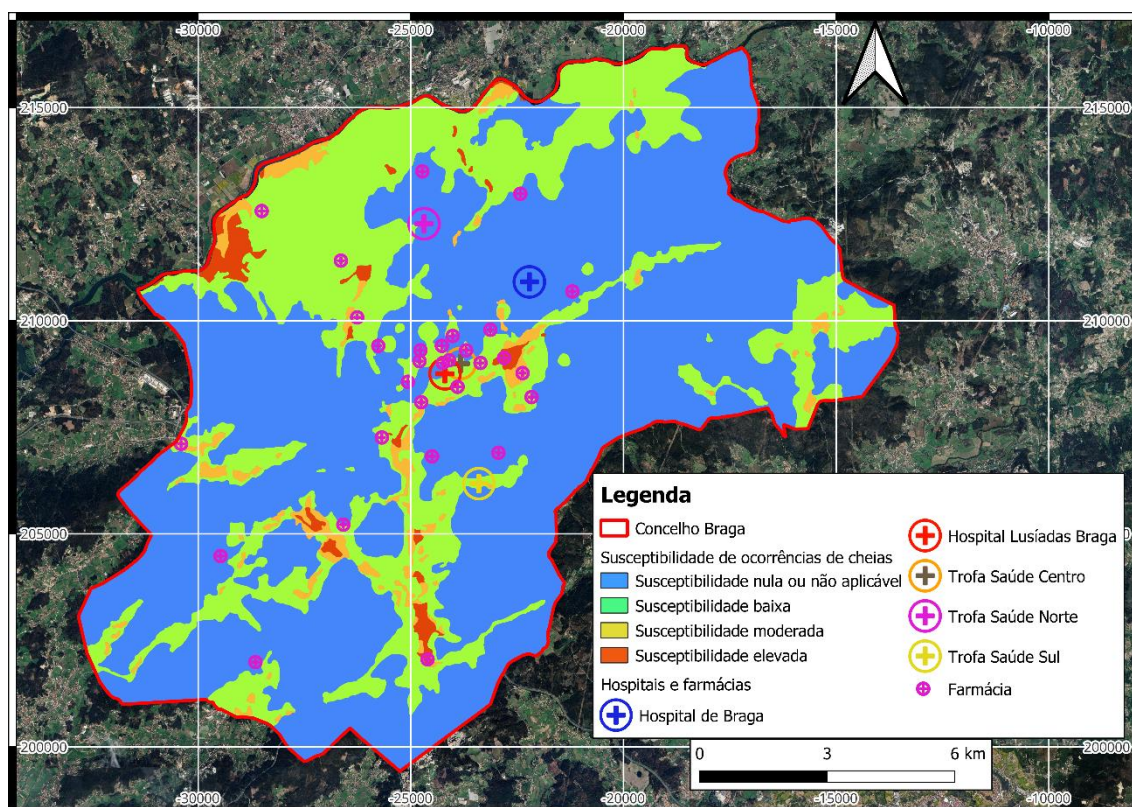


Figura 5.21 Hospitais e farmácias do concelho de Braga com sobreposição da carta de suscetibilidade de Braga.

5.2.2.8 Agentes de proteção civil

À exceção dos bombeiros sapadores e da GNR do Sameiro, os restantes elementos expostos estão nas proximidades de locais de suscetibilidade moderada, sendo que a segunda esquadra da PSP e a delegação de Braga encontram-se em locais mais próximos de suscetibilidade elevada (Fig. 5.22). O facto destes agentes de proteção civil estarem próximos dos locais geralmente afetados por este tipo de ocorrências, permite uma resposta mais rápida e eficaz. No entanto, por outro lado, os mesmos podem também ser afetados por cheias e inundações, daí a importância dos elementos mais afastados da zona maior incidência.

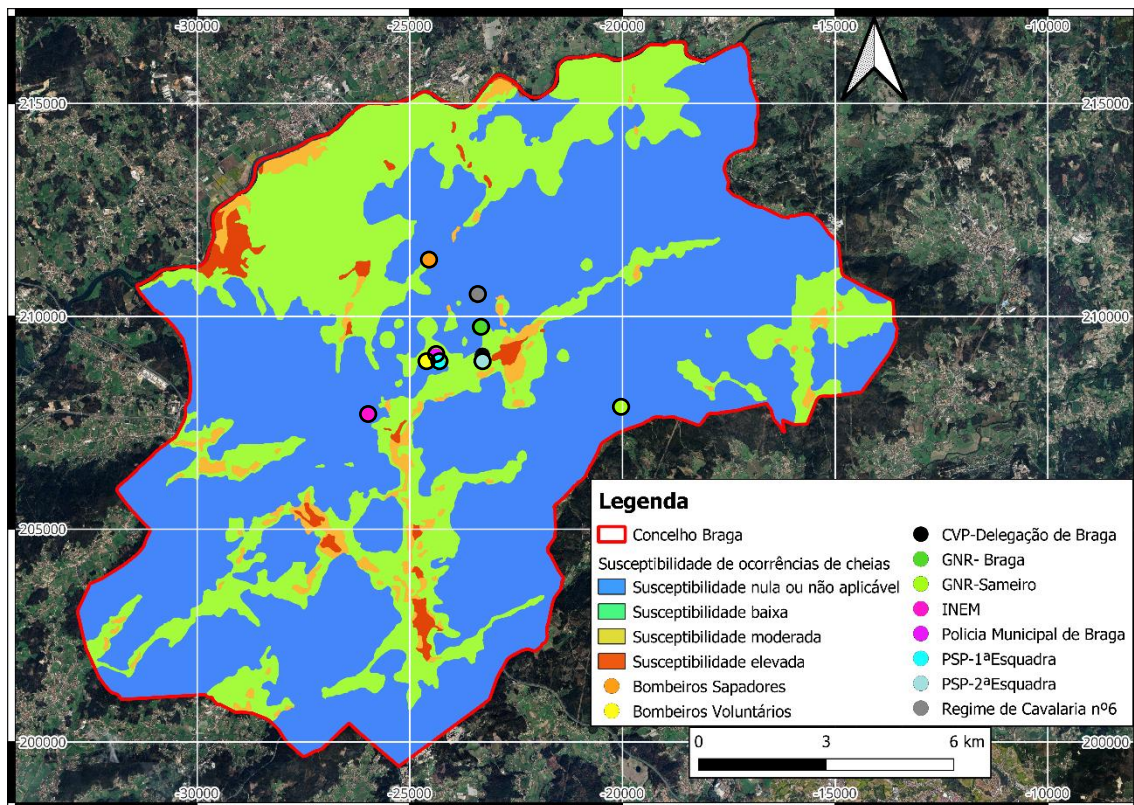


Figura 5.22 Elementos de proteção civil do concelho de Braga com sobreposição da carta de suscetibilidade de Braga.

5.3 Movimentos de Vertente

Os movimentos de vertente, vulgarmente designados por derrocadas ou deslizamentos de terras, correspondem ao movimento de uma massa de rocha e/ou solo instabilizada, cujo centro de gravidade do material afetado progride para jusante e para o exterior. Estes fenómenos podem ser classificados com base na sua morfologia e no seu mecanismo em desabamento, balançamento, deslizamento e expansão lateral (Highland e Bobrowsky, 2008).

O desabamento é uma tipologia específica de movimento de vertente que ocorre quando uma grande quantidade de material se desloca de forma repentina, com velocidade muito elevada, a partir de um talude ou encosta íngreme. Este fenómeno pode ser desencadeado por diversos fatores, como chuvas intensas, atividade sísmica, erosão, entre outros. O material desloca-se predominantemente pelo ar, por queda, saltação ou rolamento, dependendo da inclinação dos taludes (*in* Marques, 2021).

O balançamento envolve a rotação de uma massa de solo ou rocha em torno de um ponto ou eixo localizado abaixo do centro de gravidade da massa

afetada, principalmente devido à influência da gravidade e à ação de forças laterais. Este pode ser desencadeado por diferentes fatores, como a inclinação do terreno, a presença de camadas geológicas fracas, a presença de água ou o aumento da carga sobre o terreno. Tal acontece quando ocorre uma rotação de uma massa de solo ou rocha a partir de um ponto ou eixo situado abaixo do centro de gravidade da massa afetada (*in* Marques, 2021). Este movimento pode ser mais lento e gradual do que outros tipos de movimentos de vertente, como deslizamentos ou desabamentos, e pode ser difícil de detetar em estágios iniciais.

O deslizamento, também conhecido como *slide*, é caracterizado por um movimento de solo ou rocha que predominantemente ocorre ao longo de planos de rutura ou zonas relativamente estreitas, sujeitas a uma intensa deformação tangencial. Durante esse movimento, a massa deslocada permanece em contato com o material subjacente não afetado, exibindo graus variáveis de deformação, dependendo do tipo de deslizamento. Estes podem variar em tamanho e velocidade, desde pequenos deslocamentos de solo até grandes desmoronamentos que afetam áreas extensas. Além disso, eles podem ocorrer em diferentes formas. Os deslizamentos rotacionais ocorrem ao longo de superfícies de rotura côncavas, em meios geralmente homogêneos e isotrópicos. O movimento envolve uma rotação, materializada por um abatimento na parte montante do deslizamento e por um levantamento do seu sector frontal, formando aclives. Os deslizamentos translacionais ocorrem ao longo de superfícies de rotura planares ou ligeiramente onduladas (Marques, 2021). O plano de rotura desenvolve-se ao longo de superfícies de fraqueza concordantes com o declive do talude, marcadas por uma resistência ao corte reduzida.

A expansão lateral em solos é um fenómeno extremamente rápido que desencadeia situações de perigo iminente. Este movimento é caracterizado pelo colapso de uma camada de solo numa determinada profundidade, seguido pelo assentamento das camadas superiores mais resistentes ou pela rutura gradual de toda a massa afetada. Tal pode ser identificada por sinais como fissuras e inclinações em muros e construções, além de fendas no solo. Este tipo de movimento pode causar danos materiais significativos em construções e infraestruturas próximas, como estradas e pontes. Pode resultar da liquefação ou escoada do material brando subjacente (*in* Marques, 2021). A superfície da rotura não apresenta intenso cisalhamento. Este movimento é marcado pela ausência de roturas basais bem definidas.

5.3.1 Ocorrências no concelho de Braga

De acordo com a base de dados DISASTER, não foram registadas ocorrências de movimentos de massa em vertentes no concelho de Braga, no período compreendido entre 1865 e 2010.

Ao analisar a hipsometria de Braga (Fig. 5.23) é notável que as altitudes mais baixas estão presentes na margem esquerda do rio Cávado, na zona noroeste de Braga. Contrariamente, as zonas mais altas, com grandes variações de declive encontram-se na parte leste do concelho, onde se situa o Monte do Sameiro, a uma altitude de 572 metros, a Serra dos Picos, com 565 metros de altitude, e o famoso Monte de Santa Marta das Cortiças, com 562 metros de altitude. Os valores de altitude e as linhas de água estão diretamente correlacionadas sendo que estas últimas se desenvolvem na orientação da faturação NW-SE, devido à atuação da tectónica tradi-hercínica e dos movimentos alpinos (Ferreira, 2021).

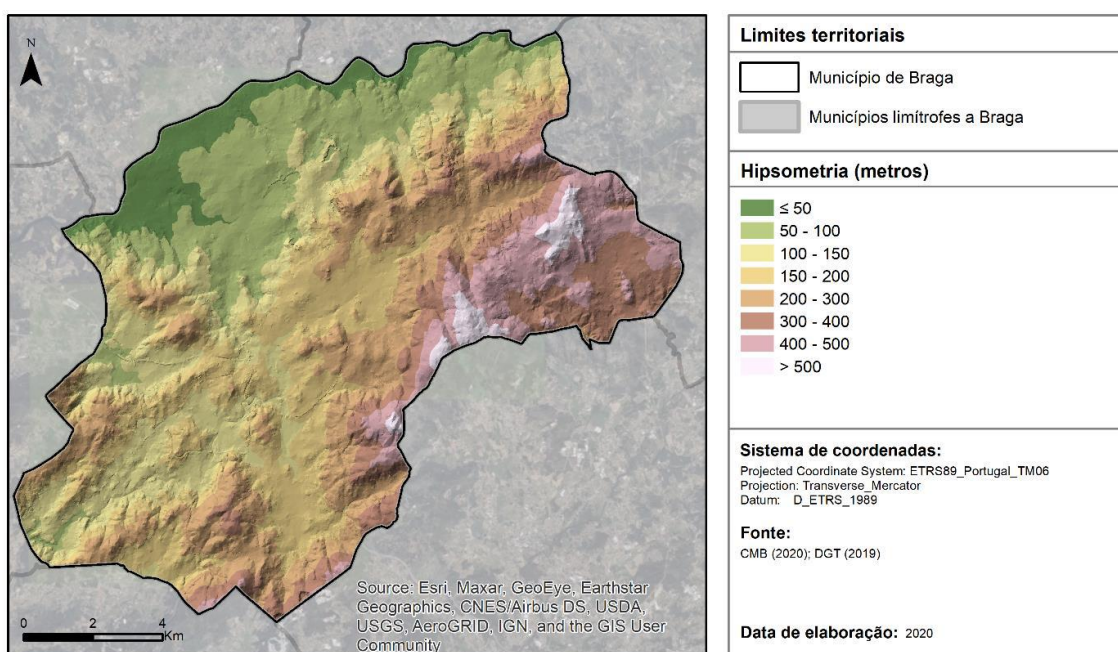


Figura 5.23 Hipsometria no concelho de Braga (Ferreira 2021).

Apesar de não apresentar especificamente no seu território ocorrências de movimentos de vertente, até 2010, o concelho de Braga, localiza-se na zona norte de Portugal, estando inserido numa região com imensas ocorrências de carácter relevante, apresentadas na figura 5.24. Deste modo, cresce a necessidade de precaver e prevenir a cidade de forma a minimizar as consequências decorrentes deste perigo geológico. Além disso, ao analisar a carta de suscetibilidade ao perigo de movimentos de vertente (Fig. 5.25),

é de notar que a periferia do concelho, e em especial o lado Este, apresenta diversos locais de elevada suscetibilidade.

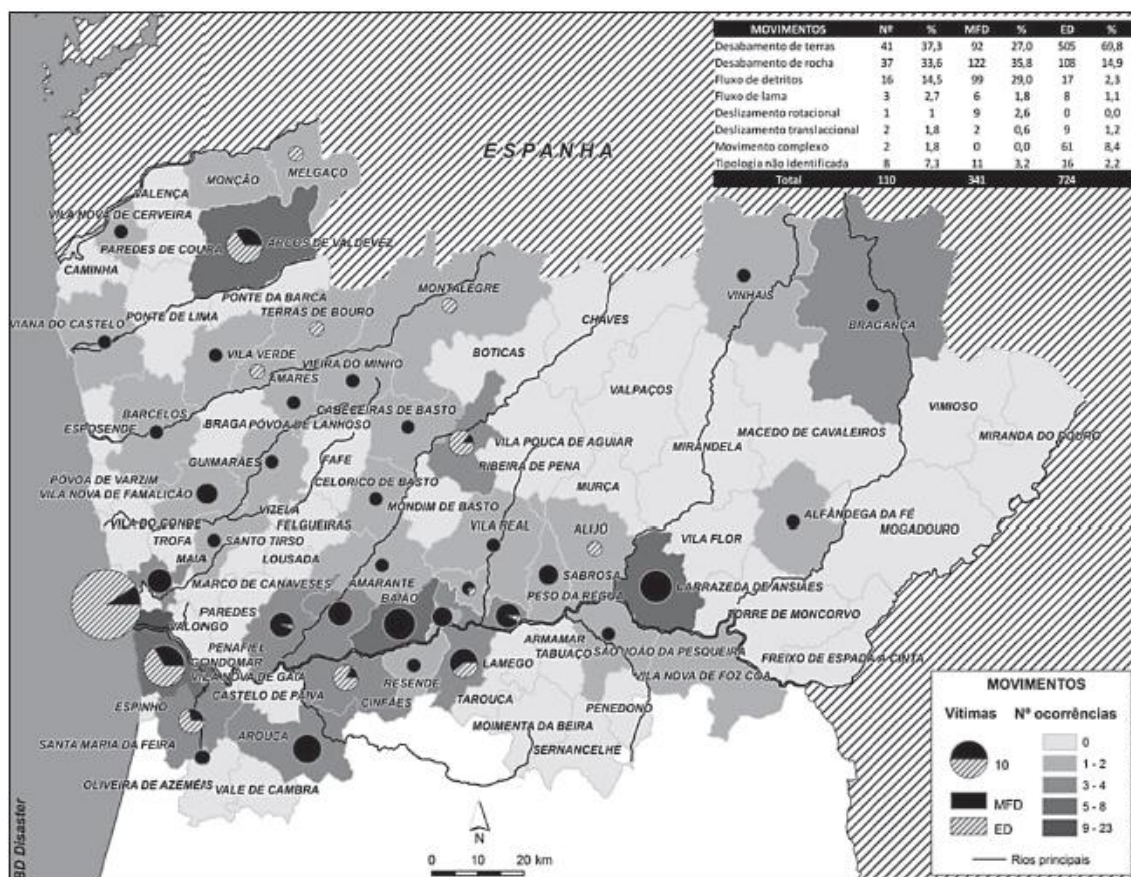


Figura 5.24 Distribuição espacial dos movimentos de massa em vertentes no norte de Portugal, considerando o número de ocorrências e danos associados (MFD: mortos, feridos e desaparecidos), (ED evacuados e desalojados).

As freguesias de maior altitude do concelho de Braga são as de Lamações, Briteiros, Gualtar, Nogueira, Fraião, Tenões e Espinho, onde nestas aflora a unidade de Vila Nune com micaxistos e migmatitos com níveis turmalinitos, tal como se pode ver na figura 5.26 obtida através da folha 5-D Braga da Carta Geológica de Portugal. É importante referir a presença do micaxisto, pois após a área ter sofrido três fases de deformação ao longo da histórica geológica de Braga, este micaxisto está bastante alterado e fraturado (Figs. 5.26 e 5.27) (Freitas, 2021).

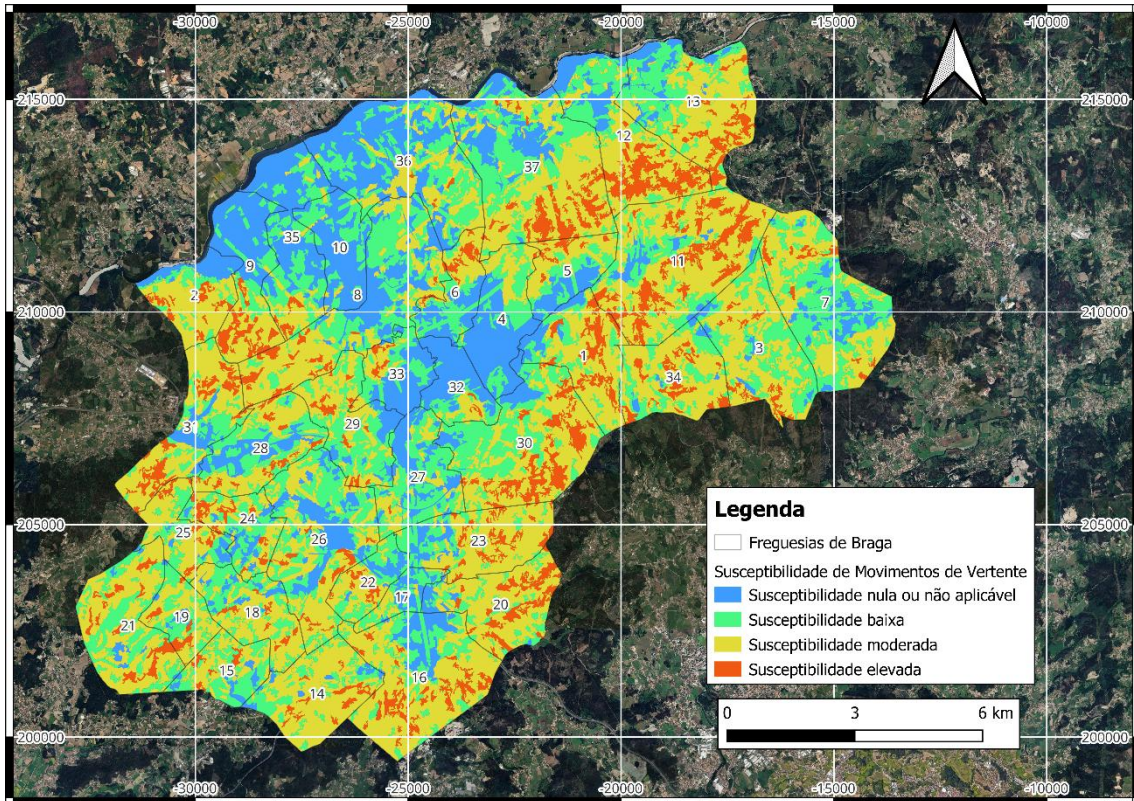


Figura 5.25- Carta de suscetibilidade de movimentos de vertente no concelho de Braga (Elaborado em QGIS, com base em shapefile disponibilizado pela Proteção Civil de Braga).

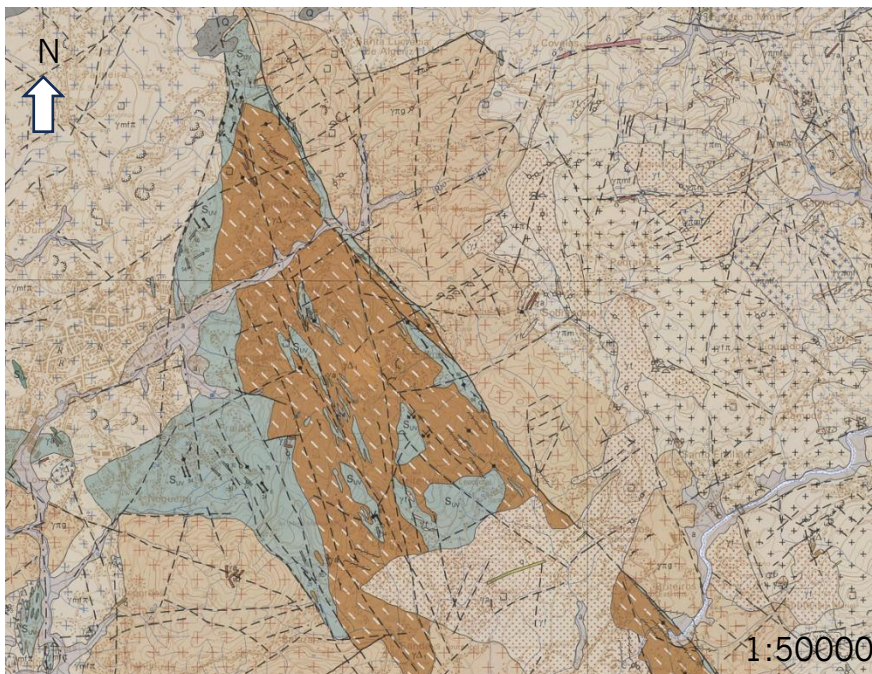


Figura 5.26 Pormenor da presença de micaxisto em Braga (Fonte: Folha 5-D Braga da Carta geológica de Portugal).



Figura 5.27 - Afloramento localizado ao lado da estrada no monte de Santa Marta na União das Freguesias de Nogueira, Fraião e Lamações, onde é possível observar o micaxisto alterado.

As notícias sobre movimentos de vertente ocorridos em Braga são bastante escassas, talvez porque as eventuais ocorrências não afetaram de forma significativa e não foram consideradas motivo de notícia. Mas tal não indica que a cidade não seja afetada por este perigo geológico.

5.3.1.1 Janeiro 2016

No dia 13 de janeiro de 2016 ocorreu a queda de um talude de 10 metros, em Esporões, na estrada que liga Escudeiros (Braga) a Joane (Vila Nova de Famalicão). Esta ocorrência levou à interrupção da circulação automóvel entre as duas localidades (Viana, 2016).

5.3.1.2 Outubro 2022

No dia 28 de outubro de 2022, na rua da Bouça, na freguesia da Pousada, houve uma derrocada de um muro devido ao mau tempo. De acordo com José João Correia, o muro que caiu era de suporte da estrada municipal 591 e a sua derrocada obstruiu totalmente a via (Antunes, 2022).

5.3.1.3 Janeiro 2023

No dia 2 de janeiro de 2023, Ricardo Rio, presidente da Câmara Municipal de Braga, revelou que ocorreram "duas ou três derrocadas de muros,

deslizamento de terras na Variante do Fojo" causado por força de uma árvore já em risco de queda (Oliveira, 2023).

5.3.1.4 Dezembro 2023

A 6 de dezembro de 2023, fortes chuvas levaram à derrocada de um talude que sustentava a variante sul colocando em risco a circulação automóvel no sentido Norte-Sul. Um morador próximo do local acrescentou: “Todos os dias passam aqui centenas de carros e camiões e isto pode sofrer alguma trepidação que pode causar nova derrocada. A terra está muito solta” (Viana, 2023).

5.3.2 Análise

5.3.2.1 Rede rodoviária

De todas as estradas da rede rodoviária, são as estradas da rede municipal e as estradas municipais que percorrem locais de maior suscetibilidade à ocorrência de movimentos de vertente (Fig. 5.28), uma vez que estas estradas foram criadas para percorrer zonas periféricas da cidade, ou seja, locais mais remotos, coincidindo com locais montanhosos e de maior declive.

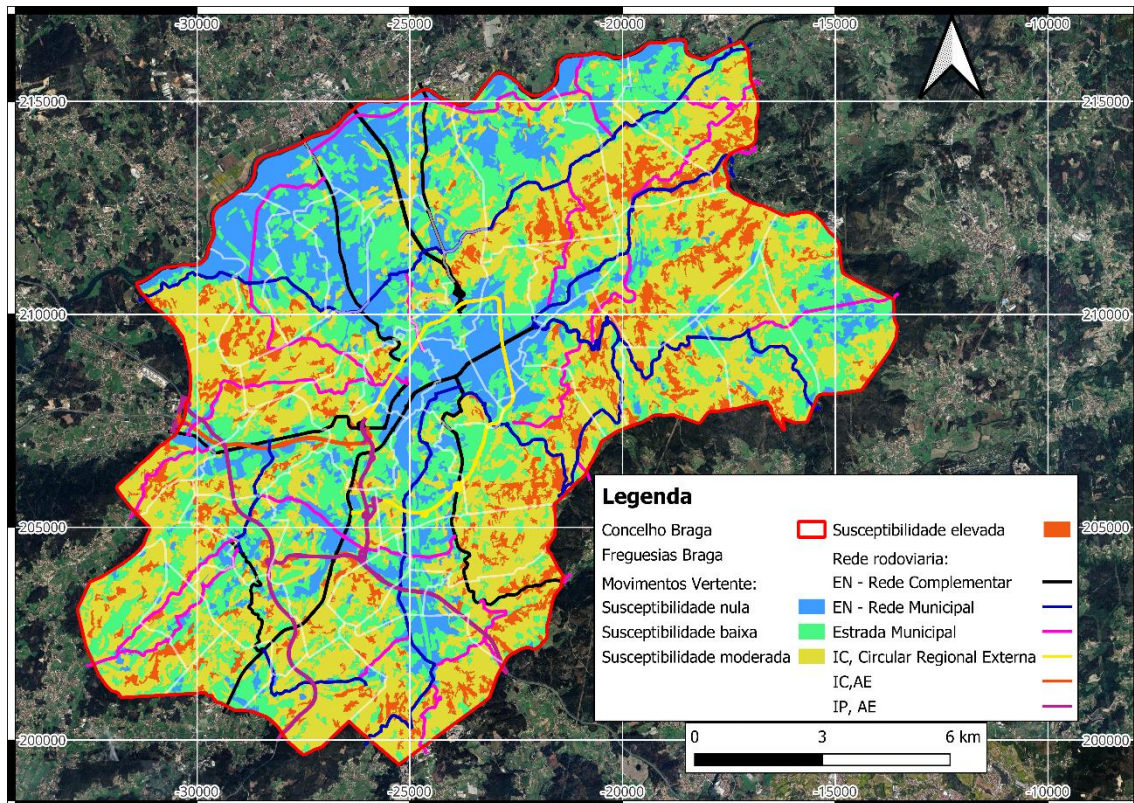


Figura 5.28 Rede rodoviária com sobreposição da carta de suscetibilidade de movimentos de vertente do concelho de Braga.

5.3.2.2 Rede ferroviária

A rede ferroviária atravessa alguns locais de suscetibilidade moderada a elevada ao perigo de movimentos de vertente, estando sempre próxima a locais de suscetibilidade moderada (Fig. 5.29). Os problemas associados aos troços que atravessam zonas de elevada suscetibilidade são os possíveis descarrilamentos, interrupções de serviços, detritos na linha férrea ou até mesmo criar danos à infraestrutura exigindo reparos mais complexos.

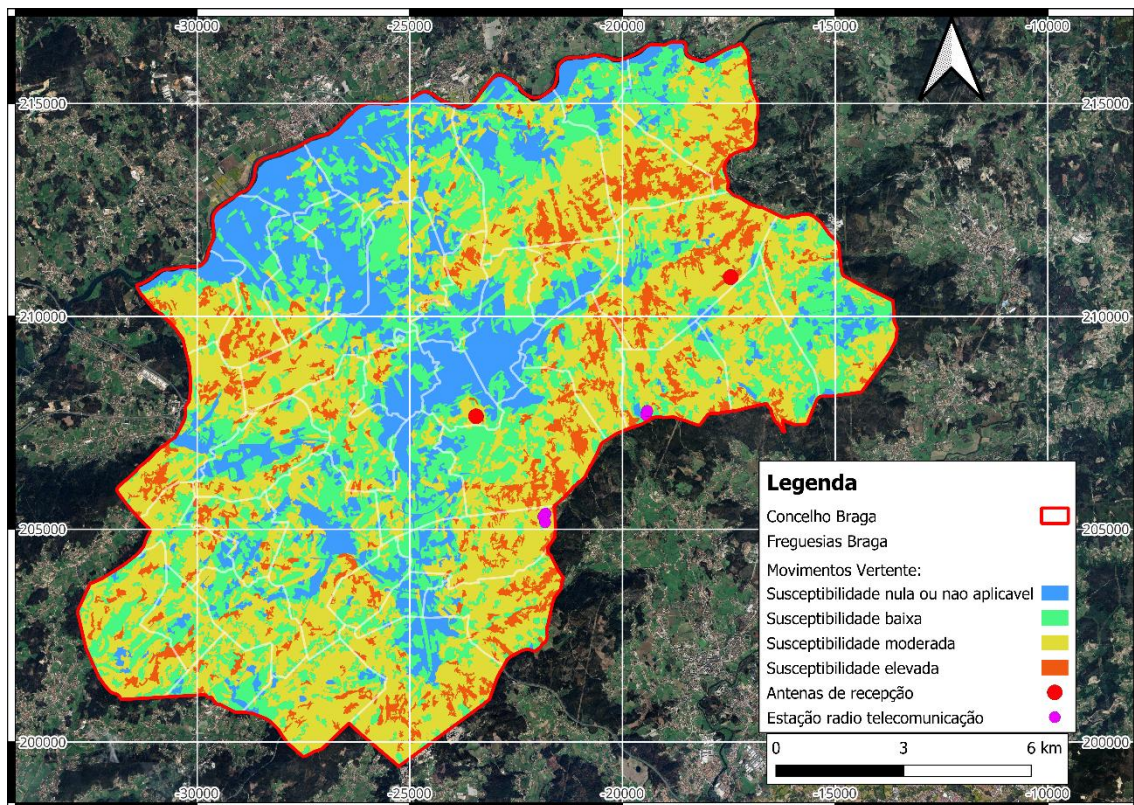


Figura 5.30 Antenas e estações de radio telecomunicações com sobreposição da carta de suscetibilidade de movimentos de vertente do concelho de Braga.

5.3.2.4 Infraestruturas de transporte aéreo

Das duas infraestruturas de transporte aéreo, o aeródromo encontra-se implantado numa zona de suscetibilidade nula a baixa, já o heliporto, uma vez que se localiza no hospital de Braga, está, conseqüentemente, numa zona de suscetibilidade moderada (Fig.5.31), o que pode ser prejudicial, pois este heliporto serve de base para receber doentes graves transportados via helicóptero.

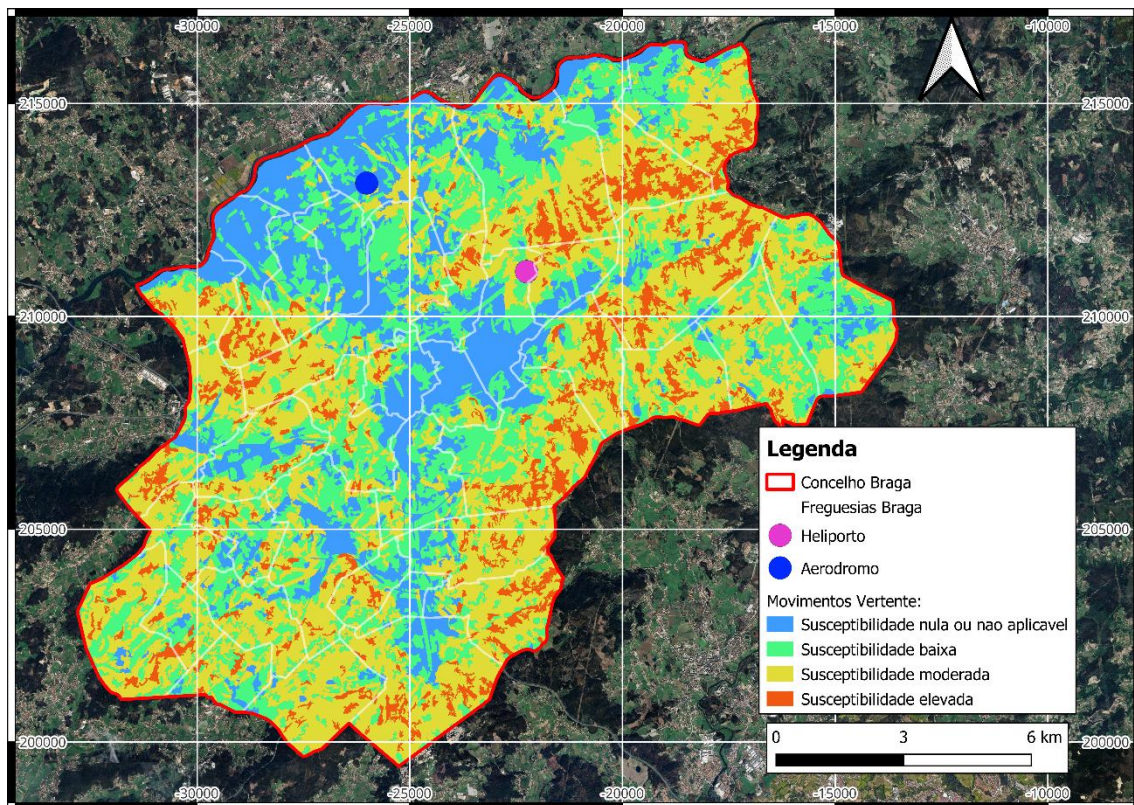


Figura 5.31 Heliporto e aeródromo com sobreposição da carta de suscetibilidade de movimentos de vertente do concelho de Braga.

5.3.2.5 Hospitais e farmácias

A grande maioria dos hospitais e farmácias do concelho de Braga estão em locais de suscetibilidade nula a baixa (Fig. 5.32), permitindo perceber que a localização da sua construção foi bem considerada na maior parte dos casos. O hospital de Braga, o hospital Trofa Saúde Sul e as farmácias na zona sudoeste do concelho são as únicas infraestruturas em locais de maior suscetibilidade à ocorrência de movimentos de vertente.

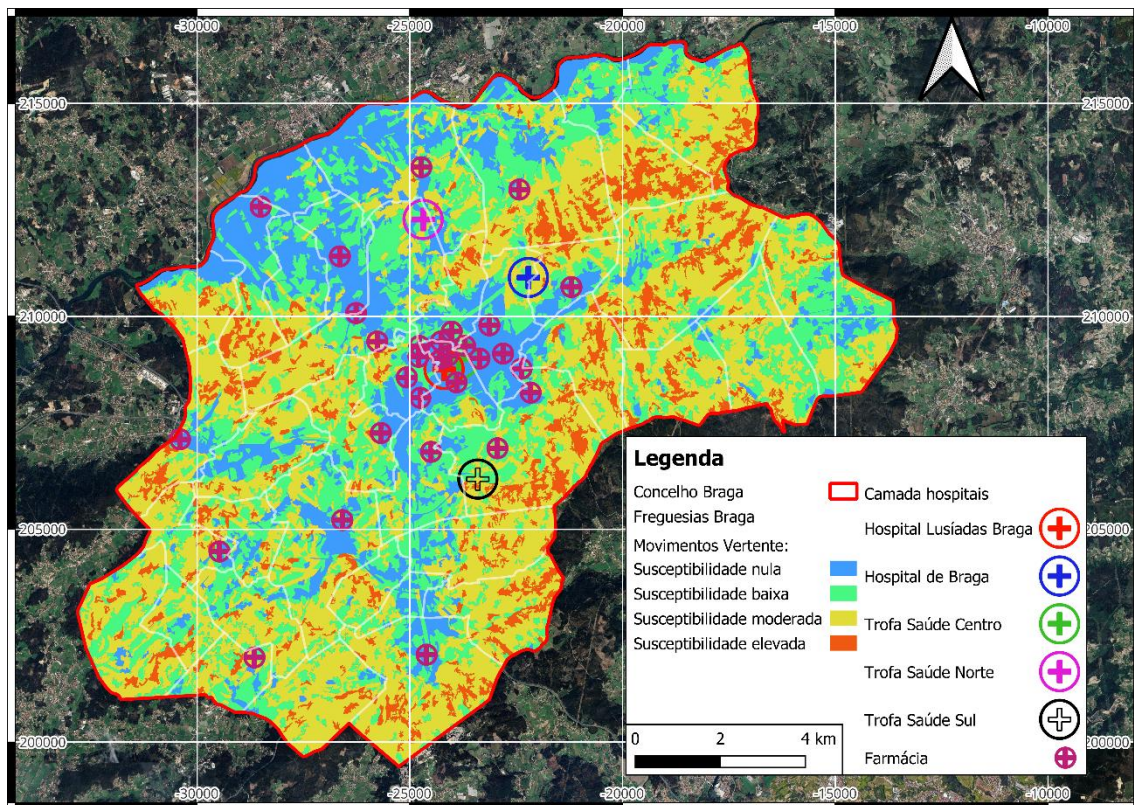


Figura 5.32 Hospitais e farmácias com sobreposição da carta de suscetibilidade de movimentos de vertente do concelho de Braga.

5.3.2.6 Agentes de proteção civil

Sobrepondo a carta de suscetibilidade com a localização dos agentes de proteção civil, é de notar que estes se encontram praticamente todos em locais de suscetibilidade nula ou baixa (Fig. 5.33), sendo apenas a exceção o INEM, que se encontra num local de suscetibilidade moderada a elevada.

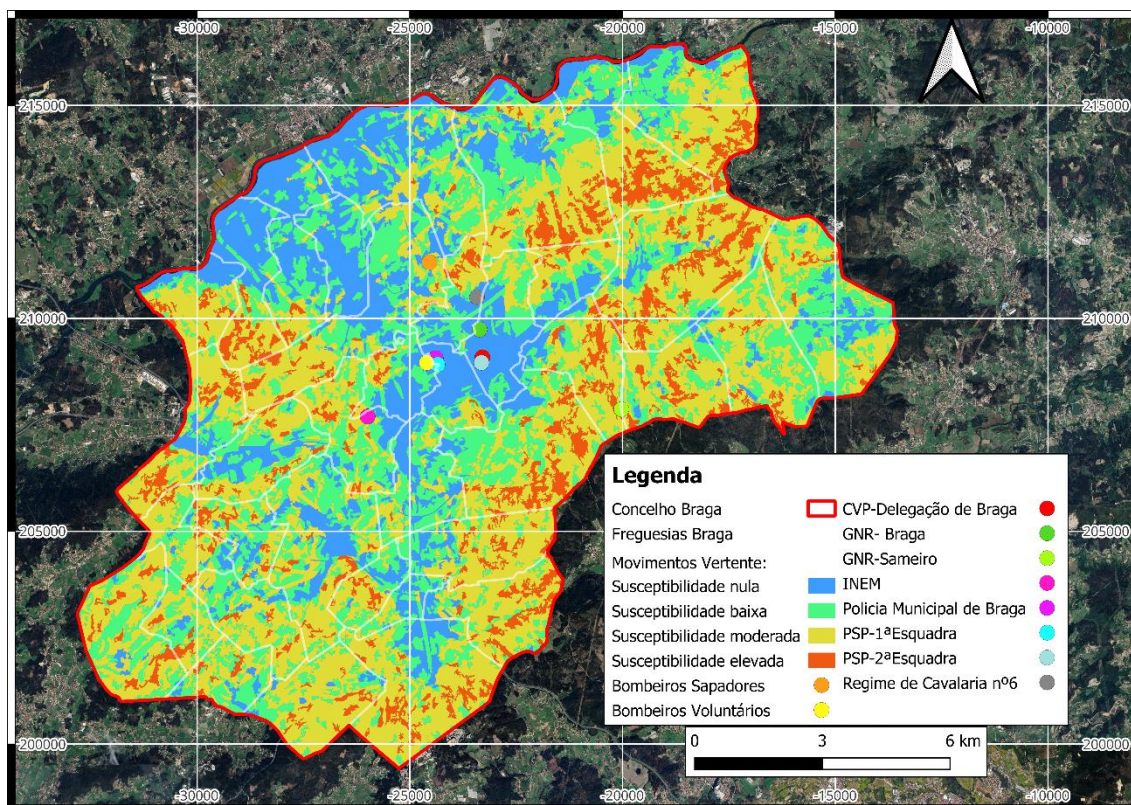


Figura 5.33 Agentes de proteção civil com sobreposição da carta de suscetibilidade de movimentos de vertente do concelho de Braga.

5.4 Sismos

A sismicidade de uma área é determinada pelo seu enquadramento geodinâmico. A energia acumulada ao longo do tempo é libertada sob a forma de ondas sísmicas, desencadeando assim os sismos. A compreensão da sismicidade desempenha um papel crucial na geologia e na ciência da Terra e vital para a segurança pública, uma vez que permite prever e mitigar os riscos associados aos sismos. A figura 5.35 apresenta a carta de intensidades máximas para o território continental (Avaliação Nacional de Risco, 2014).

Localizado no bordo ocidental da Península Ibérica, Portugal Continental está sujeito a sismicidade resultante da interação das placas Eurasiática e Africana. Com efeito, é na região a sul e a sudoeste do território continental português que se geraram os sismos mais destruidores que afetaram o território continental português (Pena et al., 2014).

Além disso, regista-se também sismicidade, mais moderada, no interior do Continente, em ambiente intraplaca, pois o território continental é atravessado por várias falhas ativas, capazes de gerar sismos (Fig.5.34).

Servem como exemplo as falhas de Penacova-Régua-Verin, de Manteigas-Vilariça-Bragança, da Nazaré, do Vale Inferior do Tejo, de Seia-Lousã, de Messejana e de Loulé. Uma das regiões com grande atividade sísmica é a região de Évora, uma área sem falhas importantes reconhecidas (Cabral, 1995; Pena et al., 2014).

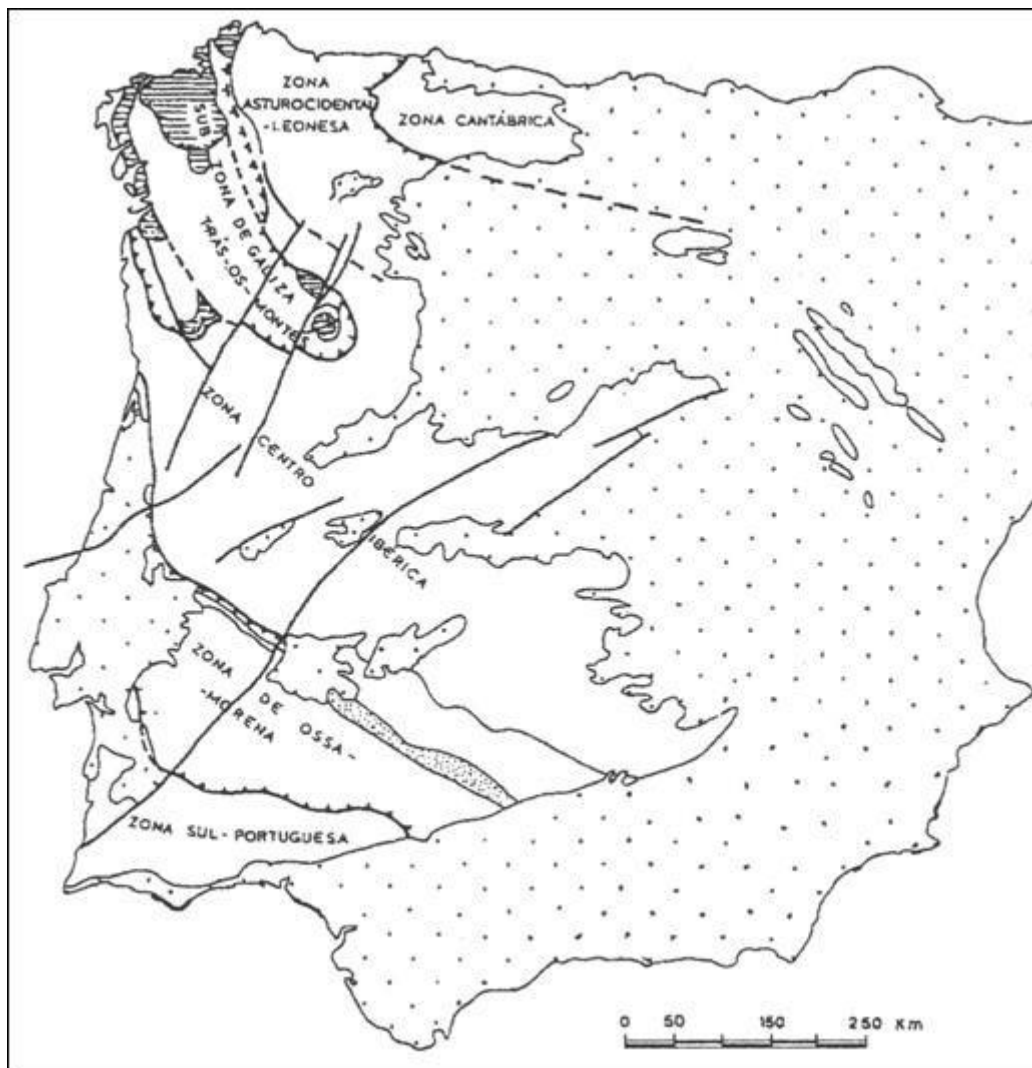


Figura 5.34 Zonas paleogeográficas e tectónicas do Maciço Ibérico Fonte: Daniela 2010.

De acordo com a carta de intensidades sísmicas máximas de Portugal Continental, apresentada na figura 5.35, Braga encontra-se numa zona de intensidade VI, na escala de Mercalli Modificada, portanto apresenta uma menor suscetibilidade ao perigo sísmico quando comparada com a parte sul do território português continental.

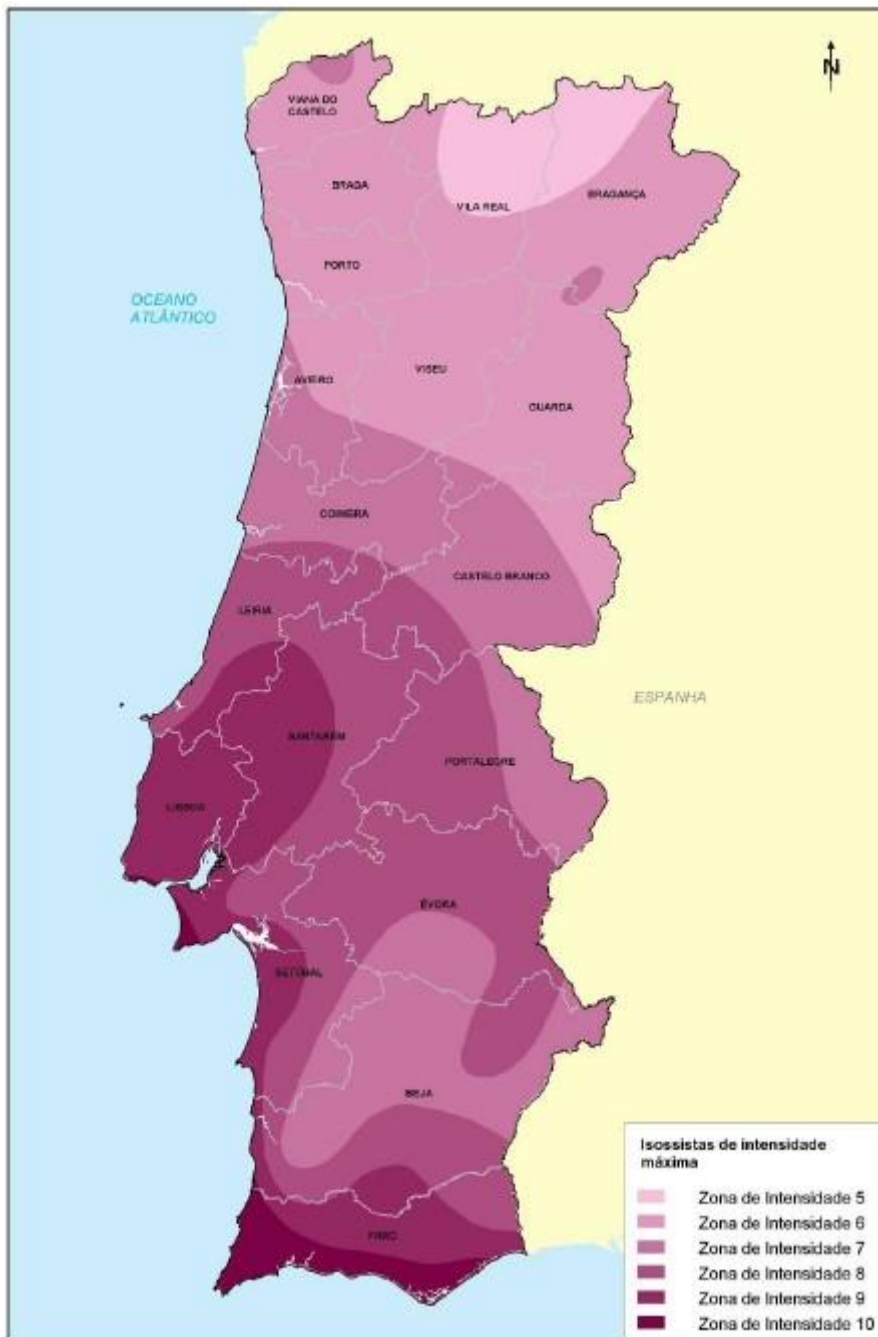


Figura 5.35 - Carta de Intensidades Máximas, na escala de Mercalli modificada de 1956 (Avaliação Nacional de Risco, 2019).

No entanto, mesmo com suscetibilidade sísmica mais baixa, é crucial adotar medidas de preparação e de construção resistentes a sismos uma vez que a região de Braga se encontra numa zona de intensidade VI, na escala de Mercalli Modificada (Fig. 5.35), o que, por si, só já é significativo. Significa que, no passado, o concelho de Braga já foi atingido por sismos que foram sentidos com esse grau de intensidade. A intensidade VI é classificada como sendo bastante forte, sendo o sismo sentido por toda a

população, provocando pânico. Relativamente aos impactos no edificado, causa danos ligeiros, como fissuras em estuques fracos e em casas de alvenaria mais fraca, e o mobiliário pode deslocar-se ou tombar. Como tal, as futuras infraestruturas da cidade, incluindo edifícios, pontes e viadutos, devem ser projetadas de acordo com os padrões de construção sísmica para garantir a segurança da população em caso de sismos de magnitude elevada, uma vez que há várias notícias de edifícios antigos em risco de colapso.

Além disso, a sensibilização e educação pública sobre o perigo sísmico são importantes para minimizar os impactos. A colaboração entre as autoridades locais, como por exemplo a proteção civil, especialistas em sismologia e engenharia e a população é fundamental para criar uma cidade mais resiliente a sismos (Escritório das Nações Unidas para Redução de Riscos de Desastres, 2012). Ainda assim, há casos de sismos de magnitude baixa que são sentidos e deixam a população em alerta.

5.4.1 Ocorrências no concelho de Braga

O concelho de Braga já foi afetado por vários sismos com epicentro no concelho ou nas imediações, que foram sentidos com intensidades baixas e, como tal, muitos não foram objeto de notícias por parte dos órgãos de comunicação social. Na tabela seguinte são apresentados apenas os eventos sentidos em Braga.

Na figura 5.36 são apresentados à escala do país, os epicentros dos sismos sentidos em Braga, reclassificados segundo a sua magnitude onde a cor branca representa uma menor magnitude e a cor vermelha representa uma magnitude maior. Apesar de todos os sismos apresentados terem sido sentidos em Braga apenas uma pequena quantidade tem o seu epicentro no concelho, representado à escala do concelho de Braga na figura 5.36. Alguns dos sismos sentidos neste concelho, apresentam o seu epicentro em Espanha, nas ilhas ou na Falha Gloria.

Tabela 5.2 Data, localização e intensidade (Escala Modificada de Mercalli, 1956) de sismos sentidos em Braga desde 1755.

DATA	Localização sismo		Intensidade sentida em Braga
2023-11-28	Melgaço (Viana do Castelo)	III	III
2023-09-07	P. Lima (Viana do Castelo)	II	II
2022-01-27	Valença (Viana do Castelo)	III	III
2021-05-20	Melgaço (Viana do Castelo)	III	III
2020-04-17	P. Lima (Viana do Castelo)	III	II/III
2020-02-11	Barcelos (Braga)	III	III
2018-11-17	Melgaço (Viana do Castelo)	IV	III/IV
2018-08-13	V. Verde	III	III
2018-08-11	V. Verde	IV	IV
2018-08-07	Amares	IV	IV
2018-08-06	V. Verde	III	III
2018-08-06	Amares	IV	IV
2018-01-29	Braga	III	III
2014-05-16	V. Verde	III	III
2014-01-02	Braga	II	II
2013-06-13	Vila Verde	III	III
2011-06-28	V. Conde	III/IV	III/III
2009-12-17	Sines	V	III
1997-05-23	Bragança	III	III
1997-05-22	Bragança	III	III
1997-05-22	Vinhais	III/IV	III/IV
1997-05-21	Vinhais	V	IV/IV
1975-08-06	Felgueiras	IV	IV
1973-09-20	Montalegre (Vila Real)	III/IV	III
1973-04-20	Montalegre (Vila Real)	III/IV	III
1969-02-28	Paderne	VIII	V/VI
1964-03-15	Alcouthim	VII	II/III
1948-11-18	Viana do Castelo e Barcelos...	IV/IV	IV/IV
1948-08-12	Porto, Lamego e Pinhel...	III/IV	III
1920-11-26	Modariz, Pontevedra e Vigo	VII	VI
1919-03-13	Gondomar, Lousada e Penafiel...	VI	V
1918-12-25	Chaves, Vidago e Mondim de Basto...	VI	V
1915-07-11	Torres Vedras	VI	III
1913-10-27	Viana do Castelo e Caminha...	VI	V
1913-10-26	Negrelos	V	IV
1913-04-26	Braga	III	III
1912-10-18	Aguiar, Guimarães e Vila Nova de Famalicó	VI	V
1883-12-22	Mafra, Lisboa e Braga	V	V
1879-06-23	Braga	IV	IV
1875-03-00	Vila Nova de Famalicão	IV/IV	III/IV
1858-11-11	Setúbal, Melides, Santo André	IX	IV
1856-07-05	Caldas das Taipas (Caldelas)	IV/IV	IV
1755-11-01	Sagres, Faro, Lagos, Silves, Albufeira, Lou	X	V

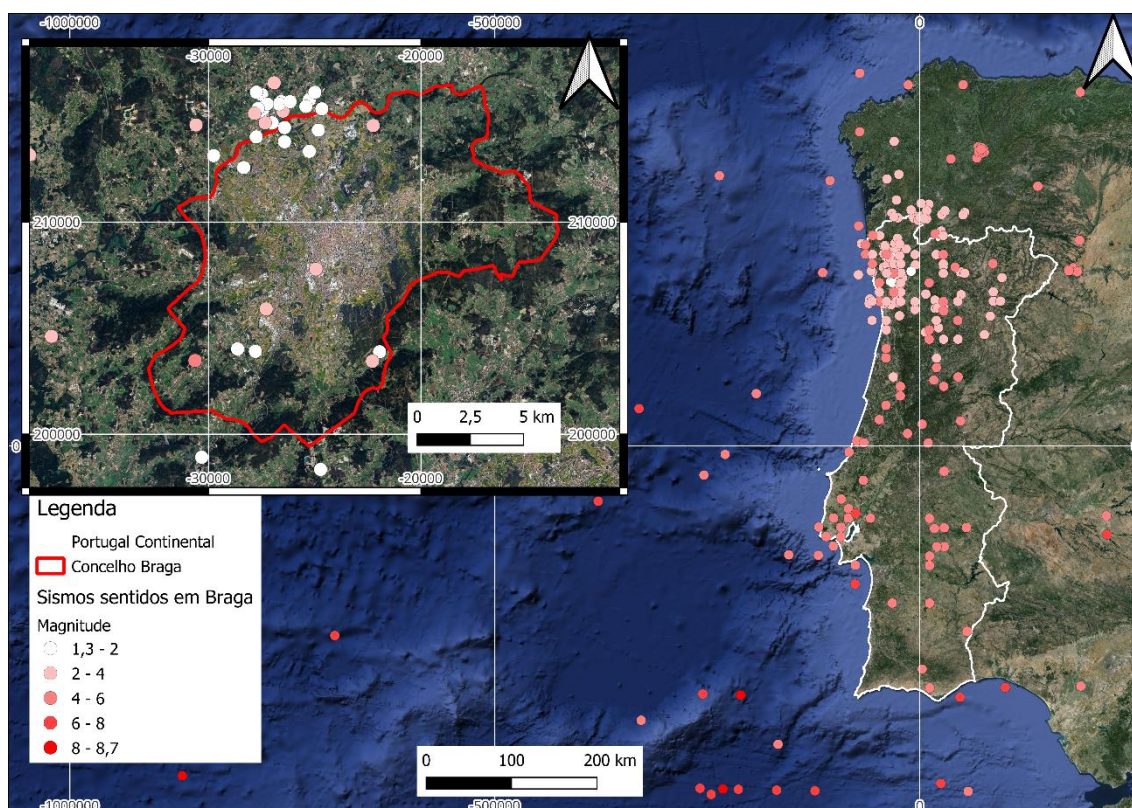


Figura 5.36 Sismos sentido em Braga e respetiva magnitude Fonte de dados: IPMA com o período de 1755 até 2024

5.4.1.1 Sismo de 1 de novembro de 1755

O sismo de 1 de novembro de 1755 foi um dos maiores sismos que atingiu a Península Ibérica e, em particular o território continental. Foi sentido fortemente em Lisboa, Algarve, Sul de Espanha, Marrocos. O megassismo teve uma magnitude estimada entre 8,7 e 9,0, atingiu intensidade máxima X no Algarve (Leandro, 2022). O número total de vítimas é incerto, mas as estimativas variam entre 20.000 e 40.000 pessoas. Só em Lisboa, estima-se que cerca de 10% da população residente terá morrido na sequência deste evento. Das 20.000 casas existentes em Lisboa, apenas cerca de 3.000 ficaram com possibilidade de serem reocupadas. Para além da destruição causada pela vibração do solo, o sismo gerou um tsunami que provocou em vários locais de Portugal Continental, Brasil, Escócia e Inglaterra. É de referir que nos Açores, o tsunami causou danos no edificado de Ponta Delgada e na Terceira quatro vítimas mortais (Firmino, 2005). A origem deste sismo é imprecisa havendo várias opiniões. No entanto, é consensual que a origem foi a SW de Portugal Continental, na região do Golfo de Cádiz na margem sudoeste portuguesa, podendo a fonte ter sido a Falha de Ferradura, a Falha Marquês de Pombal, ou

cavalgamentos nos bancos submarinos de Gorringe ou a zona de subducção a oeste do Golfo de Cádiz (Antunes e Cardoso, 2017).

De acordo com os dados fornecidos pelo IPMA, o sismo de 1755 foi sentido em Braga com uma intensidade de grau V, na escala de Mercalli modificada de 1956.

5.4.1.2 Sismo de 28 de fevereiro 1969

A 28 de fevereiro de 1969, um sismo de magnitude 8,0 e com epicentro a SW do Cabo de São Vicente, na planície abissal da Ferradura, foi sentido em todo o país, atingindo uma intensidade máxima de VIII, na Escala de Mercalli Modificada (1956; EMM-1956), no Barlavento Algarvio, provocando danos importantes em algumas construções de alvenaria antiga. Em Lisboa foram registados danos e queda de chaminés. Em Braga, o sismo foi sentido com intensidade máxima V/VI (EMM-1956) (Gomes, 2018, Online).

5.4.1.3 Agosto de 2018

Em agosto de 2018, registaram-se dezenas de sismos com magnitudes inferiores a 3,2 e epicentro na zona de Vila Verde, alguns dos quais sentidos com intensidades III e IV (EMM-1956)..

De acordo com a publicação, segundo a página do IPMA, registaram-se três dezenas de sismos na região durante 10 dias (Expresso, 2018, Online).

5.4.1.4 Novembro 2018

A 17 de novembro de 2018 foi registado um sismo de magnitude 5,2 na escala de Richter, registado pelas 04:27 nas estações da Rede Sísmica do Continente com epicentro a 480 km a oeste de Peniche. O sismo foi sentido com intensidade III em diversas localidades do distrito de Braga (O Minho, 2018, Online).

5.4.1.5 Sismos de 27 de fevereiro de 2019

No dia 27 de fevereiro de 2019 foram registados dois sismos num espaço de 12 horas. O primeiro, registado às 18h25, teve magnitude 1,0, e o segundo, às 03h25, teve magnitude 1,5, tendo sido sentido, no entanto com pouca intensidade.

5.4.1.6 Fevereiro de 2020

A 11 de fevereiro de 2020 um sismo de magnitude 2,4 na escala de Richter, registado às 07h22, foi sentido em Braga com intensidade máxima III (escala de Mercalli modificada) (O Minho, 2020, Online).

5.4.1.7 Outubro 2020

No dia 22 de outubro, um sismo de magnitude 3,7 na escala de Richter, com epicentro em Coimbra, foi sentido em Braga com intensidade II na escala de Mercalli (O Minho, 2020, Online).

5.4.1.8 Maio 2021

No dia 21 um sismo de magnitude de 3,5 na escala de Richter, com epicentro a cerca de 18 km a sudoeste de Manzaneda (Espanha) foi sentido em Braga, Terras do Bouro e Melgaço com intensidade III (EMM-1956).

5.4.1.9 Fevereiro 2024

A 14 de fevereiro de 2024, foi registado um sismo de magnitude 1,5, na escala de Richter. O epicentro localizou-se na zona noroeste de Braga e teve uma profundidade de quatro km, não havendo dados de que tenha sido sentido.

5.4.2 Análise

5.4.2.1 Infraestruturas rodoviárias

De todas as estradas, apenas as da rede complementar e as estradas nacionais apresentam proximidade a epicentros de sismos sentidos (Fig. 5.37), ou seja, existe a necessidade de uma maior atenção e manutenção destas vias.

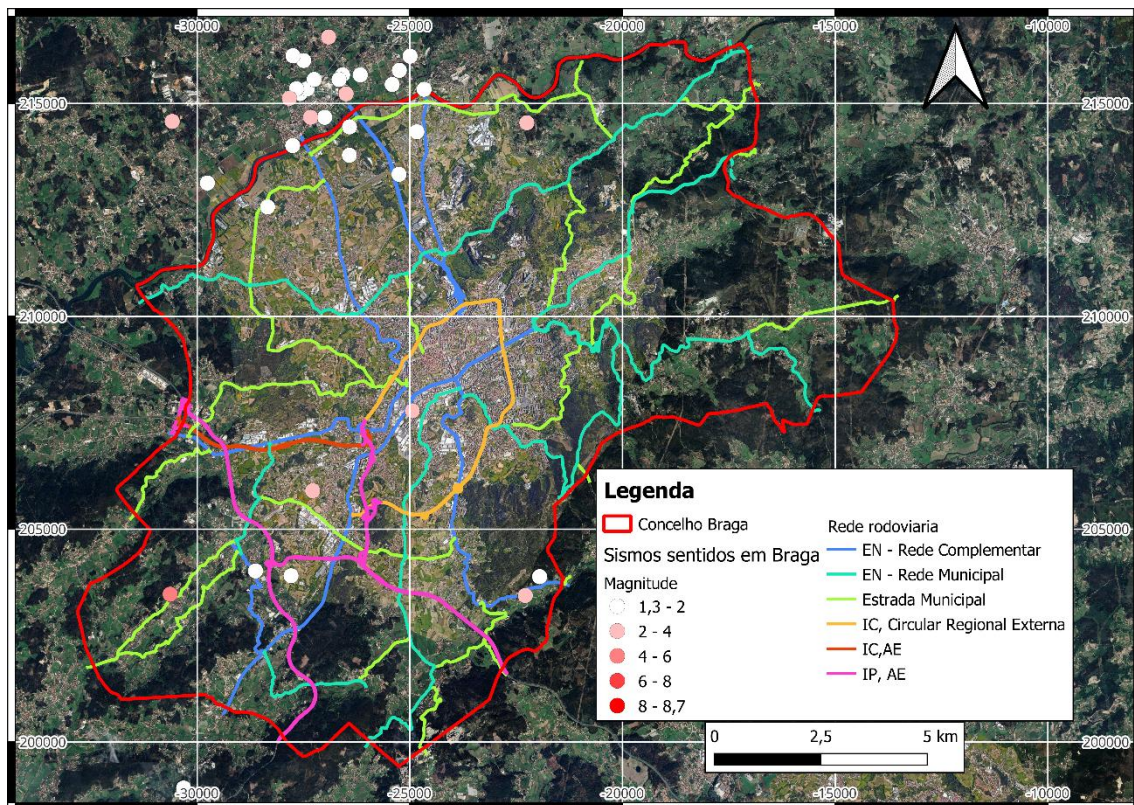


Figura 5.37 Rede rodoviária com localização de sismos sentidos e respetivas magnitudes no concelho de Braga.

5.4.2.2 Rede de abastecimento de água e infraestruturas de drenagem de águas residuais

Uma vez que estas infraestruturas partilham de uma distribuição muito semelhantes, são possíveis de serem analisadas em conjunto. A zona sudoeste e a zona noroeste, no limite do concelho, são os locais mais próximos da grande maioria dos sismos sentidos em Braga no período entre os anos 1755 a 2024 (Fig. 5.38 e Fig. 5.39), portanto, deve ser dado mais interesse às estruturas físicas que constituem estes elementos que se localizem próximos destas zonas.

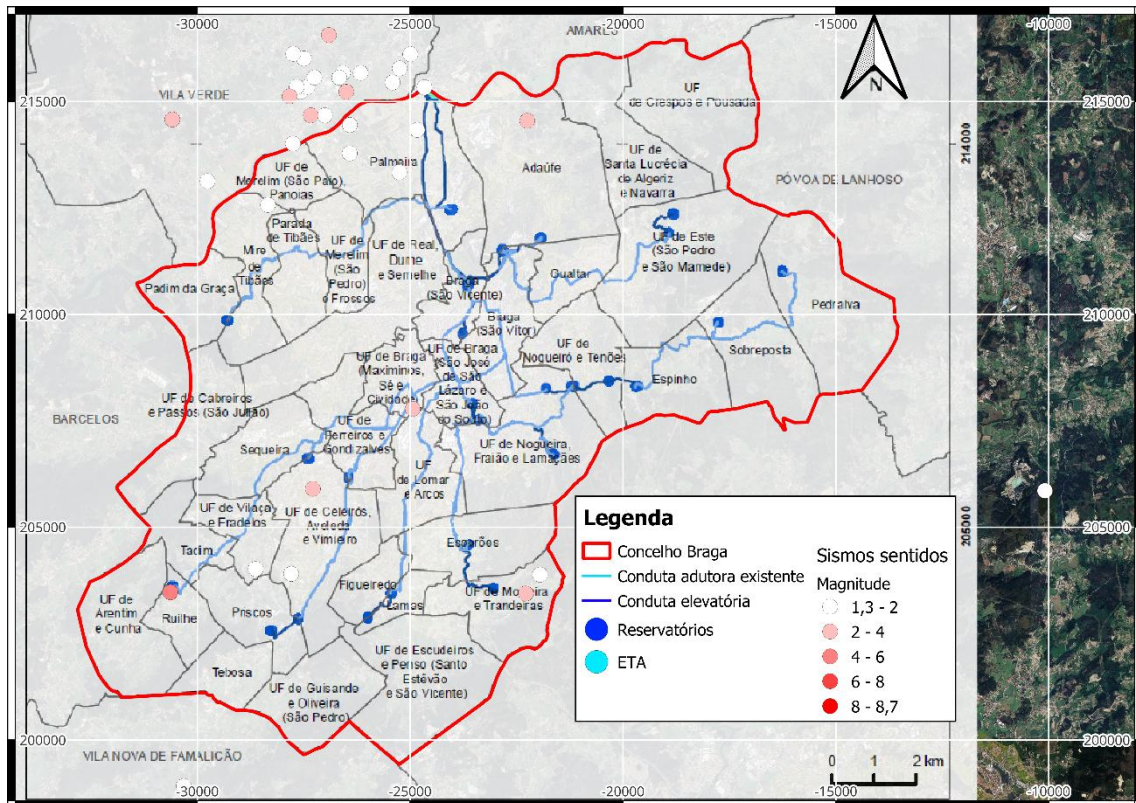


Figura 5.38 Rede de abastecimento de água com localização de sismos sentidos e respetivas magnitudes no concelho de Braga.

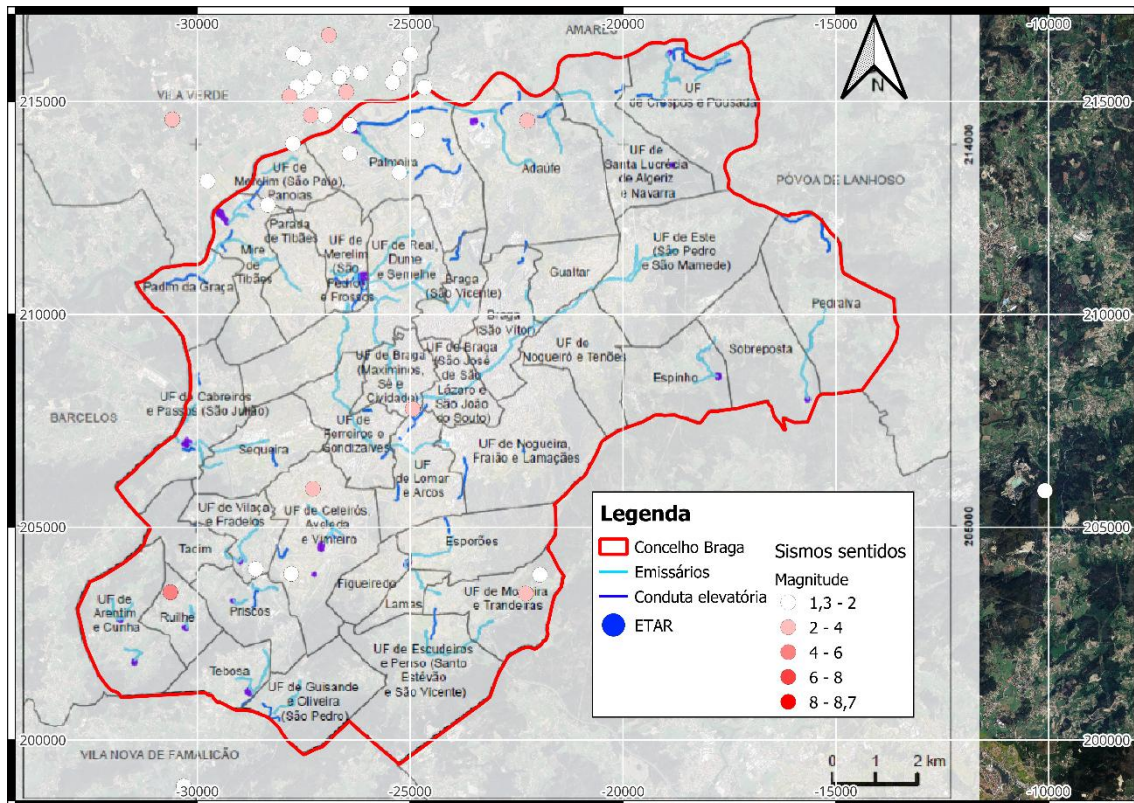


Figura 5.39 Infraestrutura de drenagem de águas residuais com localização de sismos sentidos e respetivas magnitudes no concelho de Braga.

5.4.2.3 Hospitais e farmácias

Examinando o cruzamento da localização dos sismos ocorridos com os hospitais e farmácia (Fig. 5.40), é notável que, de todos, são as farmácias mais a noroeste da cidade de Braga é que requerem uma maior necessidade de vigia e maior necessidades de medidas de mitigação de ocorrências de sismos.

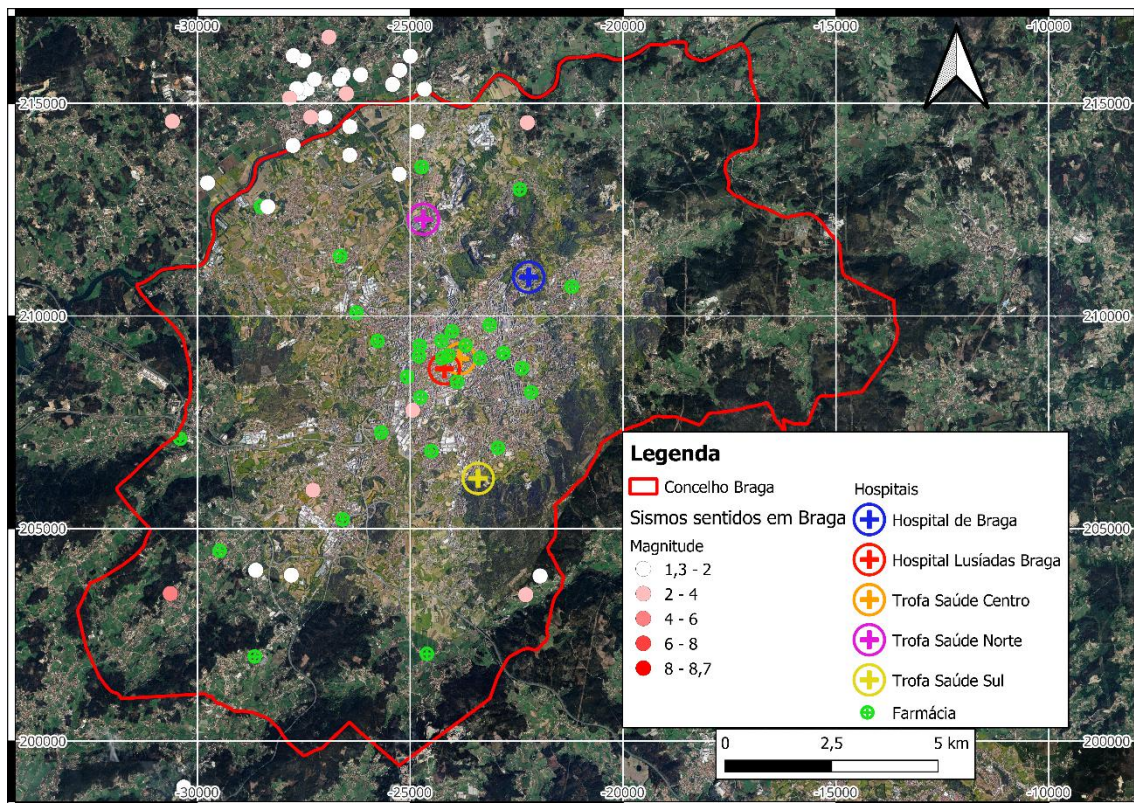


Figura 5.40 Hospitais e farmácias com localização de sismos sentidos e respetivas magnitudes no concelho de Braga.

5.4.2.4 Agentes de proteção civil

Analisando a localização dos agentes de proteção civil relativamente à localização dos sismos sentidos no período desde 1755 até 2024, é notável que nenhum dos sismos ocorreu perto das infraestruturas destes (Fig. 5.41). No entanto, há sismos próximos de magnitude considerável, portanto o risco sísmico não deve ser desvalorizado devido à região se encontrar numa zona de intensidade máxima de grau VI.

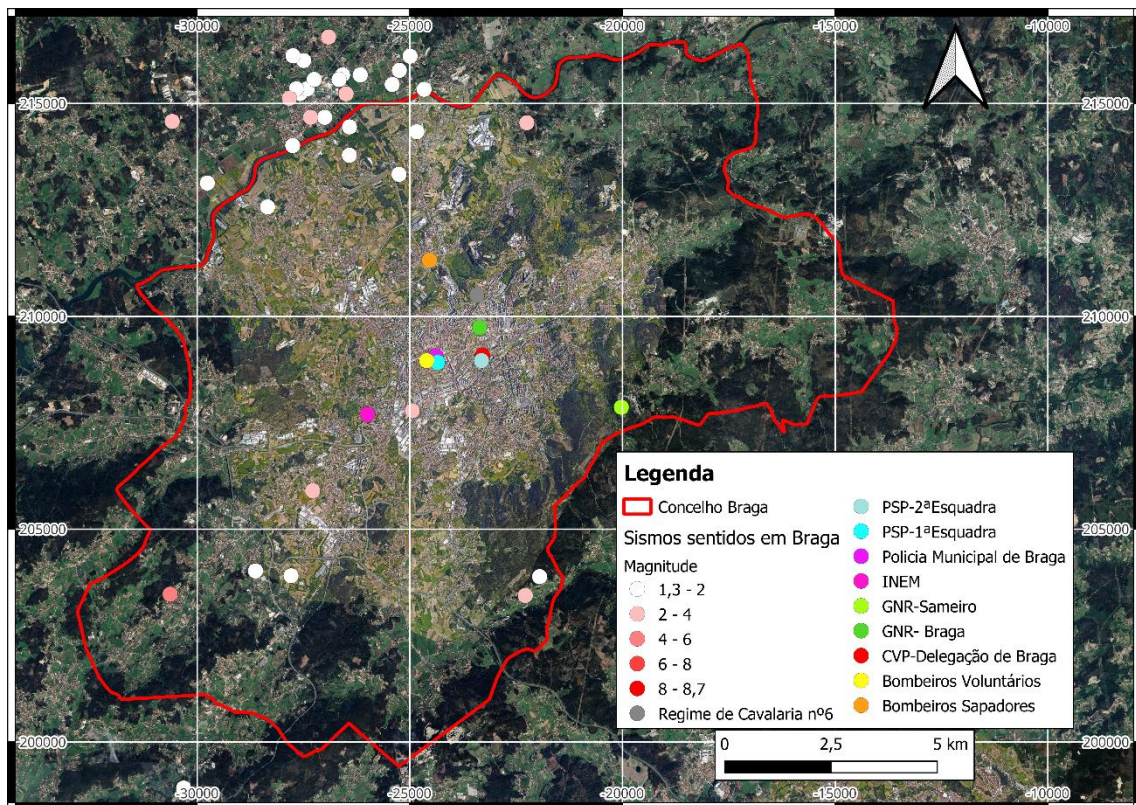


Figura 5.41 Agentes de proteção civil com localização de sismos sentidos e respetivas magnitudes no concelho de Braga.

6 Medidas de Mitigação

Os perigos geológicos representam uma ameaça constante em muitas regiões do mundo, colocando em perigo vidas humanas, infraestruturas e recursos naturais. Movimentos de vertente, cheias e inundações, sismos e outros perigos naturais podem desencadear impactos devastadores, tanto em áreas urbanas quanto rurais. Diante desta realidade, a implementação de medidas de mitigação torna-se imperativa para reduzir os efeitos negativos desses eventos e promover a resiliência das comunidades (Baptista, 2023).

As medidas de mitigação para riscos geológicos abrangem uma variedade de estratégias preventivas, adaptativas e de resposta. Estas incluem a identificação e avaliação de áreas de risco, o desenvolvimento de planos de evacuação e de alerta precoce, a implementação de técnicas de estabilização de encostas e margens fluviais, além da promoção de políticas de ordenamento territorial e de construção resiliente.

Neste contexto, a compreensão dos processos geológicos subjacentes aos riscos e a colaboração entre governos, cientistas, comunidades locais e outros atores são essenciais para o sucesso das medidas de mitigação. A busca por soluções integradas e sustentáveis que considerem as particularidades geográficas, sociais e económicas de cada região é fundamental para garantir a eficácia e a durabilidade das intervenções (Baptista, 2023).

Atualmente as pessoas apresentam um comportamento de reação após a ocorrência de crises onde apenas reagem após acontecer e não criam planos de mitigação de forma a diminuir o impacto das mesmas. Uma solução para tal é a alteração do modelo de desenvolvimento das cidades, alterando a cidade, tornando a mesma mais ecológica (Em entrevista ao jornal Diário de Notícias, o coordenador do mestrado em Urbanismo Sustentável e Ordenamento do Território da FCT-Nova, João Carlos Ferreira, Diário de Notícias, 19 de dezembro, online). A solução passa por adaptar e/ou acrescentar ao plano diretor municipal a restrição de construção em zonas de risco, como por exemplo no leito de cheias, uma medida já bastante banal, mas importante e ainda implementar medidas relacionadas com o conceito de cidade-esponja. Este conceito foi originalmente criado por um urbanista chinês, Kongjian Yu e posteriormente proposto por investigadores chineses em 2013. Uma “cidade-esponja” representa uma abordagem natural para mitigar inundações, aproveitando a paisagem para reter água, desacelerar seu

fluxo e purificá-la ao longo do processo. O principal propósito é reter a água das chuvas dentro de áreas urbanas, evitando a impermeabilização excessiva das superfícies pavimentadas permitindo que parte da água evapore naturalmente, enquanto o restante é gradualmente drenado (Peixoto, *et all*, 2021).

Além de reduzir a impermeabilização das ruas e calçadas, o objetivo é também implementar medidas como a plantação de mais árvores e a construção de edifícios adaptados à filosofia da cidade-esponja.

6.1 Medidas de mitigação para cheias e inundações

O planeamento urbano da cidade de Braga é um dos fatores prejudiciais quer para o homem quer para o ambiente e dado tal problema é necessário adotar estratégias de planeamento, ordenamento e de gestão do sistema urbano.

Tendo como base a existência da carta de risco de inundação e cheias da cidade de Braga, o primeiro ponto em ter em conta é dar a conhecer à população as áreas de maior suscetibilidade.

Relativamente às zonas onde há maior suscetibilidade de ocorrência de cheias e inundações, devem ser delimitadas as áreas onde é proibido a construção de edifícios e ainda ser analisado cada caso de renovação de qualquer edifício presente nestas áreas, de forma a manter a segurança de pessoas e bens.

Apesar de ser comum a realização de limpeza e desobstrução de sarjetas das linhas de água, vale apenas referir a necessidade de um maior controlo e um aumento de vezes que as sarjetas são limpas, principalmente em dias de chuva.

Adicionalmente, o rio Este é também um dos principais fatores que contribui para as cheias que ocorrem na cidade, devido à presença de locais onde o rio não suporta muito caudal, seja por ser pouco fundo e/ou estreito. De forma a diminuir a ocorrência e a intensidade das cheias, é necessário proceder, periodicamente, à remoção de sedimentos e vegetação, algo levado a cabo pelo SMPC de Braga (Fig.6.1).



Figura 6.1 Remoção de detritos das margens do rio Este.

A velocidade de corrente no rio Este em tempos de caudal de cheia chega a ser significativa o que proporciona uma maior probabilidade de ocorrências. Como tal, e de forma a ajudar a reduzir a velocidade da corrente, é sugerido o método de colocação de blocos de pedra de peso variável no leito e ainda próximo das margens em que o lado plano da rocha esteja virado para montante de forma a não reter sedimentos (Fig. 6.2) (Baptista, 2023).



Figura 6.2 Método de colocação de blocos de pedra no leito de um rio (Baptista, 2023)

Além de combater o período de cheias durante episódios de precipitação forte, há como objetivo reter água de forma que esteja disponível em alturas de seca e, para tal, sugere-se a construção de parques alagáveis,

construídos de forma a ficarem parcialmente alagados durante meses mais chuvosos. Os parques, além de alagáveis devem contar com a presença de vegetação de forma a absorver a água e permitir o aumento de biodiversidade. Em tempo de seca todo o parque fica transitável, no entanto, quando alagado, este também apresenta pontes suspensas entre a vegetação permitindo criar um espaço de lazer e ainda criar um local de piscina natural. Cidades como Jinhua, Taizhou e Qunli na China, Berlim Copenhague e New York são exemplos de utilização destes parques alagáveis (Fig. 6.3).



Figura 6.3 Parque alagável em Qunli, China (Fonte: Turenscape/Divulgação)

Uma das medidas, discutivelmente, mais fáceis de aplicar, é a construção ou renovação de calçadas e praças, tornando-as permeáveis utilizando cimento permeável onde, de acordo com o fabricante, a cada litro de água, consegue absorver 950 ml, conseguindo atenuar a queda de grande quantidade de água em pouco tempo. Esta medida foi adotada pela cidade Frederiksberg, na Dinamarca, no seu ponto mais alto, a partir de onde a água escorre para Copenhaga (Fig. 6.4).



Figura 6.4 Calçada impermeável construída na cidade de Frederiksberg, Dinamarca (fonte: Divulgação/Rockwool).

Dada a rápida crescente de população e construção de edificado em Braga, é de especial importância utilizar o edificado para ajudar no combate a cheias. Portanto, uma medida de suporte é a criação de jardins e espaços verdes nos telhados de edifícios, tanto públicos como em privados, onde se existir uma quantidade relevante de edifícios com essa medida, a quantidade de água que chega ao pavimento impermeável reduz significativamente. Para além da água se infiltrar nos jardins e espaços verdes dos telhados, o excesso da mesma poderá ser reutilizado e redirecionado para canais fluviais. Esta medida tem sido aplicada no Brasil e, também, na Alemanha, em Frankfurt (Fig. 6.5).

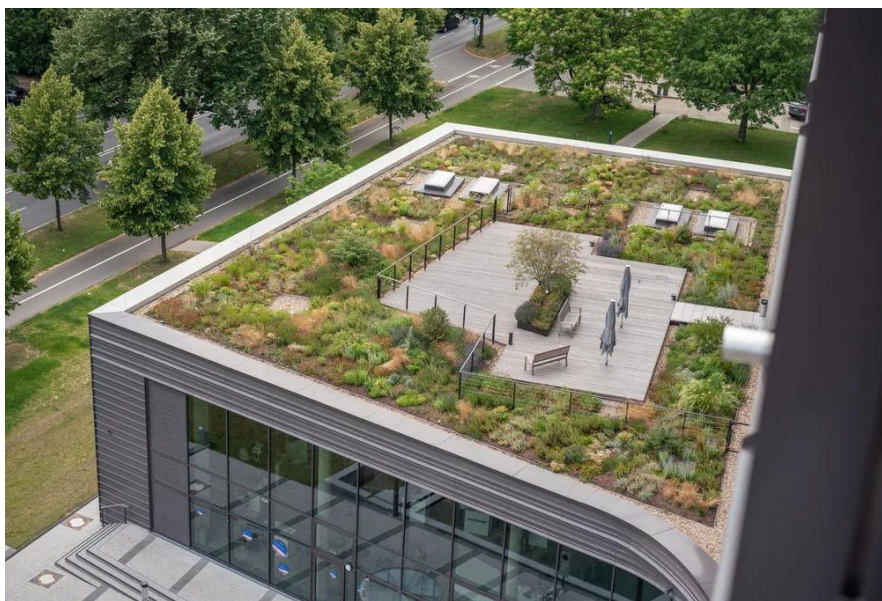


Figura 6.5 Telhado verde construído sobre prédio da Escola de Finanças e Administração de Frankfurt (Alemanha) (Fonte: Frank Rumpenhorst/dpa/Picture-Alliance/AFP/Arquivo).

Outra medida corresponde à praça-piscina onde é criado um complexo composto por três bacias, duas das quais subterrâneas e a terceira fica ao nível da rua. No caso de chuva intensa e das duas bacias subterrâneas ficarem cheias, a terceira acumula água, ficando esta armazenada à superfície até durante 36h permitindo progressivamente que volte às reservas subterrâneas (Fig. 6.6).



Figura 6.6 - Praça piscina construída em Benthemplein, em Roterdão, na Holanda, num dia seco (Fonte: Foto: Divulgação: Jeroen Musch, Ossip van Duivenbode, palleh+azarfane, Jurgen Bals and De Urbanisten (Florian Boer & Eduardo Marin).

Uma das sugestões principais é a construção de bacias de retenção (Fig. 6.7), nomeadamente na zona da Bosch junto à Rua Maria Amélia Bastos Leite na União das Freguesias de Ferreiros e Gondizalves, uma vez que a bacia de retenção aumenta a capacidade de armazenamento de águas, beneficiando o sistema de drenagem (Maia, 2021).



Figura 6.7 Proposta de bacia retenção junto à Bosch, na Rua Maria Amélia Bastos Leite na União das Freguesias de Ferreiros e Gondizalves (Maia, 2021).

Ainda relativamente à Rua Maria Amélia Bastos Leite, sugere-se a construção de uma vala drenante (Fig. 6.8) em toda a rua, uma vez que é um dos locais mais comuns para a ocorrência de cheias. A vala drenante facilita o armazenamento e o transporte de água que vem do escoamento superficial.



Figura 6.8 Exemplo de vala drenante no Seixal, implementada pela Câmara Municipal.

Como alternativa à implementação de uma vala drenante, poderá ser construído um piso intertravado com vegetação (Fig. 6.9), uma vez que a rua em causa serve de estacionamento para vários funcionários trabalhadores da Bosch que, mesmo em altura de maior precipitação, arriscam estacionar no local.



Figura 6.9 Exemplo de piso intertravado com vegetação (Fonte: assembleia legislativa do estado de São Paulo em: <https://www.al.sp.gov.br/noticia/?id=285702>).

Em Braga, os túneis são os primeiros locais a serem afetados por chuvas torrenciais, por apresentarem baixa capacidade de escoamento, pois apresentam, no máximo, apenas 2 sarjetas de cada lado de circulação. Portanto, sugere-se a implementação de grades de escoamento (Fig. 6.10) na berma de circulação da via, em ambos os sentidos para túneis menos compridos. Para túneis mais longos, onde há maior número de ocorrências, como o túnel da rodovia e o túnel junto ao hotel do Meliã em São Vítor, além das grades de escoamento na berma, propõe-se, também, a aplicação das mesmas grades na zona mais baixa do túnel de forma transversal às faixas de rodagem. Além dos túneis, devem ser considerados outros locais de maior probabilidade de ocorrência de inundações e aplicar o mesmo método, como por exemplo a rotunda que liga a Rua Fernando Oliveira Guimarães, em São Vítor, à Rua de São José em São Vítor, e ainda o túnel que atravessa a Avenida Padre Júlio Fragata também em São Vítor. É ainda de referir que as grades devem apresentar por baixo uma profundidade significativa e ainda haver um sistema de bombas de drenagem de forma a facilitar a remoção da água.



Figura 6.10 Exemplo de grades a colocar nas vias de circulação dos tuneis.

6.2 Medidas de mitigação para movimentos de vertente

Apesar da cidade de Braga não apresentar muitas ocorrências de movimentos de vertente, pelo menos passíveis de serem motivo de notícias, este é um perigo que existe, mesmo que em menor escala. A análise da carta 5-D de Braga permite verificar que várias freguesias do concelho estão edificadas sobre micaxisto bastante alterado levando a que estes locais estejam mais propensos à ocorrência de vários tipos de movimentos de vertente.

Desta forma, inicialmente é proposto a realização de estudos geotécnicos em vários pontos da cidade de Braga, nomeadamente na zona do Monte do Sameiro, que está a ser uma zona de expansão para construção de edificado, em zonas de maior declive e, principalmente, em locais onde aflora o micaxisto.

Seguidamente, sugere-se estabelecer sistemas de monitorização geotécnica para detetar sinais precoces de instabilidade no solo e ao mesmo tempo implementar sistemas de drenagem (Fig. 6.11.), eficazes para evitar a saturação do solo e redirecionar a água para longe das áreas de risco.

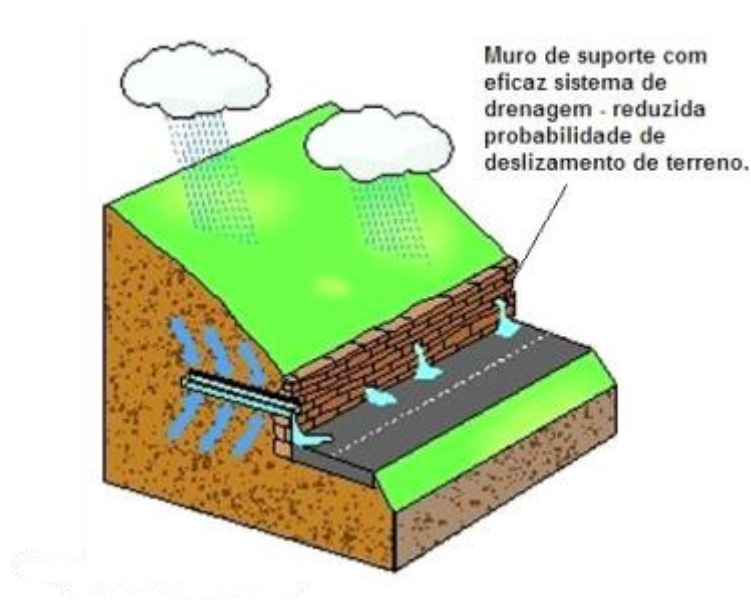


Figura 6.11. Muro de suporte com sistema de drenagem (geomuseu.ist 2007).

Em locais de maior suscetibilidade ao perigo de movimentos de vertente, deve ser realizada a inspeção dos edifícios de habitação e o espaço exterior à procura de fendas ou de revestimentos soltos, nomeadamente junto aos pilares e à volta das janelas, bem como ter atenção ao aparecimento de

100

fendas nas paredes ou pavimentos uma vez que pode indicar a presença movimentos do solo por baixo da habitação.

É necessário ter em atenção que cheias, inundações, tempestades, sismos ou incêndios florestais e ainda aos avisos de elevada precipitação, de tempestades e ventos fortes podem originar movimentos de massa. No caso de se verificar alguma alteração na forma das encostas e taludes, é necessário alertar imediatamente os serviços de proteção civil.

A cidade de Braga, de forma a combater este tipo de ocorrências, implementou uma série de medidas como colocação de muros de retenção (Fig. 6.12). Em todos os locais é de notar que os muros apresentam alturas e comprimentos significativos de forma a abranger uma grande área, permitindo perceber assim que a instabilização do solo é significativa e extensa.



Figura 6.12 Muros de retenção em Fraião.

Ao analisar o solo, nestes locais com a presença de redes de retenção, a rocha observada à superfície apresenta muita alteração, sendo o estado da alteração da rocha classificada como W5 de acordo com a classificação do material da rocha dado o estado de alteração, ou seja o solo apresenta uma designação de bastante alterado e o maciço é completamente friável. Acrescentando, é relevante referir que anteriormente, já ocorreu o colapso da rede de retenção devido ao deslizamento do terreno. Após o colapso da rede, houve uma escorrência de água permanente, tendo sido esta depois canalizada de forma a tornar o solo mais coeso (Fig. 6.13).



Figura 6.13 Talude com a presença de uma rede de retenção em Fraião.

Uma outra forma para ajudar a proteger a ocorrência de movimentos de vertente foi a construção de taludes estabilizados com betão projetado (Fig. 6.14). Na figura 6.15, o talude foi reparado, uma vez que ao contrário do habitual, não existiam, à superfície, tubos para escoamento de água levando possivelmente a uma maior instabilidade.



Figura 6.14 Talude de estabilizado com betão projetado.



Figura 6.15 Estrutura de drenagem de água no muro de betão projetado.

6.3 Medidas de mitigação para sismos

O concelho de Braga apresenta suscetibilidade sísmica baixa, tendo em conta a pouca quantidade de sismos sentidos ao longo do tempo e, quando são sentidos, tal acontece com baixa intensidade fraca. No entanto, como já foi referido, considerando a carta de intensidades máximas de Portugal Continental, Braga está numa zona de intensidade VI na escala de Mercalli (EMM-1956), demonstrando, assim, a necessidade de prevenção para a ocorrência de um sismo de grande intensidade.

Como o último sismo que foi sentido com intensidade significativa em Braga ocorreu em 1969, a preocupação de construções sismo-resistentes não apresenta uma grande relevância na construção do edificado, portanto deve ser feita uma análise ao edificado de Braga, principalmente a estruturas maiores como hotéis, edifícios residenciais, shoppings e estruturas mais antigas como fachadas, construídas em tempo romano. Havendo necessidade, dever ser realizado o reforço das estruturas para melhorar sua resistência a sismos.

Devem ser estabelecidos códigos de construção sísmica rigorosos e garantir que todas as estruturas novas e antigas sejam projetadas e construídas de acordo com esses padrões, incluindo o uso de materiais resistentes a sismos e técnicas de construção seguras (Carvalho, 2020).

As infraestruturas críticas, como hospitais, escolas, instalações de água e energia, devem ser reforçadas, de forma a garantir que continuam operacionais após um sismo.

No caso de propriedades, deve-se promover a disponibilidade de seguro sísmico, incentivando a população a se proteger financeiramente contra os danos causados por sismos.

A consciencialização pública sobre a preparação para sismos deve ser uma constante, ensinando as pessoas a agir durante e após um sismo. A realização de exercícios regulares de simulação de terremotos em escolas e comunidades é uma medida importante. Como exemplo, a Proteção Civil de Braga está constantemente a realizar simulacros, atingindo, por vezes, uma dezena de simulacros por mês, o que demonstra uma constante preocupação por parte da Proteção Civil em manter os cidadãos bracarenses preparados e familiarizados sobre decisões a tomar em situações de emergência, neste caso de sismos (Fig. 6.16).



Figura 6.16 - Simulacro de sismo na escola EB 2,3 de Lamações.

7. Conclusões

O risco é uma realidade inevitável que afeta tanto as pessoas quanto o meio ambiente. Dado que é impossível alcançar um estado de risco nulo, acabou por se tornar normal tentar controlá-lo, sendo a gestão deste uma responsabilidade das comunidades. Os riscos hidrológicos, tanto naturais como relacionados a atividades humanas, são especialmente relevantes no município de Braga. Esses riscos causam danos ambientais, sociais e económicos que dificultam o desenvolvimento da região.

Nesta dissertação foram investigados os perigos geológicos no concelho de Braga, revelando como a interação entre a geologia local e o desenvolvimento urbano afeta diretamente a segurança e a sustentabilidade da região.

Dos perigos geológicos analisados, as cheias e inundações são o perigo que mais afeta Braga, tanto em intensidade como em quantidade, sendo, portanto, necessário dar uma atenção maior a este perigo de forma a diminuir o risco, focando assim a maioria das medidas de mitigação nas cheias e inundações.

Medidas como parques alagáveis, calçadas impermeáveis, praças piscinas e bacias de retenção requerem uma enorme logística e conseqüentemente custos elevados, sendo necessário, assim, aprofundar estudos relativamente aos locais mais indicados para tal efeito, de forma a poder também criar ou reestruturar políticas de planeamento urbano que permitam uma maior utilização de fundos económicos para suportar estas medidas. Já as medidas de remoção de detritos, colocação de blocos de pedra no leito dos rios, telhados verdes, valas drenantes, piso intertravado com vegetação e as grades de escoamento, além de algumas já estarem a ser realizadas, são também economicamente mais viáveis de realizar, fornecendo benefícios às entidades que adotarem estes projetos.

A maior parte do solo urbanizado de Braga localiza-se na zonal central do município e com declive menos acentuado. No entanto, tendo em conta o facto de Braga ser das cidades do país com maior crescimento populacional, há assim uma necessidade de aumentar e expandir a urbanização, levando a que esta ocupe locais de maior declive, aumentando significativamente o risco de ocorrência de movimentos de vertente. Embora não se tenham registado ocorrências de movimentos de vertente em Braga entre 1865 e 2010 (DISASTER, online), já se verificaram situações após 2010.

Dos perigos analisados, o sísmico é o que apresenta menor preocupação, seja por se registarem poucos sismos com epicentro próximo do concelho de Braga, seja por aqueles que ocorreram terem sido sentidos com intensidade baixa (inferior a IV, EMM-1956). No entanto, o concelho localiza-se numa zona de intensidade VI, significando que, no passado, já ocorreram sismos que atingiram aquela intensidade, que é passível de causar danos ligeiros ao edificado. No concelho é dada a devida importância, por parte das autoridades de proteção civil e pela população em geral, a este perigo, dada a quantidade de simulacros e consciencialização que é feita à população.

Adicionalmente, dando relevância às alterações climáticas, não analisadas neste trabalho, no que diz respeito à consideração dos efeitos das alterações climáticas nos perigos geológicos, a alteração dos padrões climáticos pode aumentar exponencialmente a ocorrência dos perigos analisados, especialmente das cheias e inundações e de movimentos de vertente, sendo essencial que futuras investigações abordem esta dinâmica. Assim, sugere-se que trabalhos futuros explorem a relação entre as alterações climáticas e os perigos geológicos, de forma a se desenvolverem modelos preditivos mais precisos e eficazes.

Para além das contribuições deste estudo para a compreensão dos perigos geológicos em Braga, é importante reconhecer a complexidade e a variabilidade destes fenómenos geológicos, requerendo a análise ainda mais profunda e detalhada, de forma a ser complementada pelo uso de tecnologias avançadas de monitorização em tempo real. Portanto, a continuidade das investigações nesta área é vital para a evolução das práticas de gestão de risco e para a promoção de um desenvolvimento mais seguro e sustentável.

A prevenção e a mitigação de riscos geológicos em Braga exigem uma abordagem multidisciplinar que envolva não só geólogos e urbanistas, mas também políticos, empresários e a comunidade em geral. A participação ativa de todos os setores da sociedade é crucial para garantir que as medidas propostas sejam eficazes e tenham um impacto duradouro na redução da vulnerabilidade do concelho aos perigos naturais.

Em suma, este trabalho não apresenta apenas os desafios impostos pelos perigos geológicos em Braga, mas fornece também diretrizes para o aprimoramento das políticas de planeamento urbano. A implementação das recomendações aqui propostas, ainda que dispendiosas, pode transformar significativamente a capacidade da cidade de gerir e responder a situações de risco geológico, garantindo o bem-estar e a segurança dos bracarenses. Assim, esta dissertação contribui decisivamente para a

construção de uma comunidade mais resiliente e preparada para enfrentar os desafios naturais que o futuro pode trazer.

8. Bibliografia

Agência Portuguesa do Ambiente. (2014). *Relatório de caracterização (art.º 5º da DQA). Região hidrográfica do Cávado, Ave e Leça (RH2)*. Agência Portuguesa do Ambiente.

Agência Portuguesa do Ambiente. (2016). *Plano de gestão de região hidrográfica: Parte 2 - caracterização e diagnóstico. Região hidrográfica do Cávado, Ave e Leça (RH2)*. Agência Portuguesa do Ambiente.

Agência Portuguesa do Ambiente. (2020). *Cartas de zonas inundáveis e cartas de riscos de inundações: Região hidrográfica do Cávado, Ave e Leça (RH2)*. Agência Portuguesa do Ambiente, I.P., Departamento de Recursos Hídricos, 76p.

Albuquerque, F. (2022). *Serviço Municipal de Proteção Civil do concelho de Castro Daire*. Dissertação de mestrado, Instituto Superior de Educação e Ciências, 73p.

Amaral, J. (2016). *Estratégias de controlo de caudais de cheia em sistemas hídricos urbanos: Aplicação ao caso do rio Este, Braga* [Dissertação de mestrado, Universidade do Minho].

Antunes, M. & Cardoso, J. (2017). *Testemunhas do caos: As faces do terramoto de 1755 / Witnesses of chaos: Aspects of the 1755 Lisbon earthquake*. Academia de Ciências de Lisboa, 52p.

Autoridade Nacional de Proteção Civil. (2009a). *Boletim mensal (março) da Autoridade Nacional de Proteção Civil (n.º 12)*. Autoridade Nacional de Proteção Civil.

Autoridade Nacional de Proteção Civil. (2009b). *Guia técnico para a caracterização de risco no âmbito da elaboração de planos de emergência de proteção civil*. Cadernos Técnicos PROCIV (9). Autoridade Nacional de Proteção Civil/Direção Nacional de Planeamento de Emergência, 28p.

Autoridade Nacional de Proteção Civil. (2011). *Publicação mensal (outubro) da Autoridade Nacional de Proteção Civil (n.º 45)*. Autoridade Nacional de Proteção Civil.

Autoridade Nacional de Proteção Civil. (2019). *Plano Nacional de Emergência e Proteção Civil*. Ministério da Administração Interna.

Avaliação Nacional de Risco. (2014). *Avaliação Nacional de Risco*.

Baptista, F. (2023). *Soluções para a minimização do efeito das cheias no Parque Oriental do Porto*. (Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Universidade do Porto, 93p.

- Cabral, J. (1995). *Neotectónica em Portugal Continental*. Memórias do Instituto Geológico e Mineiro (Vol. 31). Instituto Geológico e Mineiro, 265p.
- Cabral, J. (2012). Neotectonics of mainland Portugal: state of the art and future perspectives. *Journal of Iberian Geology*, 38(1), 71-84.
https://doi.org/10.5209/rev_JIGE.2012.v38.n1.39206
- Câmara Municipal de Braga. (2001). *Relatório da avaliação da execução do PDMB*. Câmara Municipal de Braga.
- Câmara Municipal de Braga. (2014a). *PDMB – Estudos temáticos: Carta de risco de cheias e inundações*. Câmara Municipal de Braga.
- Câmara Municipal de Braga. (2014b). *Revisão do PDMB – Relatório dos estudos temáticos*. Câmara Municipal de Braga.
- Câmara Municipal de Braga. (2015). *Revisão do PDMB - Avaliação Ambiental Estratégica – Relatório*. Câmara Municipal de Braga.
- Câmara Municipal de Braga. (2021). *Plano de gestão de riscos 2021*. Câmara Municipal de Braga, 20p.
- Carvalho, L. (2020). *Avaliação sísmica de edifícios existentes segundo o Eurocódigo 8 com vista à reabilitação*. Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto. Universidade do Porto, 124p.
- Câmara Municipal de Braga (2018). *Plano Municipal de Emergência e Proteção Civil – Parte I: Enquadramento geral do plano*. Geoatributo.
- Comissão Nacional de Proteção Civil. (2019). *Avaliação Nacional de Risco*.
- Cunha, L. & Dimuccio, L. (2002). Considerações sobre riscos naturais num espaço de transição: Exercícios cartográficos numa área a sul de Coimbra. *Revista de Geografia Física Aplicada*, 9(3). https://doi.org/10.14195/1647-7723_9_3
- Diaz, A. (2021). *Escala dos planos e riscos geomorfológicos*. Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Universidade do Porto, 83p.
- Dinis, A. (1993/1994). Contribuição para o estudo da Idade do Ferro em Basto: O Castro do Crastoeiro. *Cadernos de Arqueologia*, 8/9, 261-278.
- Direção-Geral do Território. (2019). *Especificações técnicas da Carta de Uso e Ocupação do Solo (COS) de Portugal Continental para 2018*. Relatório técnico. Direção-Geral do Território.
- Escritório das Nações Unidas para Redução de Riscos de Desastres (2012). *Como construir cidades mais resilientes: Um guia para gestores públicos locais* (pp. 59-66). Escritório das Nações Unidas para Redução de Riscos de Desastres.

- Ferreira, A. B. (2005). Geodinâmica e perigosidade natural nas ilhas dos Açores. *Finisterra*, 40(79), 103-120.
- Ferreira, I. (2021). *O risco hidrológico no concelho de Braga: Um contributo geográfico*. Dissertação de mestrado, Instituto de Ciências Sociais, Universidade do Minho, Universidade do Minho, 102p.
- Ferreira, J. (2012). *O povoamento no vale do rio Este do Neolítico à Idade Média: Estudo preliminar*. Relatório de estágio, 2º ciclo em Arqueologia, Instituto de Ciências Sociais, Universidade do Minho, 119p.
- Ferreira, N., Dias, G., Meireles, C. A. P., & Braga, M. A. S. (2000). *Notícia explicativa da folha 5-D (Braga) da Carta Geológica de Portugal na escala 1:50.000*. Instituto Geológico e Mineiro, 68p.
- Firmino, T. (2005). Investigadores portugueses elaboraram um catálogo dos tsunamis históricos dos Açores.
- Freitas, P. (2021). *Contribuição para a avaliação do impacto ambiental no rio Este nas zonas periurbanas e urbanas da cidade de Braga: Caracterização do sedimento*. Relatório de Estágio curricular, licenciatura em Geologia. Universidade do Minho.
- Highland, L., & Bobrowsky, P. (2008). *The landslide handbook – A guide to understanding landslides*. U.S. Geological Survey Circular 1325, 129p.
- InvestBraga & Câmara Municipal de Braga. (2018). *Plano estratégico para o desenvolvimento económico de Braga 2014-2026*. Câmara Municipal de Braga, 88p.
- Laughton, A. S., Whitmarsh, R. B., Rusby, J. S. M., Somers, M. L., Revie, J., McCartney, B., & Nafe, J. E. (1972). A continuous east-west fault on the Azores-Gibraltar Ridge. *Nature*, 237(5352), 217-220.
- Lourenço, L., & Nunes, A. (2022). *Risco de cheias e risco de inundações fluviais: Aprender com o passado*. Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança, pp. 169-194. https://doi.org/10.34037/978-989-9053-12-0_10
- Madeira, J. (1998). *Estudos de neotectónica nas ilhas do Faial, Pico e S. Jorge: Uma contribuição para o conhecimento geodinâmico da junção tripla dos Açores*. Tese de Doutoramento, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 428p.
- Madeira, J., & Brum da Silveira, A. (2003). Active tectonics and first paleoseismological results in Faial, Pico and S. Jorge islands (Azores, Portugal). *Annals of Geophysics*, 46, 733-761.
- Maia, M. (2021). *Contribuição para o desenvolvimento de uma abordagem inovadora na gestão do risco de inundações na cidade de Braga*. Artigo científico, Universidade do Minho.

- Marques, R. (2013). *Estudo de movimentos de vertente no concelho da Povoação (ilha de São Miguel, Açores): Inventariação, caracterização e análise da suscetibilidade*. Tese de doutoramento, Departamento de Geociências, Universidade dos Açores, 456p.
- Marques, R. (2021). *Cartografia de riscos geológicos: Movimentos de vertente*. Dissertação de mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade dos Açores, Universidade dos Açores.
- Morais, S. (2012). *Um modelo de organização e funcionalidade para os serviços municipais de proteção civil*, Dissertação de mestrado, Instituto Superior de Educação e Ciências, 91p.
- Peixoto, F., Cavalcante, I., Muniz, R. & Almada, J. (2021). *Geotecnologias aplicadas à avaliação de taxas de impermeabilização da terra em ambiente urbano*. <https://doi.org/10.5016/estgeo.v19i2.13983>
- Pena, J., Costa Nunes, J. & Carrilho, F. (2014). *Catálogo sísmico de Portugal Continental e região adjacente 1961-1969*. Ministério da Agricultura e do Mar, Instituto Português do Mar e da Atmosfera, Divisão de Geofísica, 73p.
- Pereira, B., Antunes, M., Sant’Ovaia, H., Gonçalves, L., Cruz, C., Azevedo, J. & Oliveira, J. (2022). Geothermal resources in a granitic basement – The Braga area case study (NW Portugal). *European Geologist*, 54, 21-29. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7882843>
- Plano de gestão de região hidrográfica. (2016). *Região hidrográfica do Cávado, Ave e Leça (RH2)*.
- Rebelo, F. (2003). *Riscos naturais e ação antrópica: Estudos e reflexões* (2ª ed. revista e aumentada). Imprensa da Universidade de Coimbra, 286p. <https://doi.org/10.14195/978-989-26-0467-1>
- Ribeiro, V. (2015). *Cartografia automática de riscos hidrológicos aplicada ao concelho de Braga*. Artigo científico, Universidade do Minho, 8p.
- Rosado, M. (2022). *A utilização dos sistemas de informação geográfica no apoio à decisão em operações de proteção e socorro no distrito de Évora*. Dissertação de mestrado, Instituto Superior de Educação e Ciências de Lisboa, 86p.
- Silva, R. (2020). *Caracterização das pressões no rio Este e avaliação da intervenção de restauro neste ecossistema aquático*. Dissertação de mestrado, 17p.
- Teles, V. (2010). *A (in)consciência dos riscos naturais em meio urbano: Estudo de caso do risco de inundação no concelho de Braga*. Tese de doutoramento, Instituto de Ciências Sociais, Universidade do Minho, 272p.
- Teves-Costa, P., Batlló, J., Matias, L., et al. (2019). Maximum intensity maps (MIM) for Portugal mainland. *Journal of Seismology*, 23, 417–440. <https://doi.org/10.1007/s10950-019-09814-5>

Webgrafia

Agência Lusa. (2018). *Novo sismo sentido em Vila Verde*. Acedido em 8 outubro 2023, de <https://www.dn.pt/pais/novo-sismo-sentido-em-vila-verde-9707691.html>

Agência Lusa. (2018). *Sismo em Vila Verde pôs casas a tremer*. Acedido em 8 outubro 2023, de <https://www.tsf.pt/sociedade/sismo-em-vila-verde-pos-casas-a-tremer-mas-nao-provocou-danos-9684111.html>

Agência Lusa. (2022). *Sismo com magnitude de 4,1 sentido nos distritos de Braga, Porto e Viana do Castelo*. Acedido em 8 outubro 2023, de <https://www.publico.pt/2022/01/27/sociedade/noticia/sismo-magnitude-41-sentido-distritos-braga-porto-viana-castelo-1993366>

Agência Lusa. (2018). *Sismos sentidos em Vila Verde são normais na zona, diz especialista*. Acedido em 8 outubro 2023, de <https://24.sapo.pt/atualidade/artigos/sismos-sentidos-em-vila-verde-sao-normais-na-zona-diz-especialista>

Agência Portuguesa do Ambiente. (2019). *Água*. Acedido em 14 outubro 2023, de <https://www.apambiente.pt/agua>

Agência Portuguesa do Ambiente. (2021). *Planos de Gestão de Região de Inundações / 1.º Ciclo de planeamento*. Acedido em 8 outubro 2023, de <https://apambiente.pt/agua/1o-ciclo-de-planeamento-2016-2021>

ANEPC - Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil. (2021). *Relatório Anual de Segurança Interna 2020*. Acedido em 14 novembro 2023, de <https://www.ansr.pt/>

Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. (2012). Acedido em 19 abril 2024, de <https://www.al.sp.gov.br/noticia/?id=285702>

Associação de Professores de Geografia. (2021). *Riscos Naturais: Cheias, Tempestades e Deslizamentos*. Acedido em 12 dezembro 2023, de <https://ensina.rtp.pt/explicador/riscos-naturais-cheias-tempestades-e-deslizamentos/>

Autoridade Nacional de Emergência de Proteção Civil. (2022). *Enquadramento*. Acedido em 24 setembro 2023, de <https://prociv.gov.pt/pt/prevencao-e-preparacao/planeamento-de-emergencia/enquadramento/#>

Autoridade Nacional de Emergência de Proteção Civil. (2023). *Avaliação Nacional de Risco*. Acedido em 4 junho 2023, de <https://prociv.gov.pt/pt/prevencao-e-preparacao/avaliacao-de-riscos/avaliacao-nacional-de-risco/>

Autoridade Nacional de Emergência de Proteção Civil. (2023). *Enquadramento internacional*. Acedido em 4 junho 2023, de <https://prociv.gov.pt/pt/prevencao-e-preparacao/reducao-do-risco-de-catastrofes/enquadramento-internacional/>

- Autoridade Nacional de Emergência de Proteção Civil. (2023). *Enquadramento*. Acedido em 4 junho 2023, de <https://prociv.gov.pt/pt/prevencao-e-preparacao/ordenamento-do-territorio/enquadramento/>
- BragaTV. (2019). *Chuva causa inundações em Braga*. Acedido em 8 outubro 2023, de <https://bragatv.pt/chuva-causa-inundacoes-em-braga/>
- Caldas, L. (2020). *Enfrentando inundações urbanas: 7 soluções para cidades-esponja*. Acedido em 12 novembro 2023, de <https://www.archdaily.com.br/br/940139/enfrentando-inundacoes-urbanas-7-solucoes-para-cidades-esponja>
- Câmara Municipal Braga. (2023). *Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil de Braga - Consulta Pública*. Acedido em junho 2023, de <https://www.cm-braga.pt/pt/0201/home/destaques/item/item-1-6738>
- Câmara Municipal Braga. (2022). *Planeamento e legislação*. Acedido em 18 novembro 2024, de <https://www.cm-braga.pt/pt/0101/viver/protacao-e-seguranca/divisao-de-protacao-civil/planeamento-e-legislacao>
- Câmara Municipal de Braga. (2017). *Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil de Braga - Consulta Pública*. Acedido em abril 2023, de <https://www.cm-braga.pt/pt/0201/home/destaques/item/item-1-6738>
- Campbell, M. (2021). *China cria "cidades-esponja" para evitar inundações*. Acedido em 12 novembro 2023, de <https://pt.euronews.com/green/2021/11/17/china-cria-cidades-esponja-para-evitar-inundacoes>
- Climate-data. (n.d.). *Braga Climate Data*. Acedido em julho 2023, de <https://pt.climate-data.org/europa/portugal/braga/braga-131/>
- CMPortugal. (2018). *Sismos de 3,2 e 2,7 de magnitude sentidos em Braga*. Acedido em 12 outubro 2023, de https://www.cmjornal.pt/portugal/detalhe/sismo-de-32-de-magnitude-sentido-em-braga?ref=DET_RelacionadasInText
- CMPortugal. (2018). *Vila Verde registou 23 sismos no espaço de quatro dias*. Acedido em 12 outubro 2023, de https://www.cmjornal.pt/sociedade/detalhe/vila-verde-registou-23-sismos-no-espaco-de-quatro-dias?ref=DET_RelacionadasInText
- Correio da Manhã. (2010). *Chuvada inunda Braga*. Acedido em 5 junho 2023, de <https://www.cmjornal.pt/portugal/detalhe/chuvada-inunda-braga>
- Correio da Manhã. (2011). *Temporal faz um morto em Braga*. Acedido em 5 junho 2023, de <https://www.cmjornal.pt/portugal/detalhe/temporal-faz-um-morto-em-braga-com-videos>
- Correio do Minho. (2014). *Tromba de água causou várias inundações em vários pontos da cidade de Braga*. Acedido em 5 junho 2023, de <https://correiodominho.pt/noticias/tromba-de-agua-causou-varias-inundacoes-em-varios-pontos-da-cidade-de-braga/81076>

Correio do Minho. (2017). *Quedas de árvores e inundações devido ao mau tempo*. Acedido em 5 de junho de 2023, de <https://www.correiodominho.pt/noticias/quedas-de-arvores-e-inundacoes-devido-ao-mau-tempo/106376>

Correio do Minho. (2017). *Chuva e vento deixaram rasto de árvores caídas e inundações*. Acedido em 5 de junho de 2023, de <https://www.correiodominho.pt/noticias/chuva-e-vento-deixaram-rasto-de-arvores-caidas-e-inundacoes/100119>

Correio do Minho. (2018). *Inundações provocam estragos junto à Bosch*. Acedido em 5 de junho de 2023, de <https://www.correiodominho.pt/noticias/inundacoes-provocam-estragos-junto-a-bosch/108151>

Correio do Minho. (2019). *Tempestade 'Elsa' marcada por 40 ocorrências no Minho*. Acedido em 8 de junho de 2023, de <https://www.correiodominho.pt/noticias/tempestade-elsa-marcada-por-40-ocorrencias-no-minho/121935>

Meteoblue. (n.d.). *Diagrama Termopluiométrico para a normal climatológica de 1995-2024 de Braga*. Acedido em novembro de 2024, de https://www.meteoblue.com/pt/tempo/historyclimate/climatemodelled/braga_portugal_2742032

Diário de Notícias. (2019). *Braga inundada por "fenómeno excepcional" de precipitação*. Acedido em 8 de junho de 2023, de <https://www.dn.pt/pais/braga-inundada-por-fenomeno-excepcional-de-precipitacao-11638120.html>

Diário do Minho. (2022). *Braga. Inundação interrompe trânsito na Reta do Feital*. Acedido em 8 de junho de 2023, de <https://www.diariodominho.pt/noticias/braga/braga-inundacao-interrompe-transito-na-reta-do-feital-243178>

Diário do Minho. (2022). *Chuvas fortes provocam inundações no rio Este*. Acedido em 8 de junho de 2023, de <https://www.diariodominho.pt/noticias/braga/chuvas-fortes-provocam-inundacoes-no-rio-este-243181>

Diário do Minho. (2022). *Mau tempo causa danos e inundações em Braga*. Acedido em 8 de junho de 2023, de <https://www.diariodominho.pt/noticias/braga/mau-tempo-causa-danos-e-inundacoes-em-braga-243312>

Direção Geral do Território. (2022). *Carta Administrativa Oficial de Portugal - CAOP 2022*. Acedido em 9 de agosto de 2023, de <https://www.dgterritorio.gov.pt/Carta-Administrativa-Oficial-de-Portugal-CAOP-2022>

DISASTER (online). (n.d.). *Desastres naturais de origem hidro-geomorfológica em Portugal: base de dados SIG para apoio à decisão no ordenamento do território e planeamento de emergência (PTDC/CS-GEO/103231/2008)*. Acedido em 5 de janeiro de 2024, de http://riskam.ul.pt/disaster/images/perfil_concelho/braga.pdf

DISASTER (online). (n.d.). *Ocorrências cheias e inundações*. Acedido em 16 de março de 2024, de

<https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=2a6fad1aa46c40e9a6b5db3ee4257e80&extent=-12.5269,36.8225,-0.398,42.4032>

Faria, A. (2020). *Zonas de vertente*. Acedido em 4 de dezembro de 2023, de <https://notapositiva.com/zonas-de-vertente/#>

Fernandes, F. (2022). *Cidades-esponja. O que são e como podem ser resposta às cheias e secas em meio urbano*. Acedido em 12 de novembro de 2023, de <https://www.dn.pt/sociedade/cidades-esponja-o-que-sao-e-como-podem-ser-resposta-as-cheias-e-secas-em-meio-urbano-15510895.html/>

G1. (2020). *Cidades-esponja: conheça iniciativas pelo mundo para combater enchentes em centros urbanos*. Acedido em 12 de novembro de 2023, de http://www.oim.tmunicipal.org.br/?pagina=detalhe_noticia¬icia_id=66634

Gomes, J. (2016). *A grande catástrofe que afetou Braga*. Acedido em 12 de novembro de 2023, de <https://correiodominho.pt/cronicas/a-grande-catastrofe-que-afetou-braga/7426>

Gomes, J. (2018). *O terramoto de 1969 em Braga*. Acedido em 12 de novembro de 2023, de <https://correiodominho.pt/cronicas/o-terramoto-de-1969-em-braga/9432#:~:text=O%20C3%BAltimo%20grande%20sismo%20a,9%20na%20escala%20de%20Richter!>

Instituto Nacional de Estatística. (2022). *Censos 2021. XVI Recenseamento Geral da População. VI Recenseamento Geral da Habitação: Resultados definitivos*. INE, Lisboa. Acedido em 21 de novembro de 2024, de https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0012389&contexto=bd&selTab=tab2

IPMA. (2022a). *Boletins Climatológicos e Agrometeorológicos*. Acedido em 28 de outubro de 2022, de <https://www.ipma.pt/opencms/pt/oclima/boletins/index.jsp>

IPMA. (2022b). *Normais Climatológicas*. Acedido em 28 de outubro de 2022, de <https://www.ipma.pt/opencms/pt/oclima/normais.clima/>

Jornal de Notícias. (2012). *Mau tempo em Braga provoca inundações e queda de árvores*. Acedido em 5 de junho de 2023, de <https://www.jn.pt/local/noticias/braga/braga/mau-tempo-em-braga-provoca-inundacoes-e-queda-de-arvores-2947005.html/>

Jornal de Notícias. (2019). *Inundações em Braga deixam vários carros submersos*. Acedido em 6 de junho de 2023, de <https://www.jn.pt/local/noticias/braga/braga/inundacoes-em-varios-pontos-da-cidade-de-braga-11423441.html>

Jornal de Notícias. (2019). *Inundações entopem trânsito em Braga*. Acedido em 6 de junho de 2023, de <https://www.jn.pt/local/noticias/braga/braga/inundacoes-causam-caos-no-transito-em-braga-11637669.html>

O Minho. (2018). *Sismo registado em Peniche foi sentido no distrito de Braga*. Acedido em 11 de julho de 2023, de <https://ominho.pt/sismo-registado-em-peniche-foi-sentido-no-distrito-de-braga/>

O Minho. (2019). *“Em Braga só de barco”: Túneis cortados e carros retidos em viadutos*. Acedido em 8 de junho de 2023, de <https://ominho.pt/em-braga-so-de-barco-tuneis-cortados-e-carros-retidos-em-viadutos/>

O Minho. (2019). *Bombeiros rebocam 15 carros nas cheias em Braga*. Acedido em 6 de junho de 2023, de <https://ominho.pt/foram-15-os-carros-submersos-em-braga-apos-inundacoes/>

O Minho. (2020). *Sismo com epicentro em Coimbra sentido em Braga e Viana*. Acedido em 11 de julho de 2023, de <https://ominho.pt/sismo-com-epicentro-em-coimbra-sentido-em-braga-e-viana/>

O Minho. (2020). *Sismo de 2,4 na escala de Richter sentido na região de Braga*. Acedido em 11 de julho de 2023, de <https://ominho.pt/sismo-de-24-na-escala-de-richter-sentido-na-regiao-de-braga/>

O Minho. (2021). *Cinco minutos de chuva intensa provocam inundações em Braga*. Acedido em 8 de junho de 2023, de <https://ominho.pt/cinco-minutos-de-chuva-intensa-provocam-inundacoes-em-braga/>

O Minho. (2021). *Sismo de 3,5 registado na Galiza e sentido em Melgaço, Terras de Bouro e Braga*. Acedido em 11 de julho de 2023, de <https://ominho.pt/sismo-de-magnitude-35-sentido-em-melgaco/>

O Minho. (2024). *Sismo registado em Braga*. Acedido em 11 de julho de 2023, de <https://ominho.pt/sismo-registado-em-braga/>

Pfann, P. (2021). *Praça-piscina: solução eficaz para evitar alagamentos*. Acedido em 12 de novembro de 2023, de <https://factmundi.com/praca-piscina-solucao-eficaz-para-evitar-alagamentos/>

PORDATA. (2022). *Censos 2021 por concelho e regiões: evolução 1960-2021*. Acedido em dezembro de 2022, de <https://www.pordata.pt/censos/quadro>

PressNet. (2019). *Inundações causam caos no trânsito em Braga*. Acedido em 6 de junho de 2023, de <https://pressnet.pt/2019/12/19/inundacoes-causam-caos-no-transito-em-braga/>

Projeto de Regulamento do Serviço Municipal de Proteção Civil do Município de Lamego. (2020). Acedido em 18 de janeiro de 2024, de <https://www.prociplamego.pt/>

Quantidade de precipitação para a normal climatológica de 1995-2024 de Braga. Acedido em novembro de 2024, de https://www.meteoblue.com/pt/tempo/historyclimate/climatemodelled/braga_portugal_2742032

Redação Vila Verdense. (2019). *IPMA regista dois pequenos sismos em Vila Verde*. Acedido em 8 de outubro de 2023, em <https://ovilaverdense.pt/ipma-regista-dois-pequenos-sismos-em-vila-verde/>

Ribeiro, A., Cabral, J., Baptista, R., & Matias, L. (1996). Stress pattern in Portugal Mainland and the adjacent Atlantic region, West Iberia. *Tectonics*, 15(2), 641-659. <https://doi.org/10.1029/95TC03683>

RTP Notícias. (2011). *Trânsito cortado em três avenidas do centro da cidade devido a inundações nos túneis da variante*. Acedido em 5 de junho de 2023, de https://www.rtp.pt/noticias/pais/transito-cortado-em-tres-avenidas-do-centro-da-cidade-devido-a-inundacoes-nos-tuneis-da-variante_n492984

Salamuni, E. (s.d.). *Geologia estrutural*. Acedido em julho de 2023, de <http://www.neotectonica.ufpr.br/aula-geologia/aula8.pdf>

SIC Notícias. (2021). *Forte chuva provoca queda de árvores e inundações em Braga*. Acedido em 8 de junho de 2023, de <https://sicnoticias.pt/pais/2021-09-13-Forte-chuva-provoca-queda-de-arvores-e-inundacoes-em-Braga-cad489ca>

Sistema Nacional de Informação Territorial. (2021). *Instrumentos de gestão territorial*. Acedido em agosto de 2023, de <https://snit-sgt.dgterritorio.gov.pt/igt>

Soares, A. (2022). *As incríveis cidades-esponja previnem cheias, mas “não são uma panaceia”*. Acedido em 12 de novembro de 2023, de <https://www.publico.pt/2022/10/09/azul/noticia/incriveis-cidadesesponja-previnem-cheias-nao-sao-panacea-2023176>

Sociedade Portuguesa de Engenharia Sísmica. (2019). *Risco sísmico em Portugal*. Acedido em 2023, de <https://spessismica.pt/risco-sismico-em-portugal/>

SOL. (2018). *Registado sismo de 2.6 na escala de Richter em Vila Verde*. Acedido em 8 de outubro de 2023, de <https://sol.sapo.pt/2018/08/14/registado-sismo-de-2-6-na-escala-de-richter-em-vila-verde/>

Terras de Braga. (2023). *Inundação na reta do Feital foi a ocorrência mais significativa em Braga*. Acedido em 12 de fevereiro de 2024, de <https://terrasdebraga.pt/noticias/inundacao-na-reta-do-feital-foi-a-ocorrencia-mais-significativa-em-braga>

TVI. (2023). *Inundações cortam um dos principais acessos em Braga*. Acedido em 6 de junho de 2023, de <https://tvi.iol.pt/noticias/sociedade/mau-tempo/inundacoes-cortam-um-dos-principais-acessos-em-braga>

Paulo da Silva Freitas

**Perigos geológicos, ordenamento do território e planeamento
de emergência no concelho de Braga (Portugal): elementos
para a mitigação de riscos geológicos**

ANEXOS

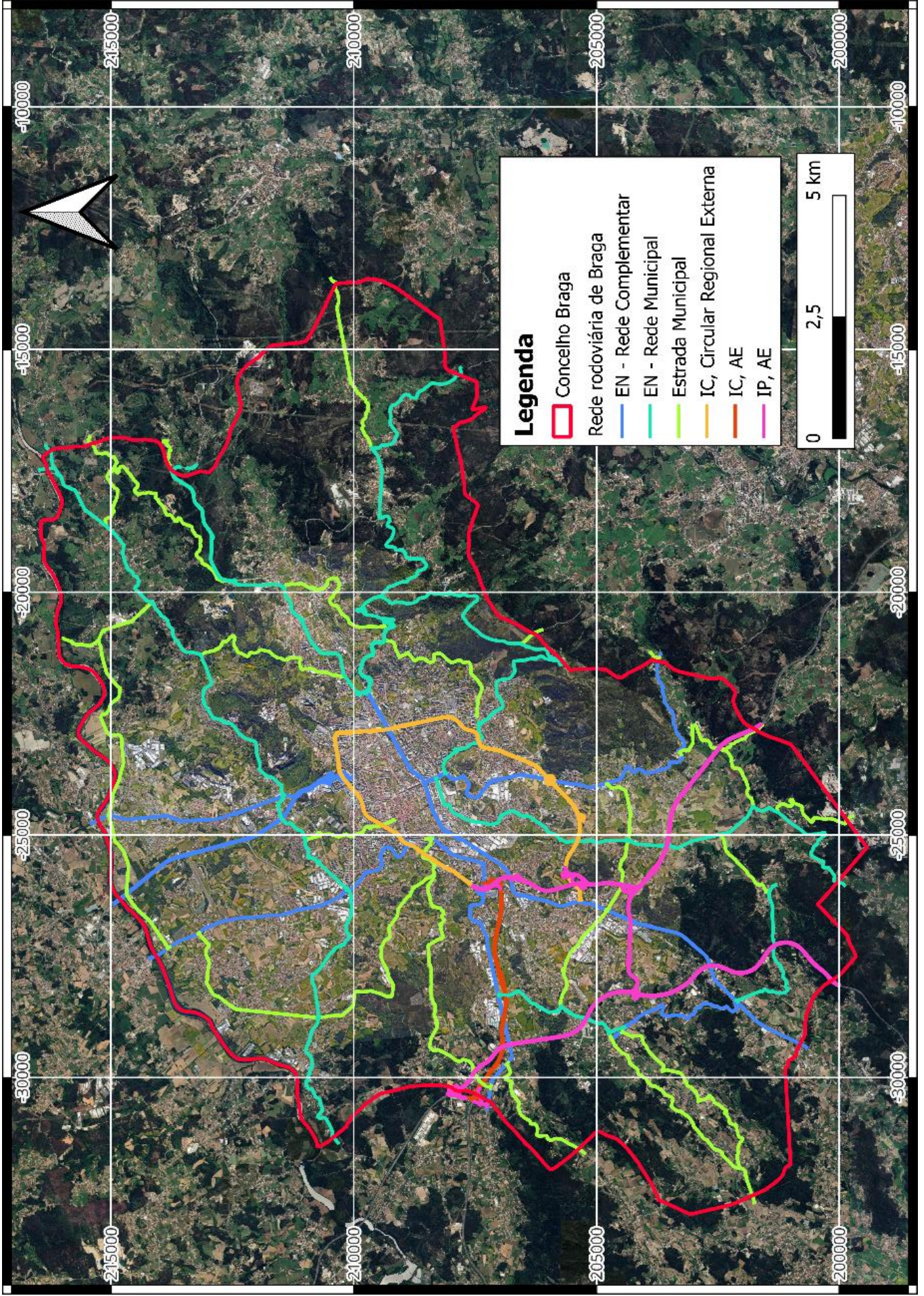


Faculdade de Ciências e Tecnologias

Universidade dos Açores

2024

ANEXO I



Legenda

- Concelho Braga
- Rede rodoviária de Braga
- EN - Rede Complementar
- EN - Rede Municipal
- Estrada Municipal
- IC, Circular Regional Externa
- IC, AE
- IP, AE



REDE DE TRANSPORTE DE ELETRICIDADE E CENTROS PRODUTORES DE ENERGIA ELÉTRICA NO CONCELHO DE BRAGA

LEGENDA:

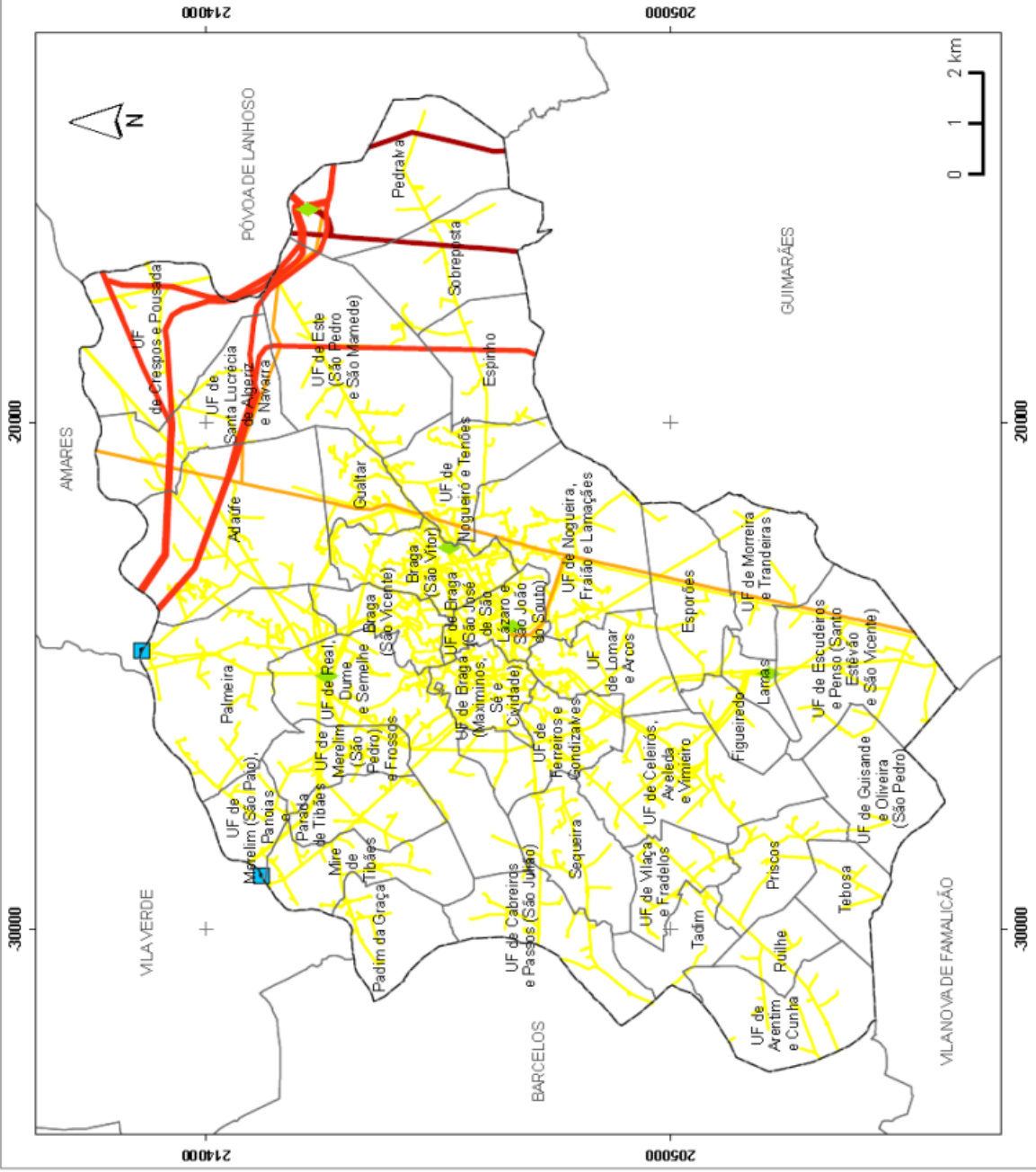
- Concelhos limítrofes
- Concelho de Braga
- Limite de freguesia

Rede de transporte de eletricidade

- Linhas de muito alta tensão**
- 150 KV
 - 400 KV
- Linhas de média tensão**
- Linhas de média tensão
 - Linhas de alta tensão

Centros produtores de energia

- Infraestruturas da rede**
- Central hidroeléctrica
 - ◆ Subestação Eléctrica



FONTE:

CAOP 2016 (2016), Direção-Geral do Território, 2017.
 Planta de Condicionantes (2015), Município de Braga, 2017.
 Rede Eléctrica, Município de Braga, 2017.

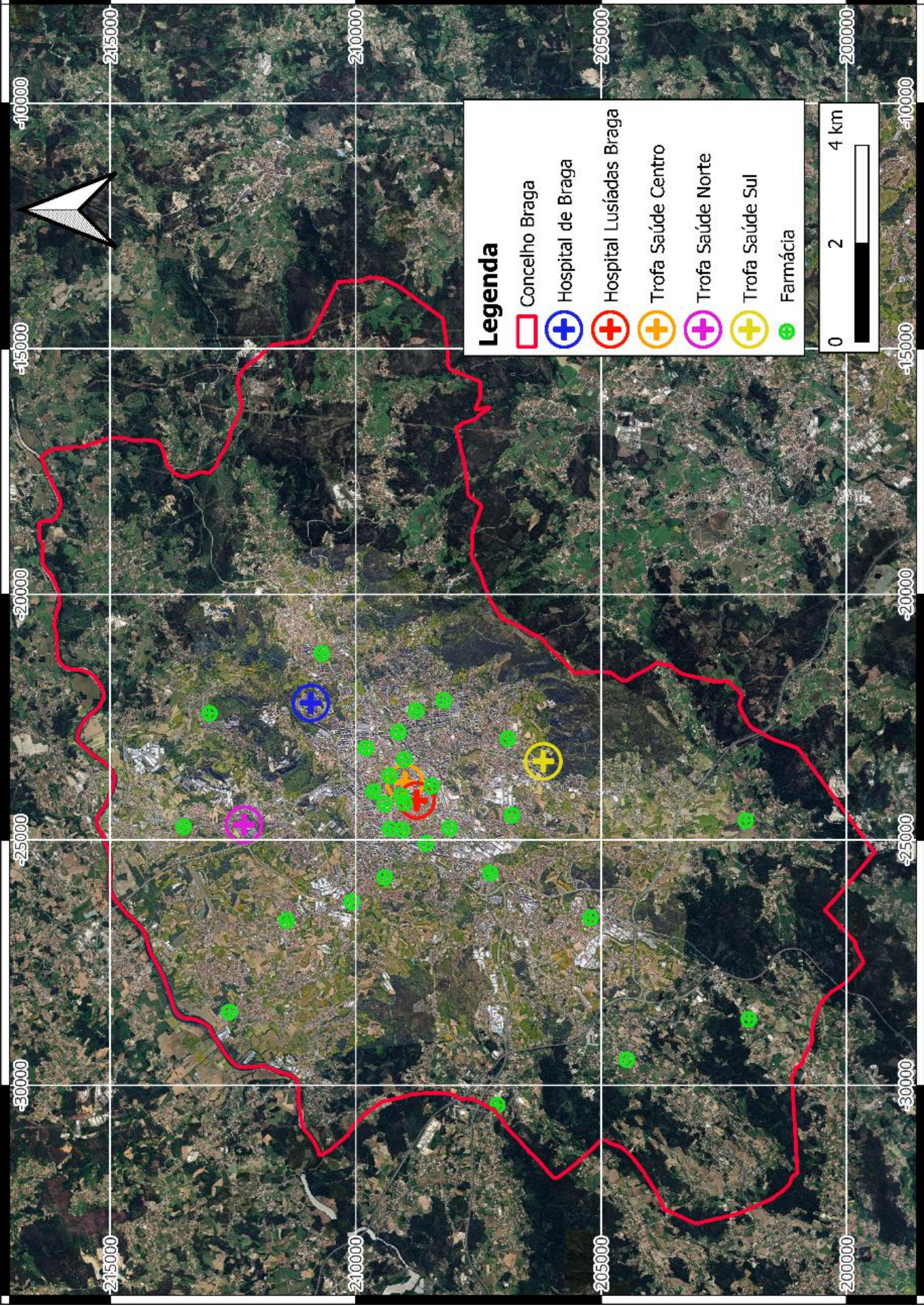
Sistema de Referência e Datum: PT-TM06/ETRS89
 Projeção Cartográfica: Geodetic Reference System 1980,
 Transversa de Mercator

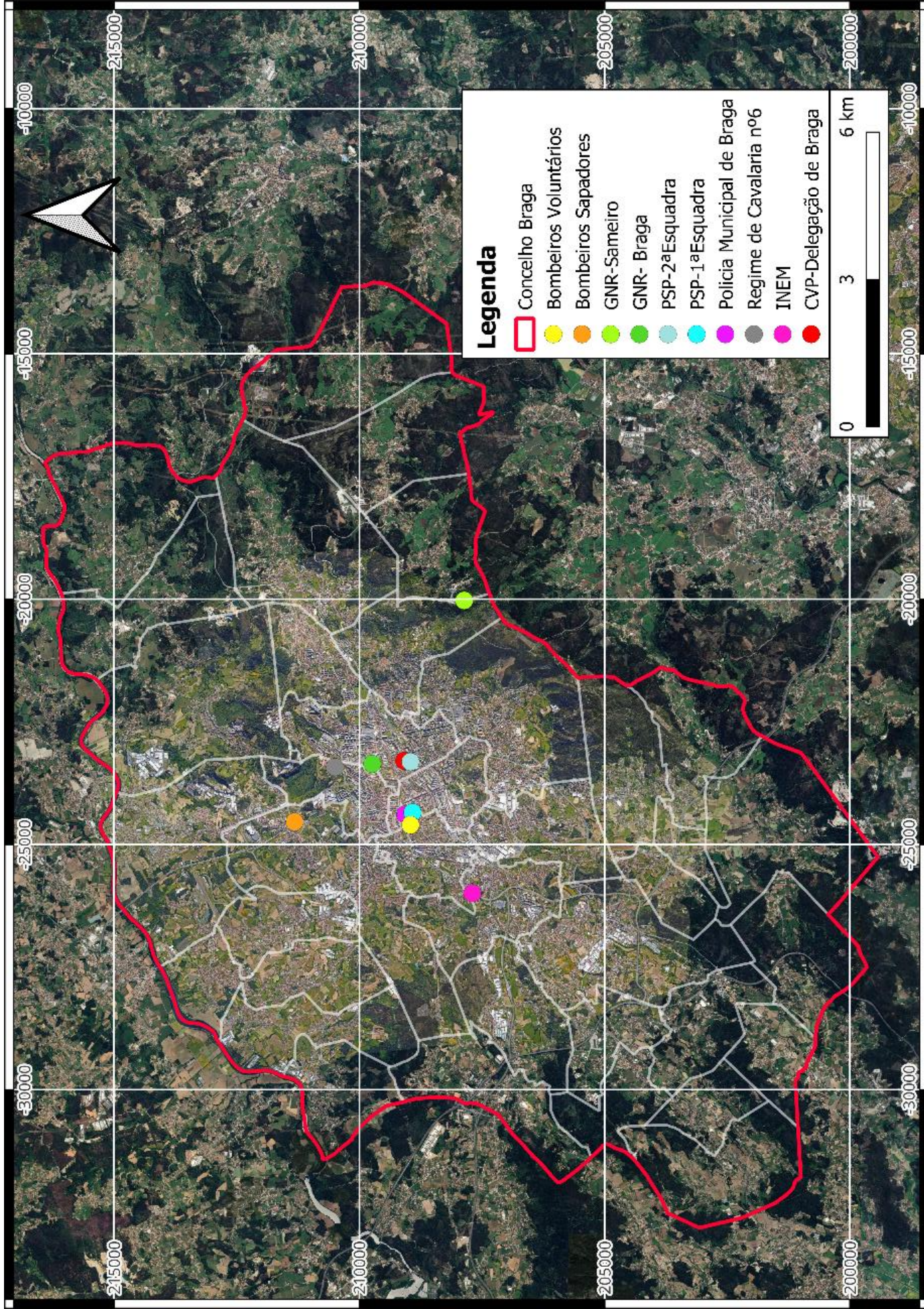
Município de Braga



DATA DE ELABORAÇÃO:

SETEMBRO DE 2018





Legenda

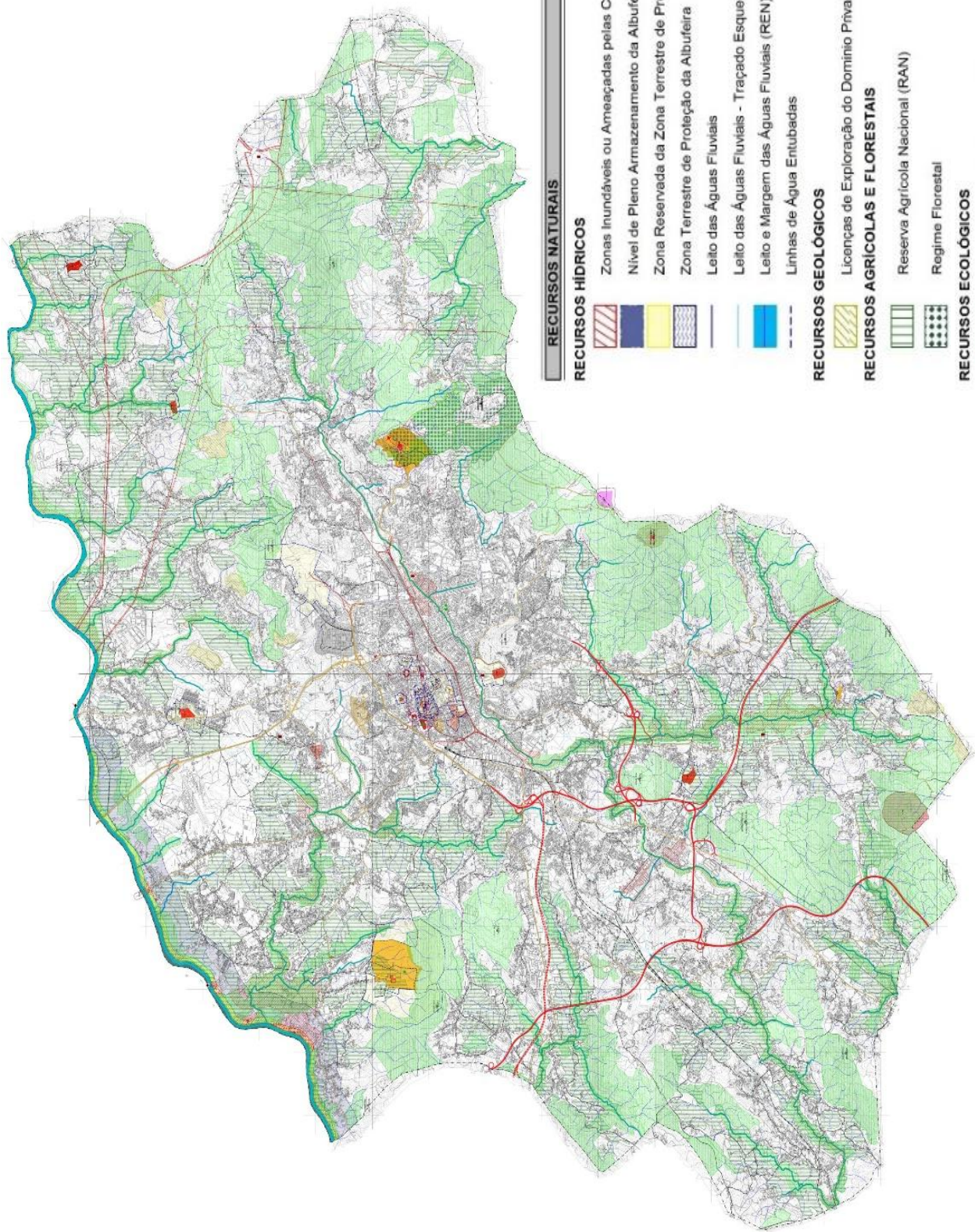
- Concelho Braga
- Bombeiros Voluntários
- Bombeiros Sapadores
- GNR-Sameiro
- GNR- Braga
- PSP-2ªEsquadra
- PSP-1ªEsquadra
- Policia Municipal de Braga
- Regime de Cavalaria nº6
- INEM
- CVP-Delegação de Braga



215000 210000 205000 200000









-10000 -15000 -20000 -25000 -30000

-10000 -15000 -20000 -25000 -30000



RECURSOS NATURAIS



RECURSOS HIDRÓLOGICOS

-  Zonas Inundáveis ou Ameaçadas pelas Cheias
-  Nível de Pleno Armazenamento da Albufeira
-  Zona Reservada da Zona Terrestre de Proteção da Albufeira
-  Zona Terrestre de Proteção da Albufeira
-  Leito das Águas Fluviais
-  Leito das Águas Fluviais - Traçado Esquemático
-  Leito e Margem das Águas Fluviais (REN)
-  Linhas de Água Entubadas

RECURSOS GEOLÓGICOS

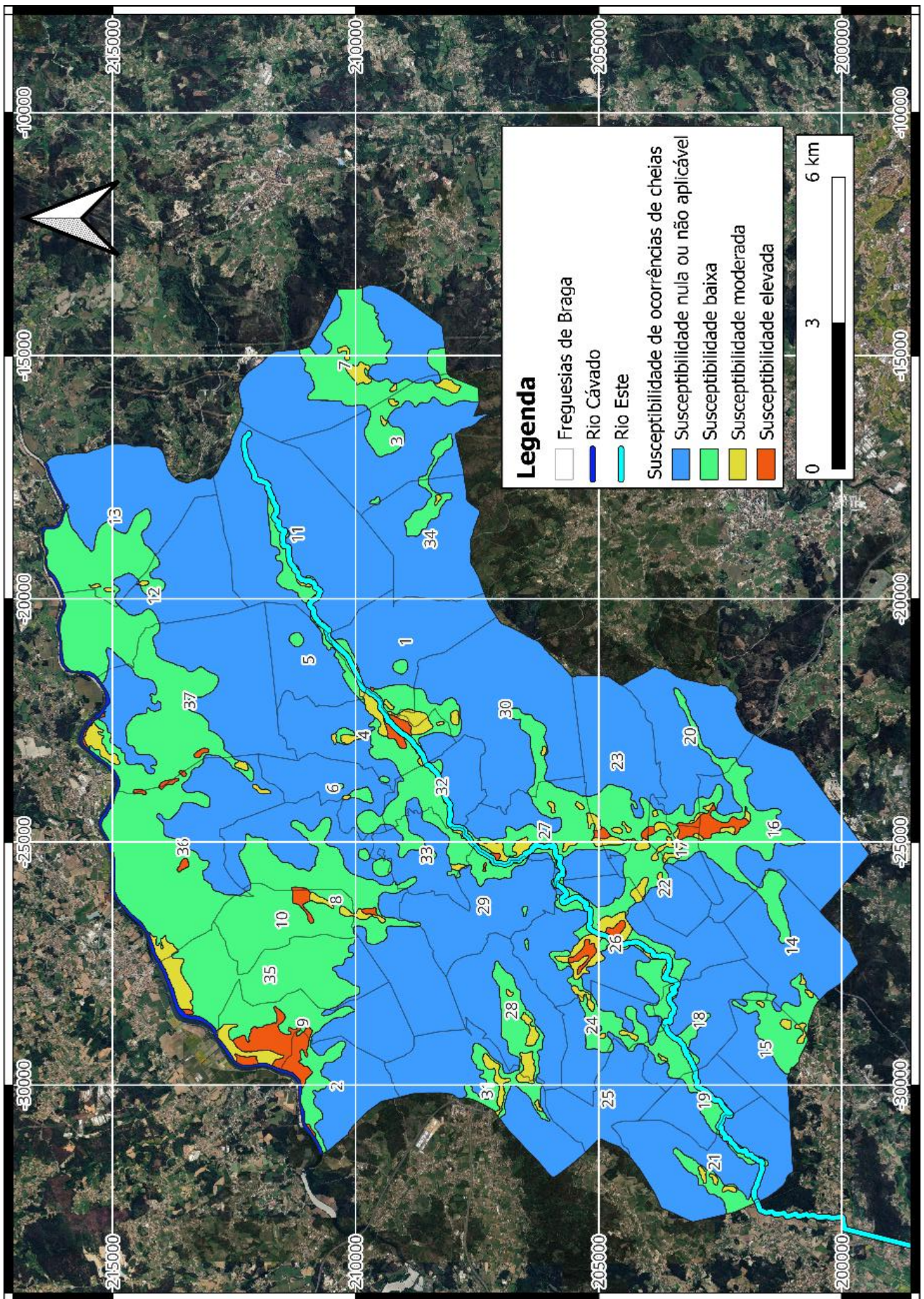
-  Licenças de Exploração do Domínio Privado - Pedreiras

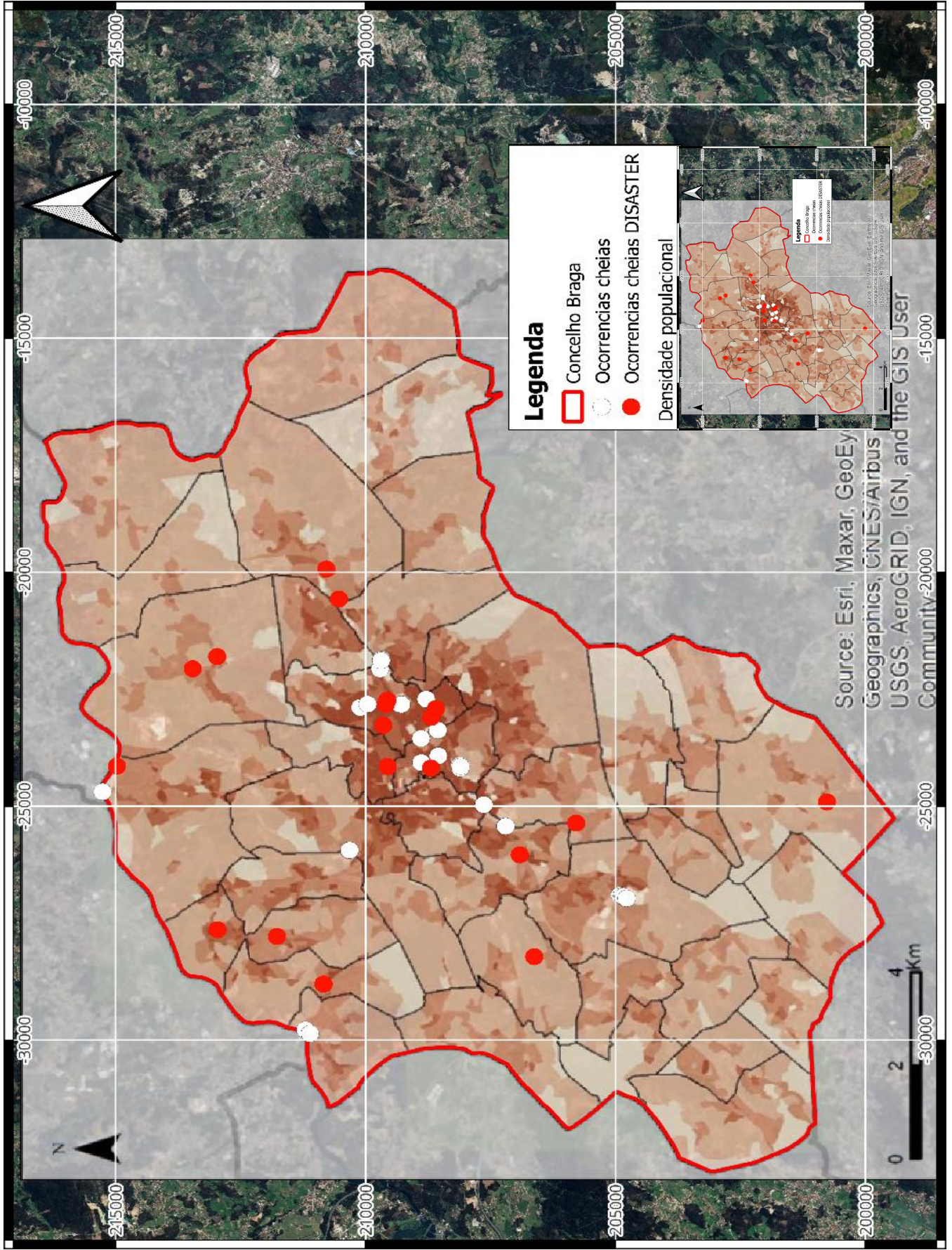
RECURSOS AGRÍCOLAS E FLORESTAIS

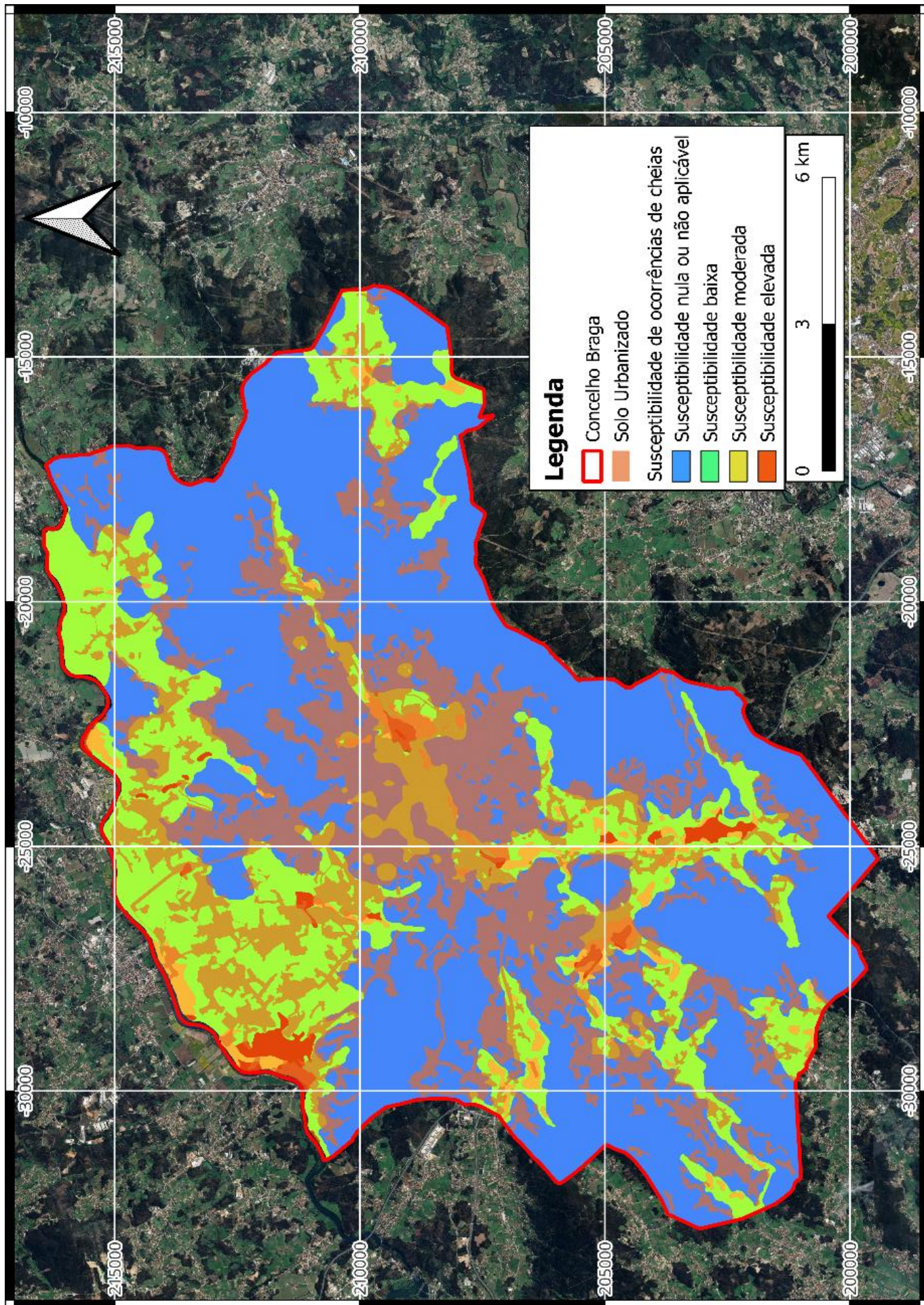
-  Reserva Agrícola Nacional (RAN)
-  Regime Florestal

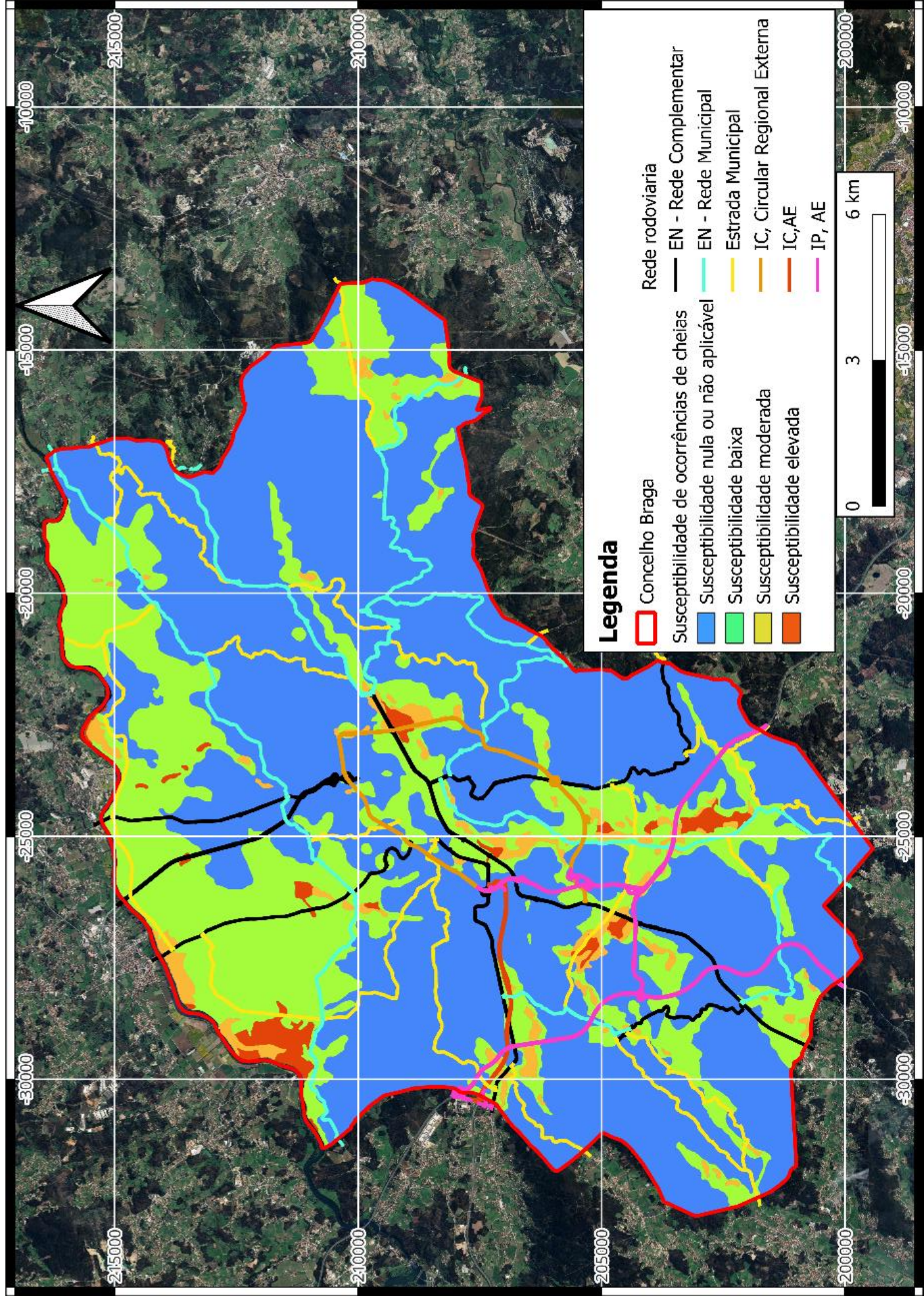
RECURSOS ECOLÓGICOS

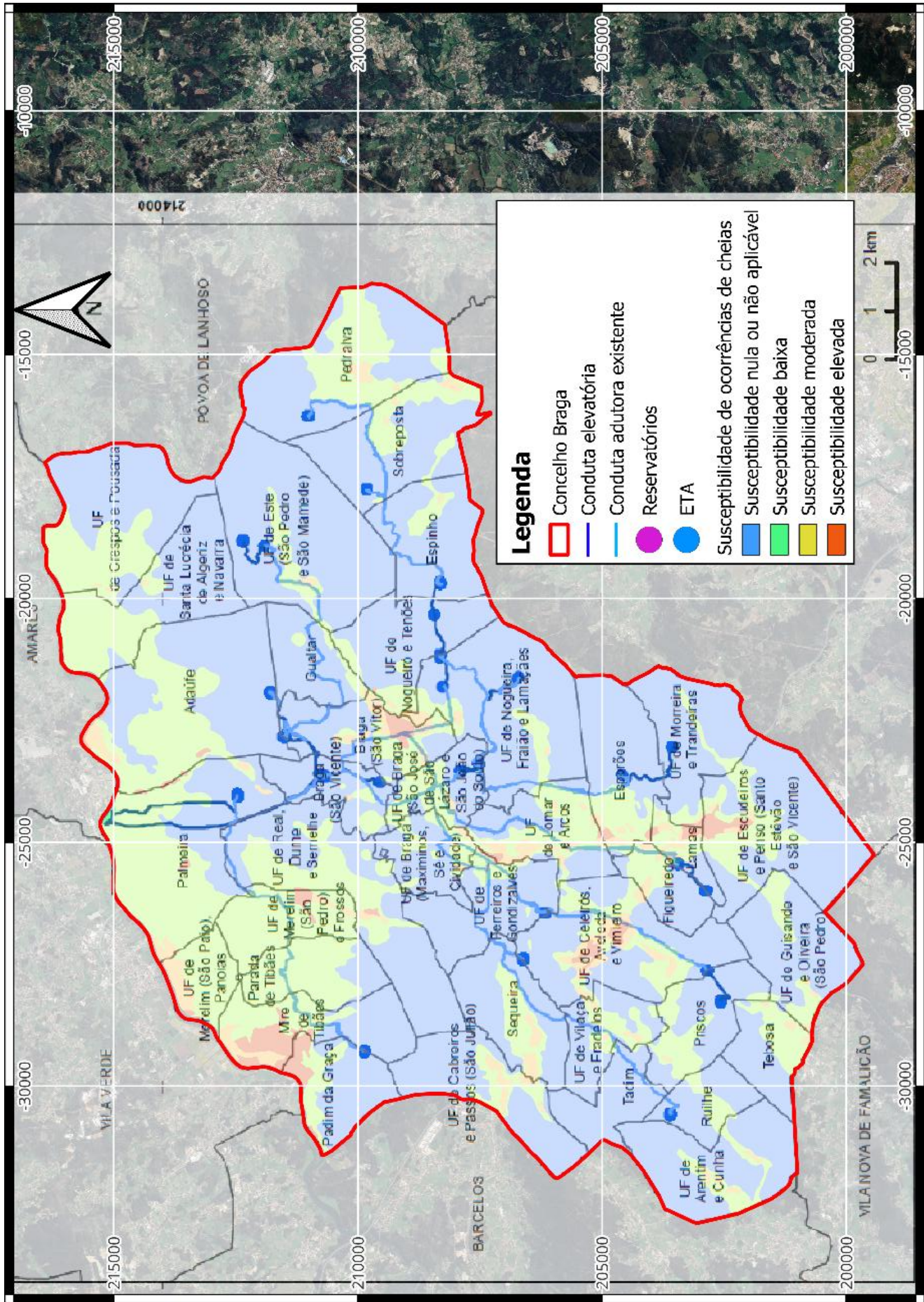
-  Reserva Ecológica Nacional (REN)
-  Área Excluída da Reserva Ecológica Nacional





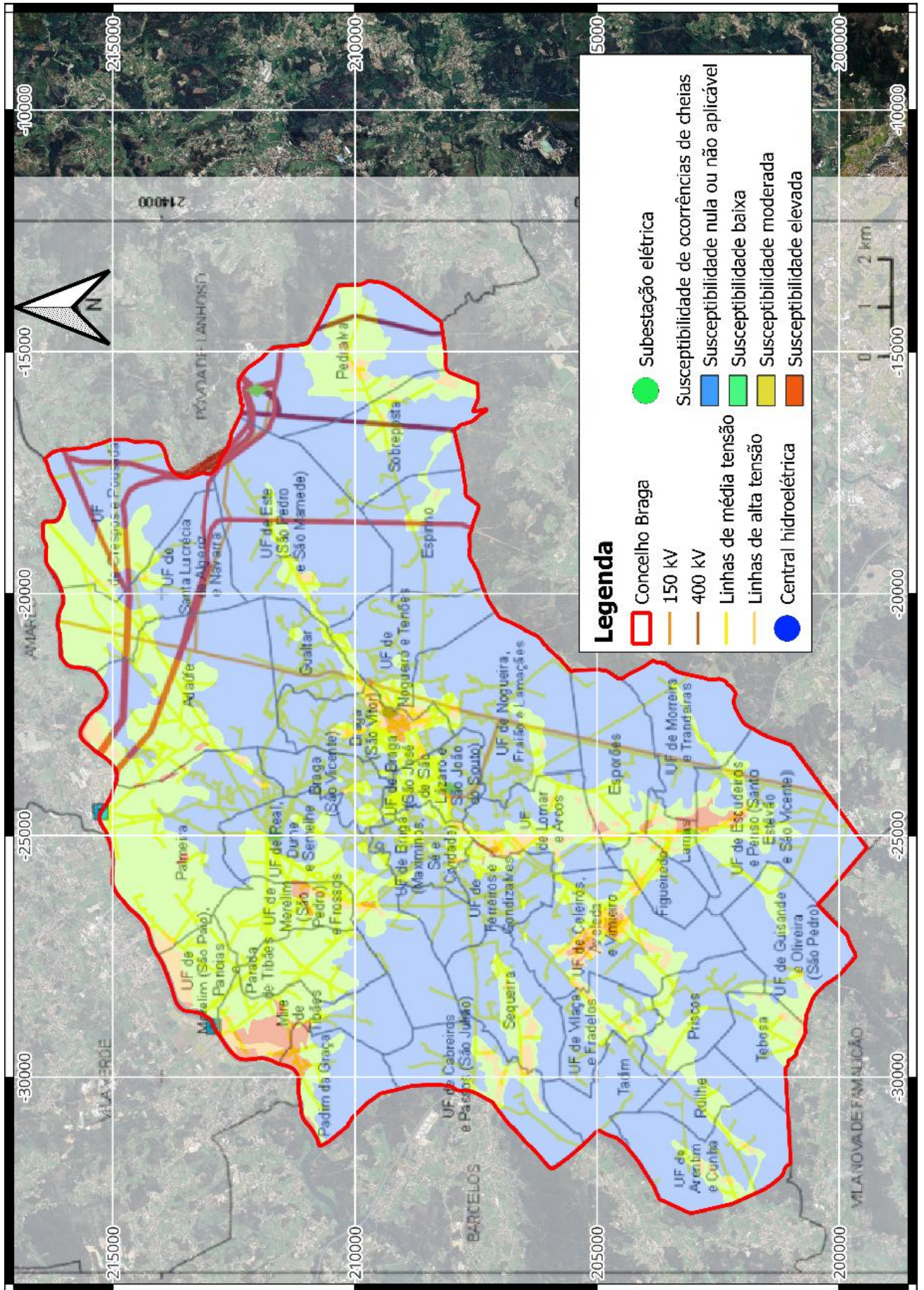


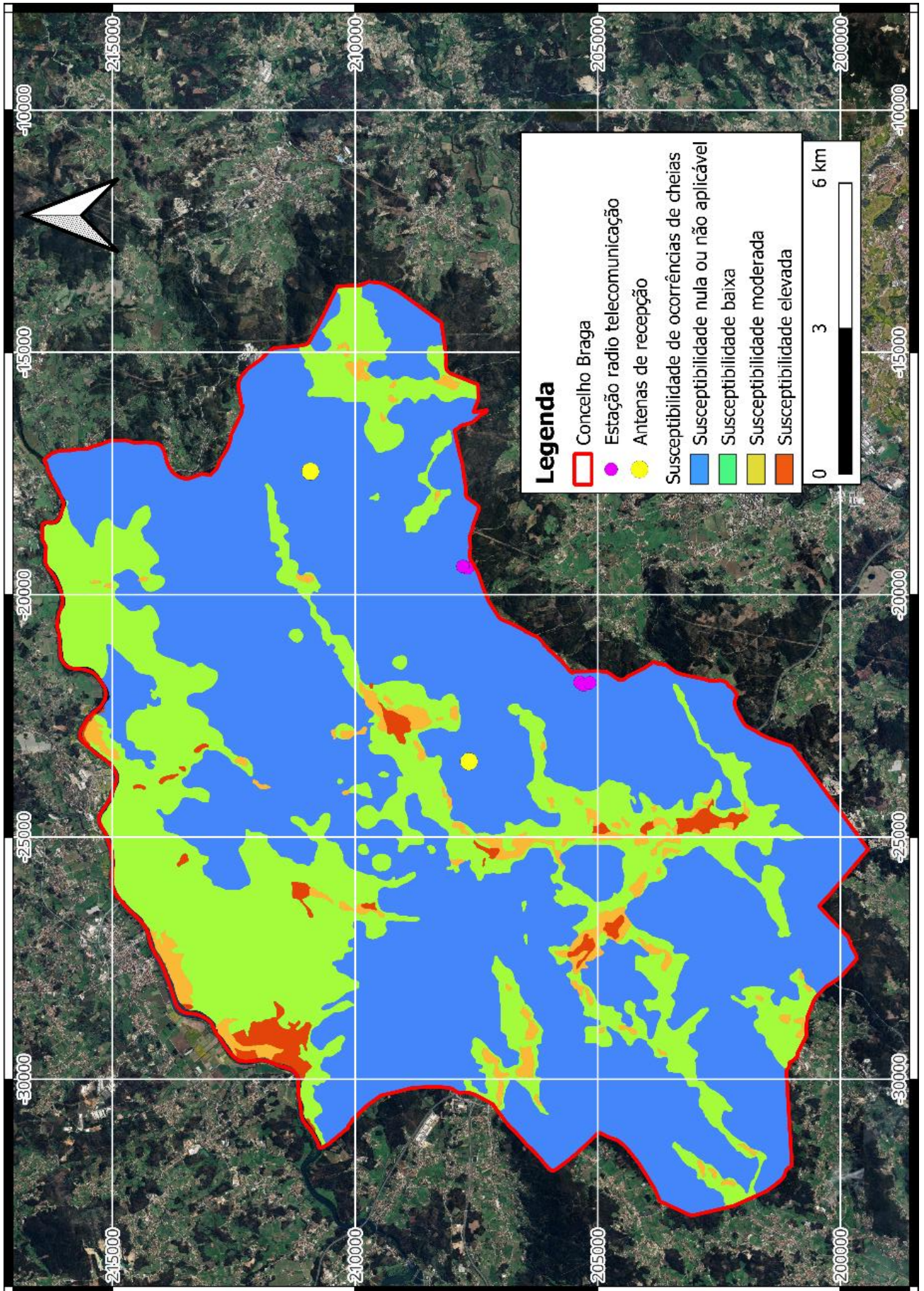


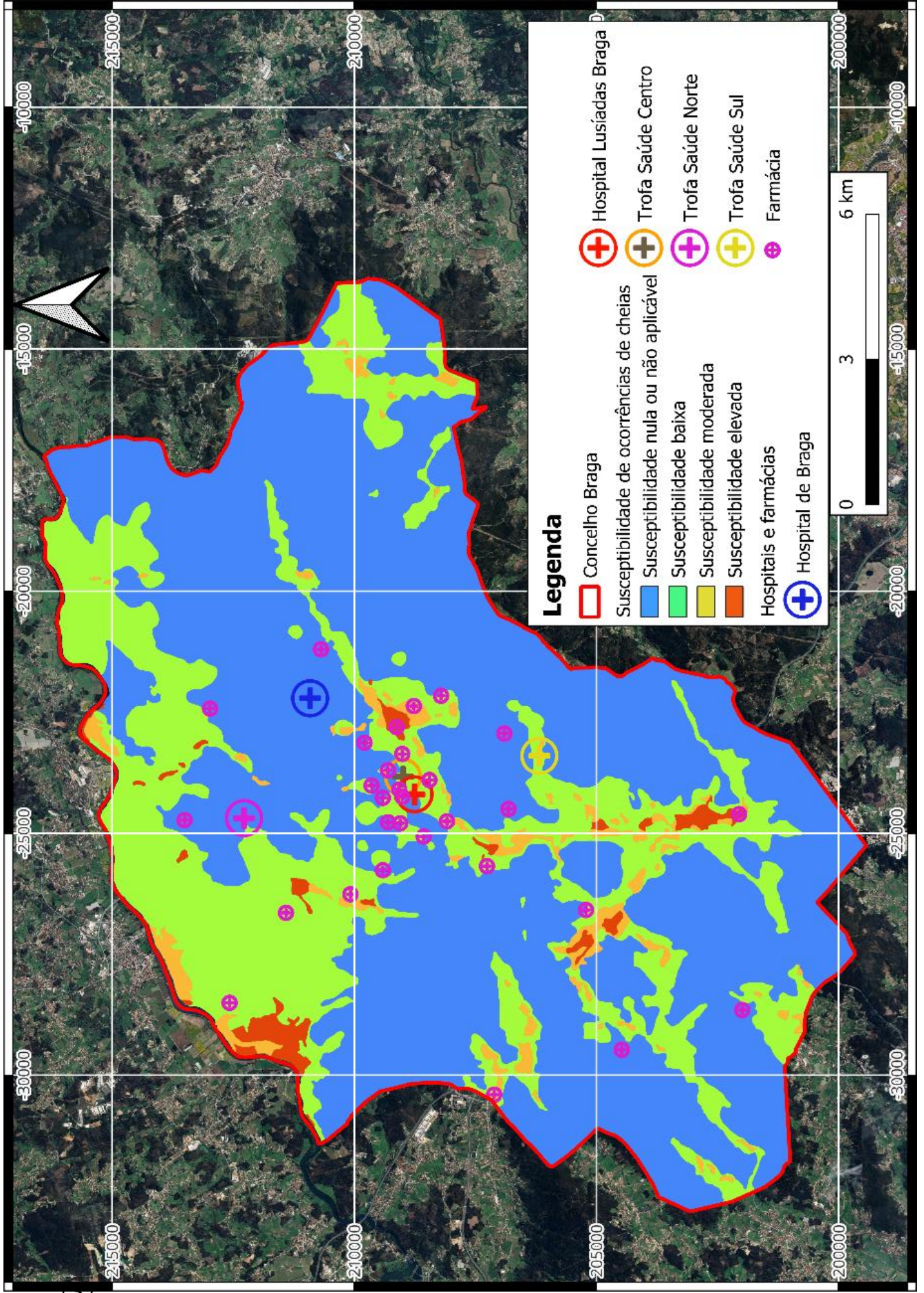


Legenda

- Concelho Braga
 - Conduto elevatório
 - Conduto adutora existente
 - Reservatórios
 - ETA
- Susceptibilidade de ocorrências de cheias
- Susceptibilidade nula ou não aplicável
 - Susceptibilidade baixa
 - Susceptibilidade moderada
 - Susceptibilidade elevada



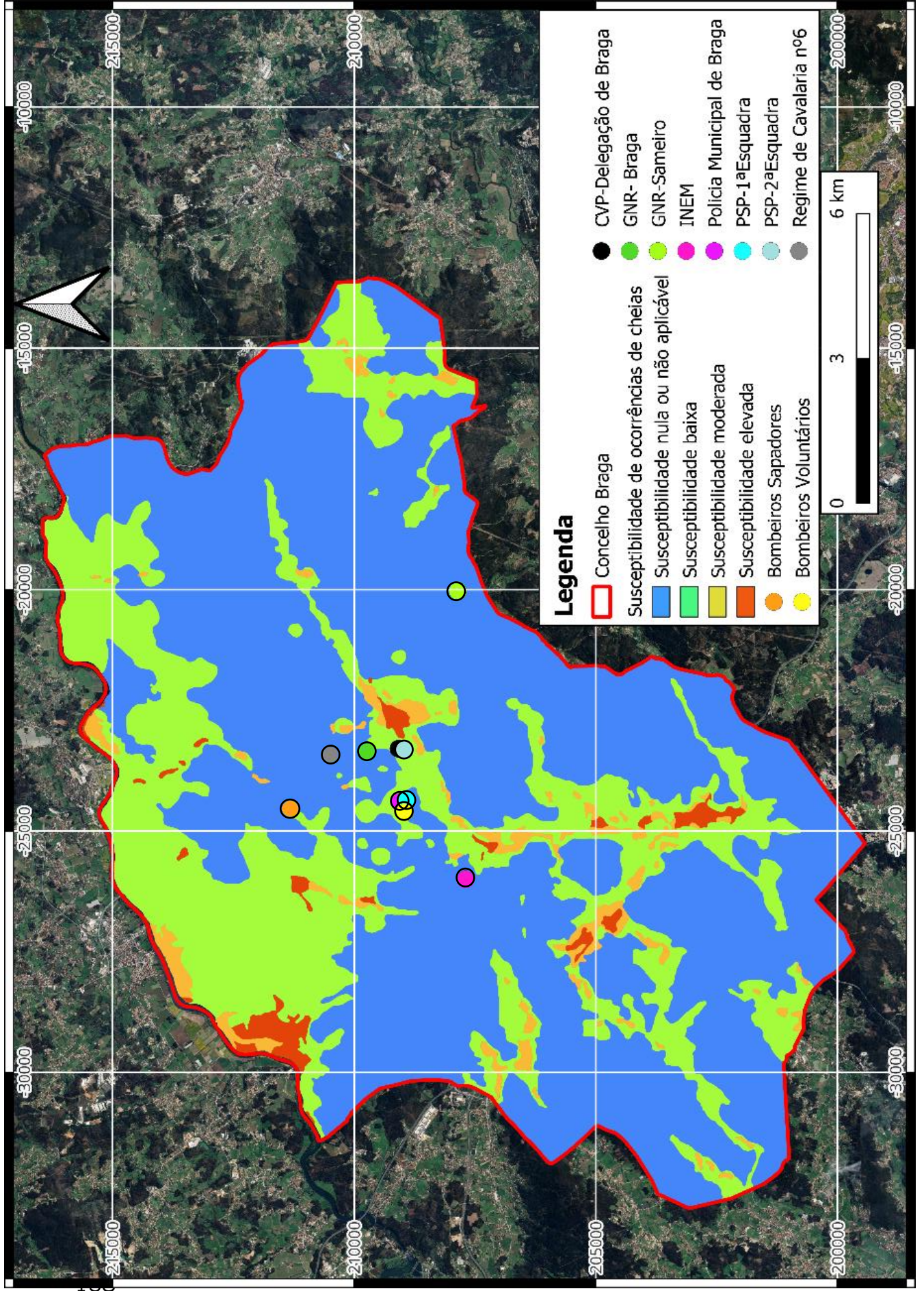


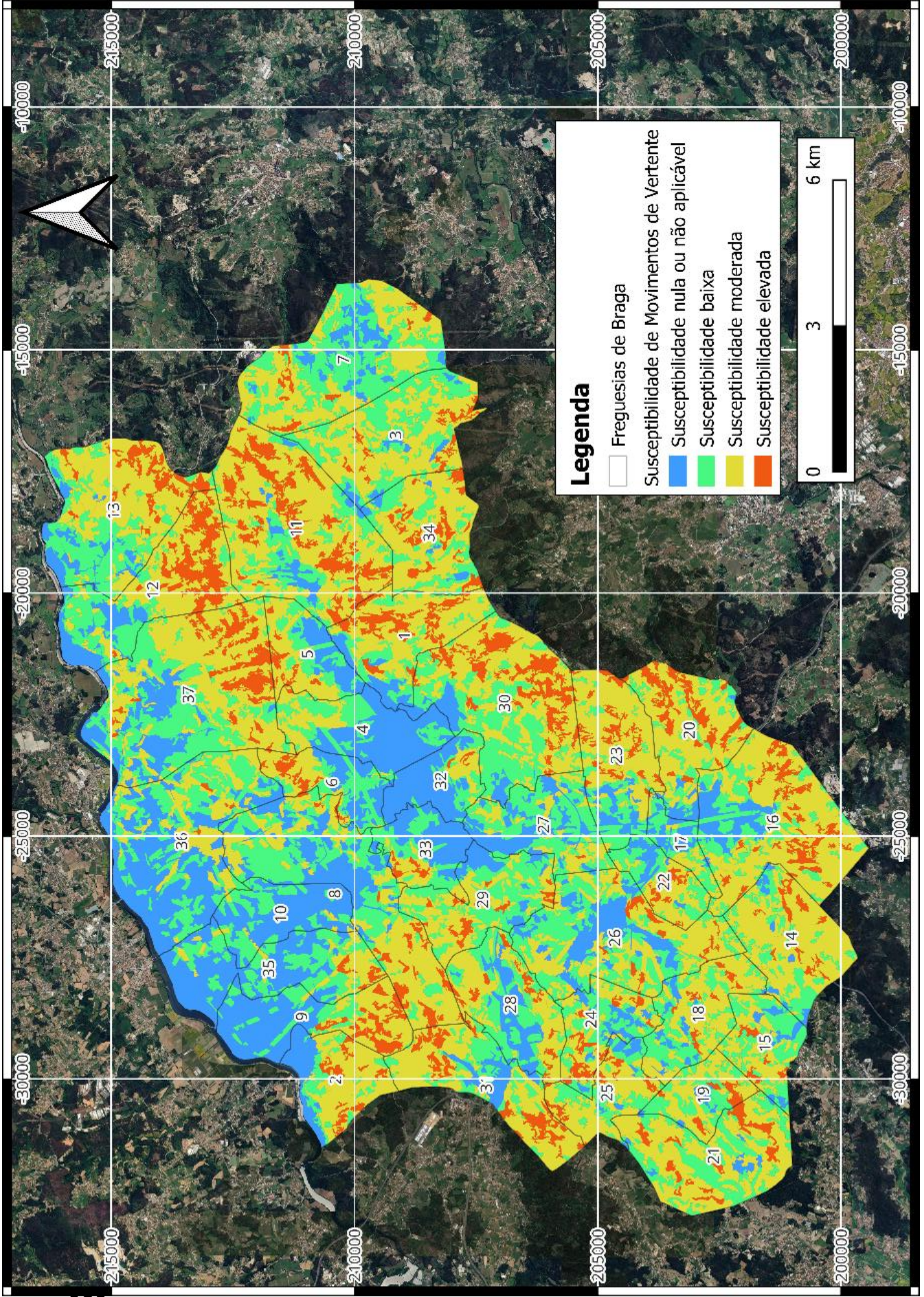


Legenda

- Concelho Braga
- Susceptibilidade de ocorrências de cheias
- Susceptibilidade nula ou não aplicável
- Susceptibilidade baixa
- Susceptibilidade moderada
- Susceptibilidade elevada
- Hospitais e farmácias
- Hospital de Braga
- Hospital Lusíadas Braga
- Trofa Saúde Centro
- Trofa Saúde Norte
- Trofa Saúde Sul
- Farmácia



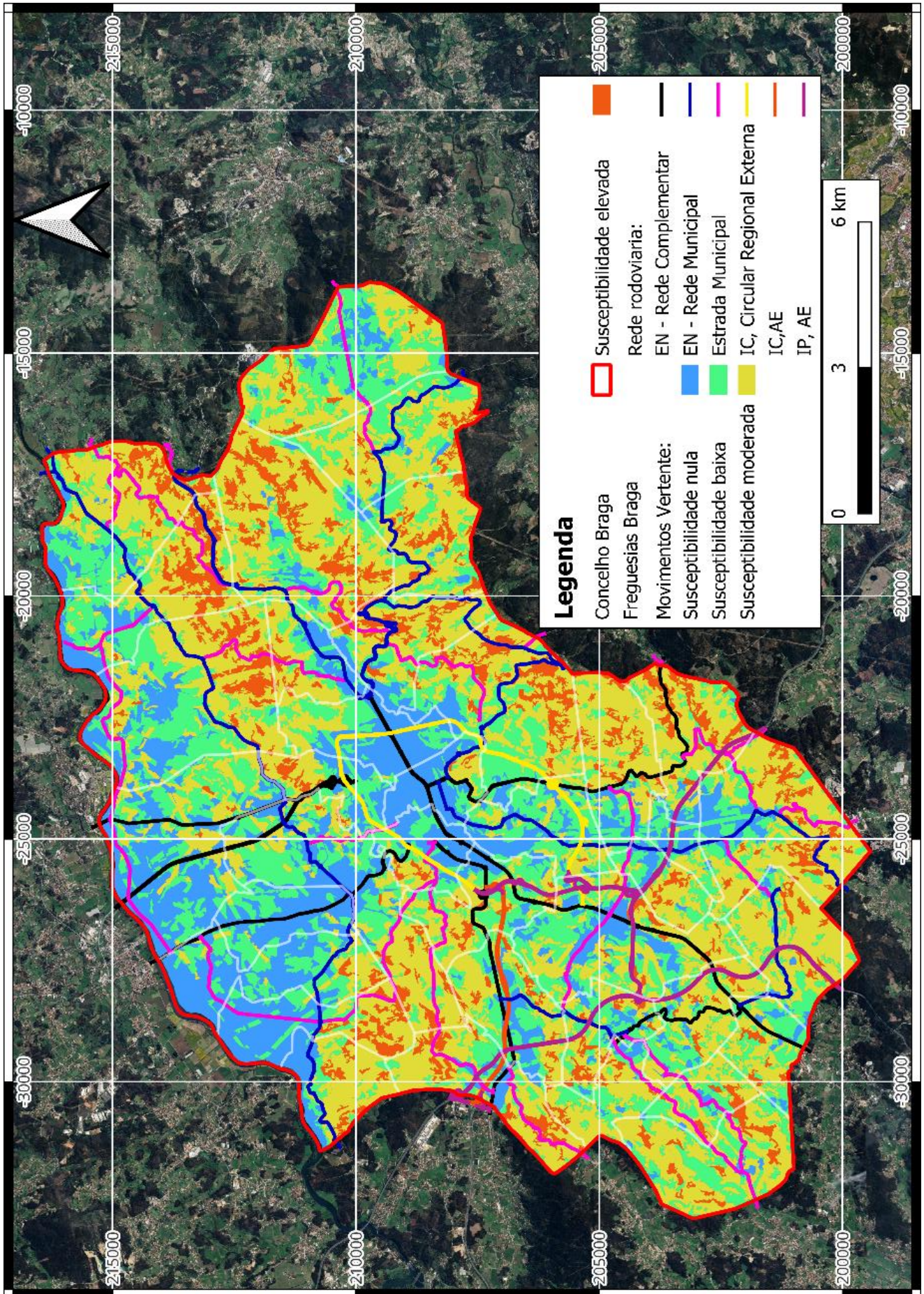


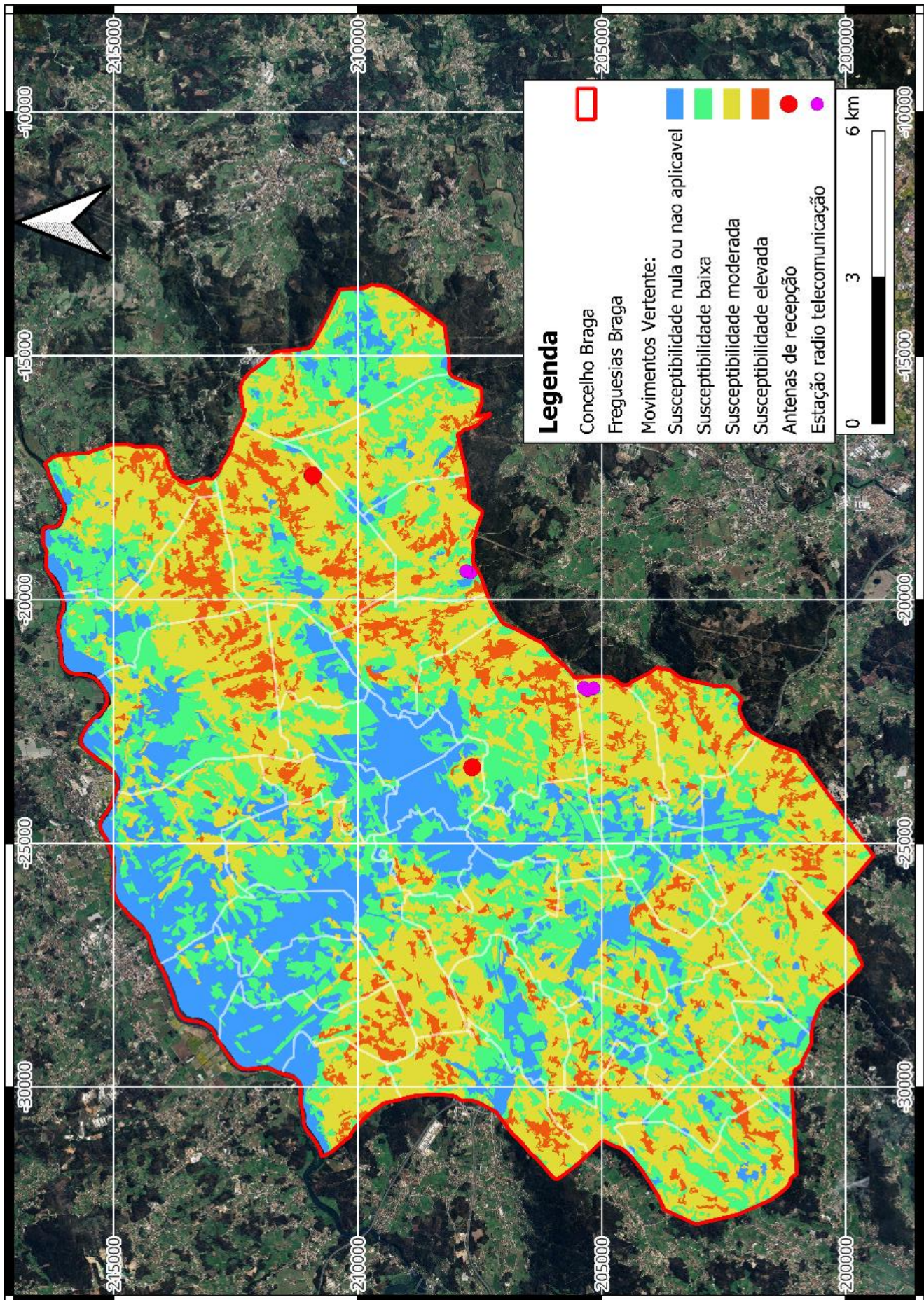


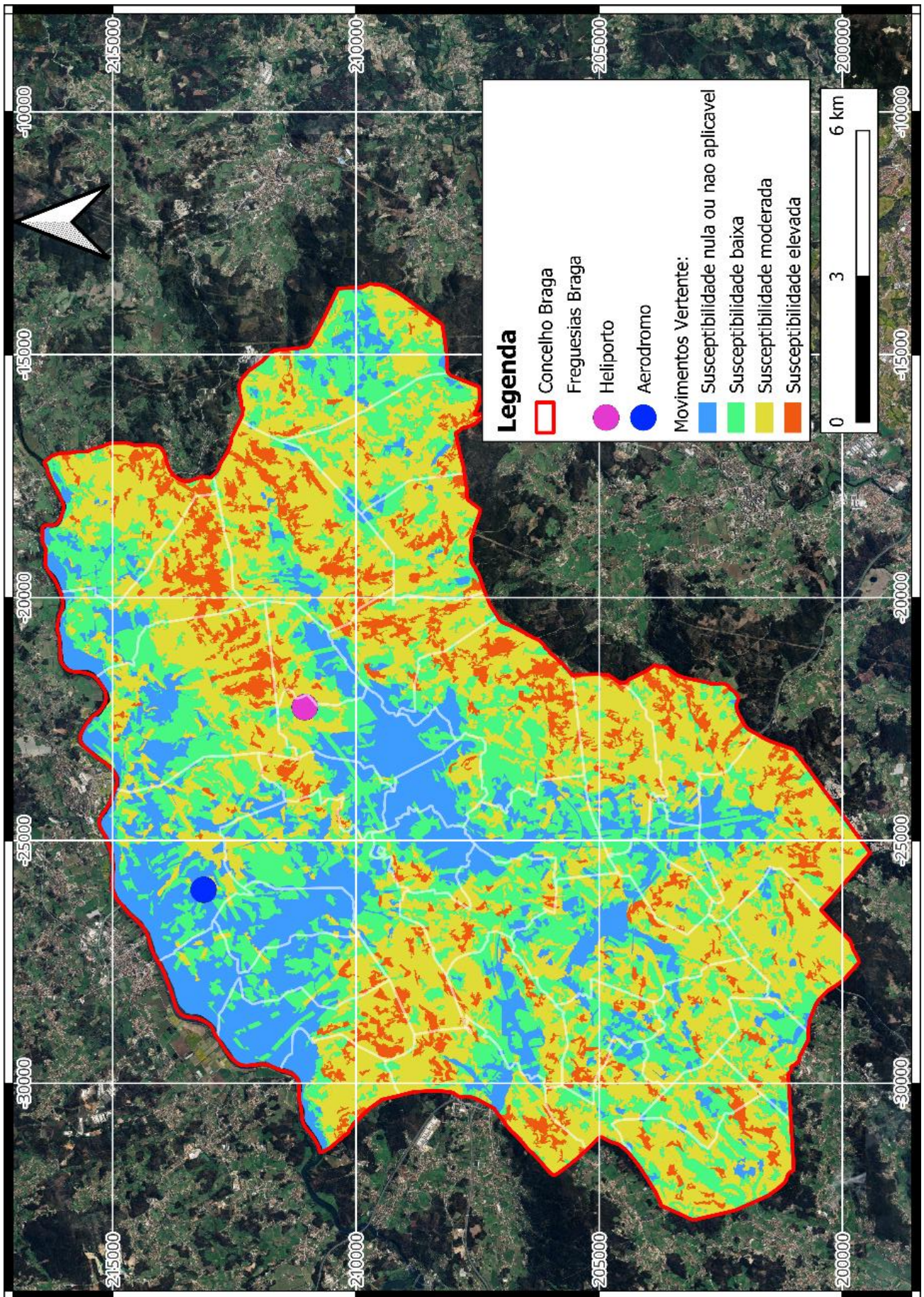
Legenda

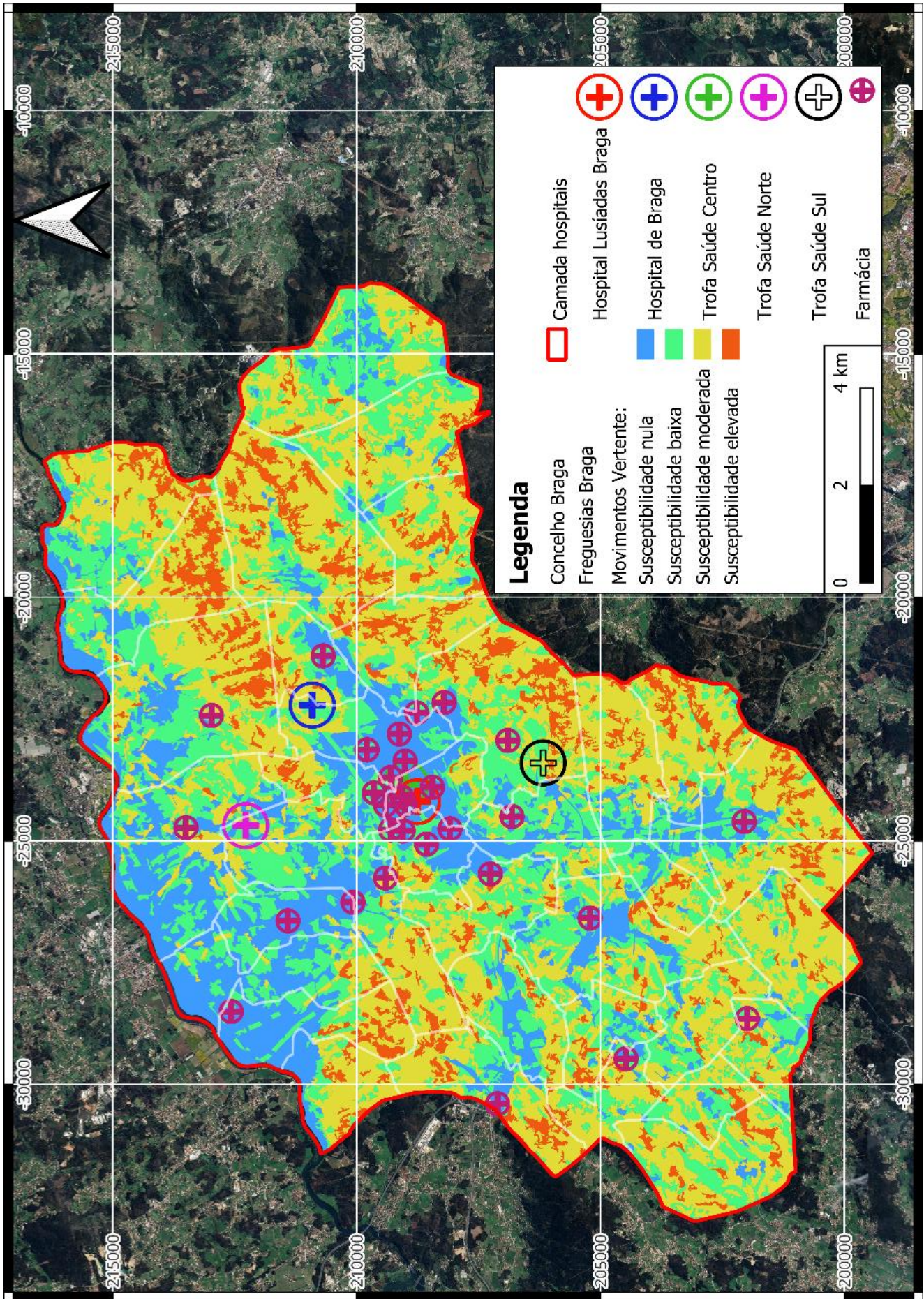
- Freguesias de Braga
- Susceptibilidade de Movimentos de Vertente
- Susceptibilidade nula ou não aplicável
- Susceptibilidade baixa
- Susceptibilidade moderada
- Susceptibilidade elevada

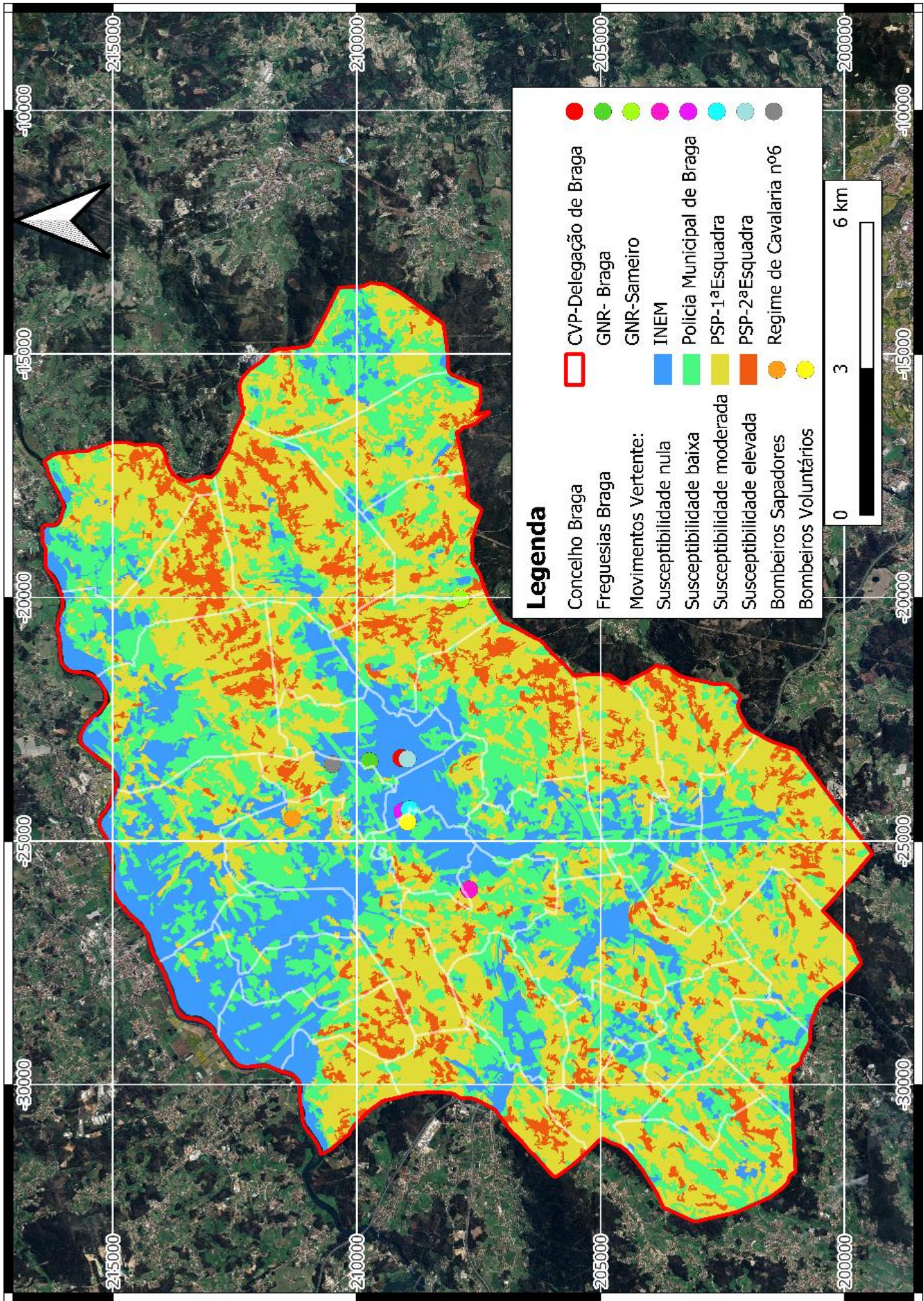


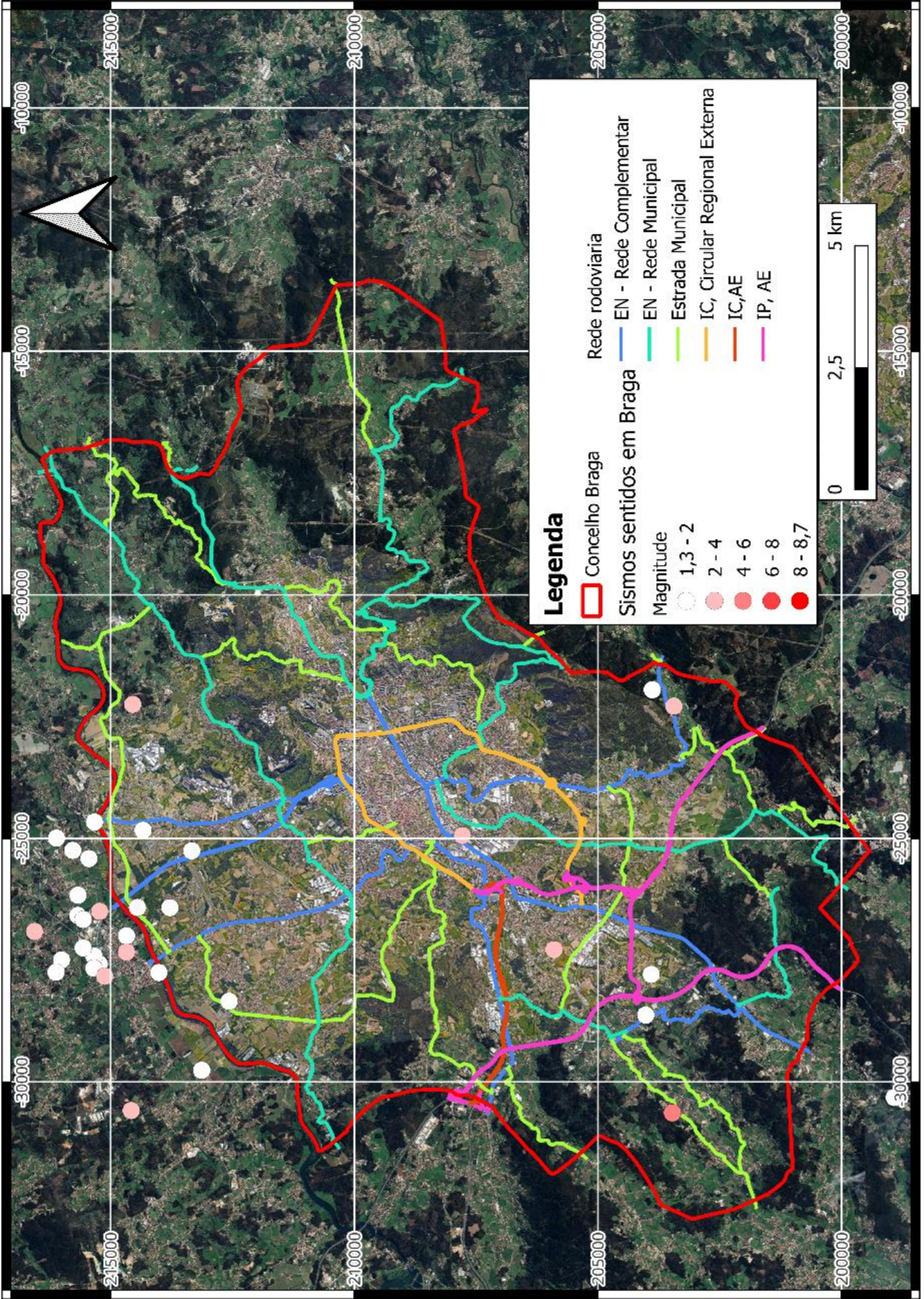








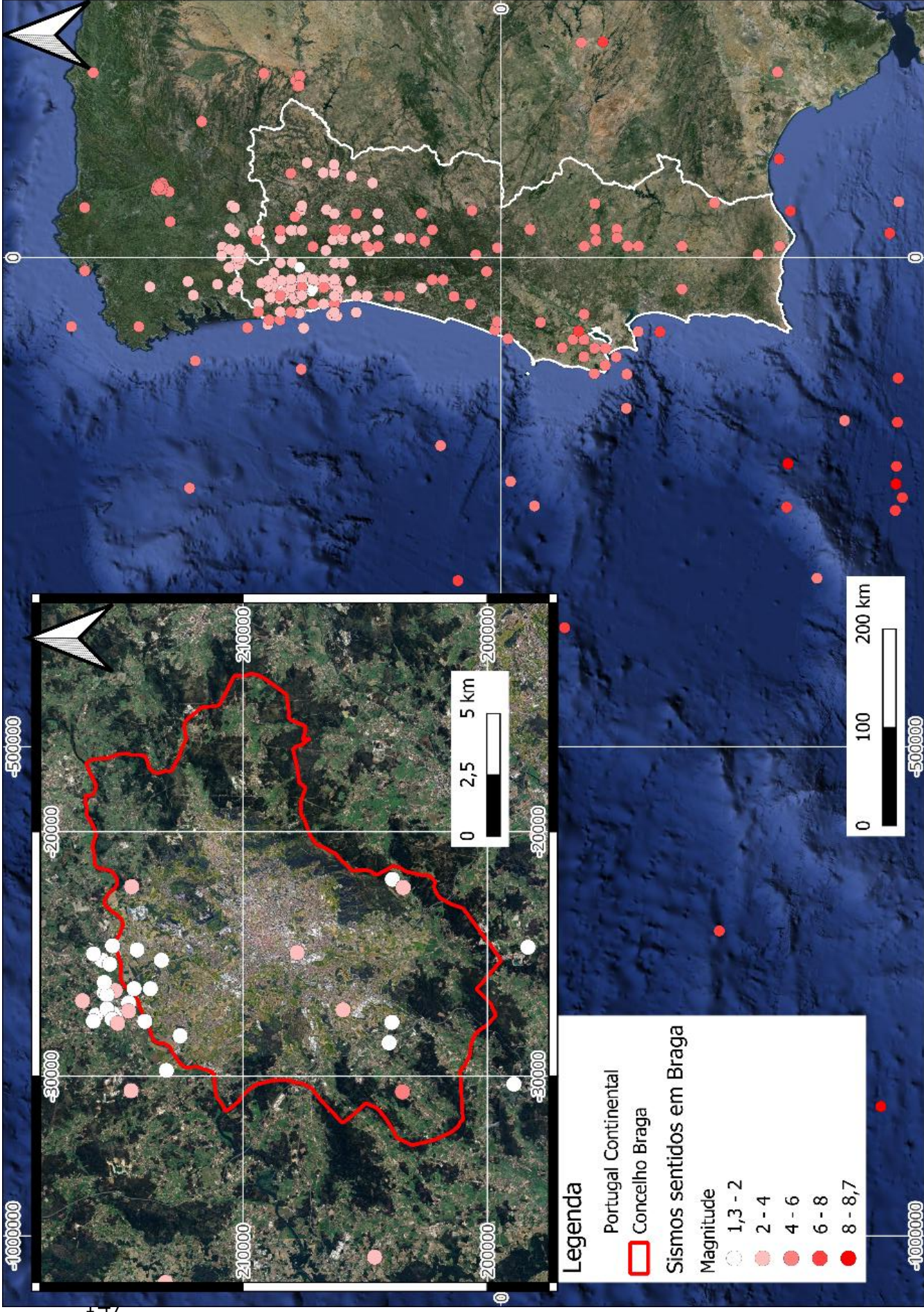


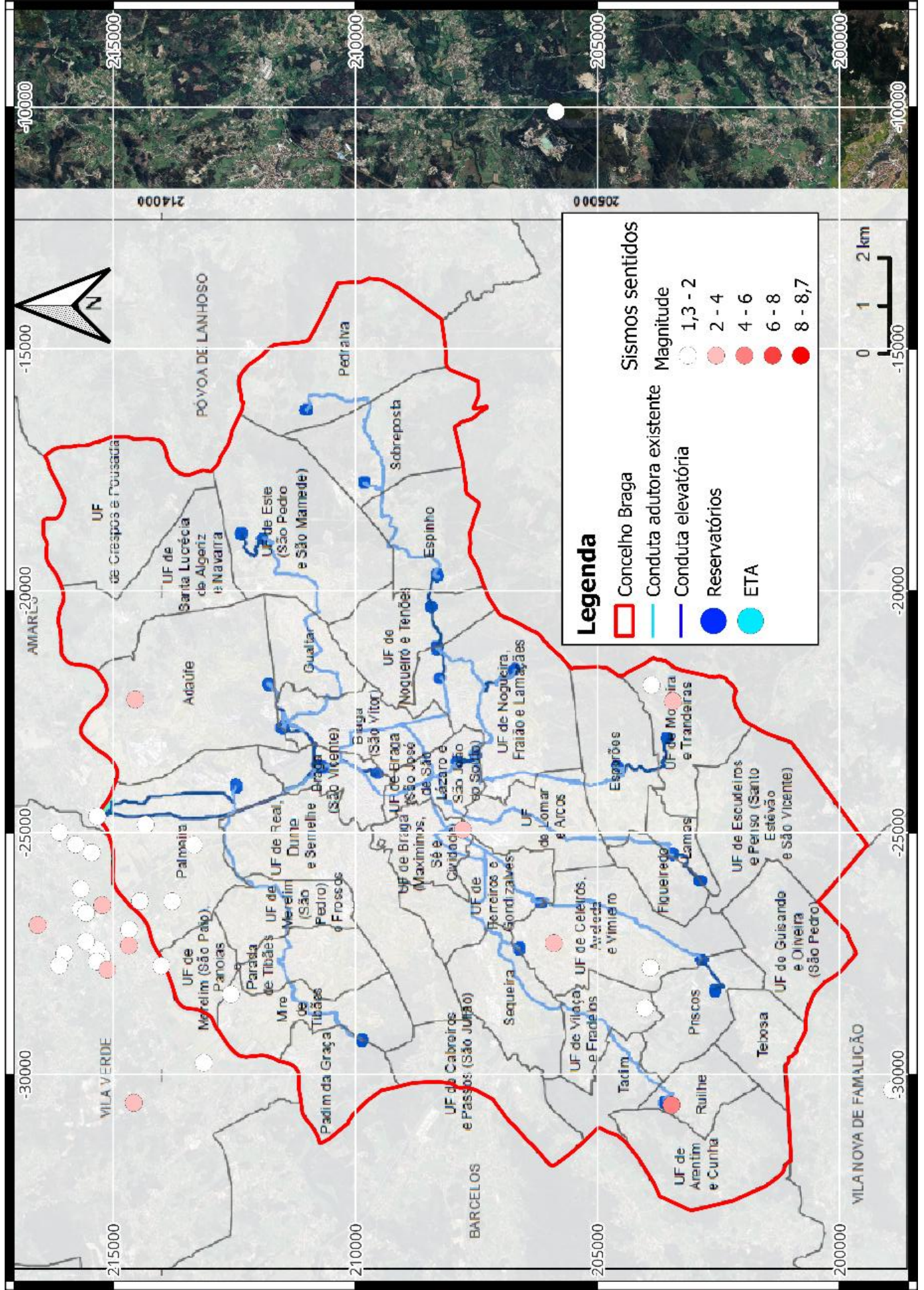


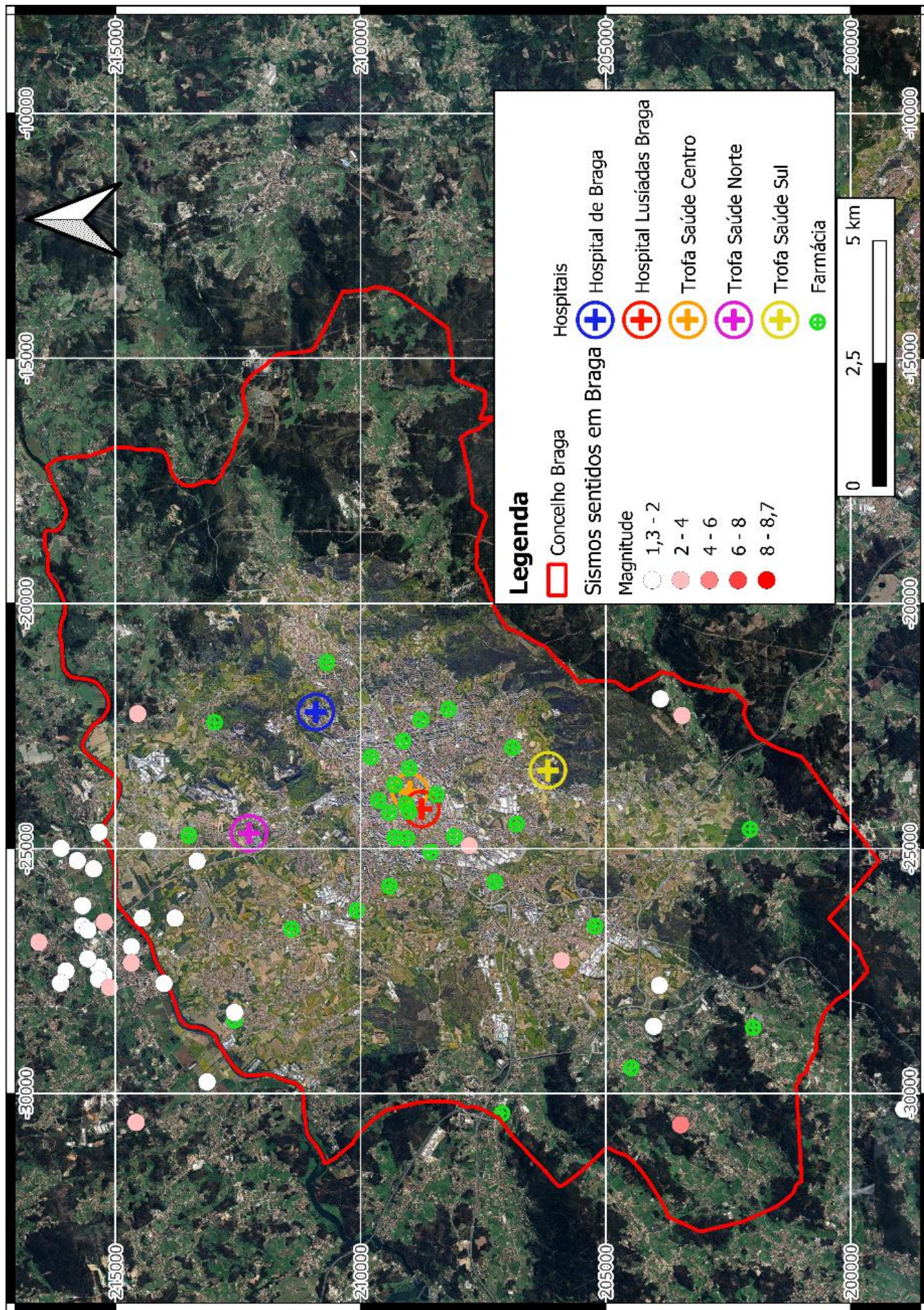
Legenda

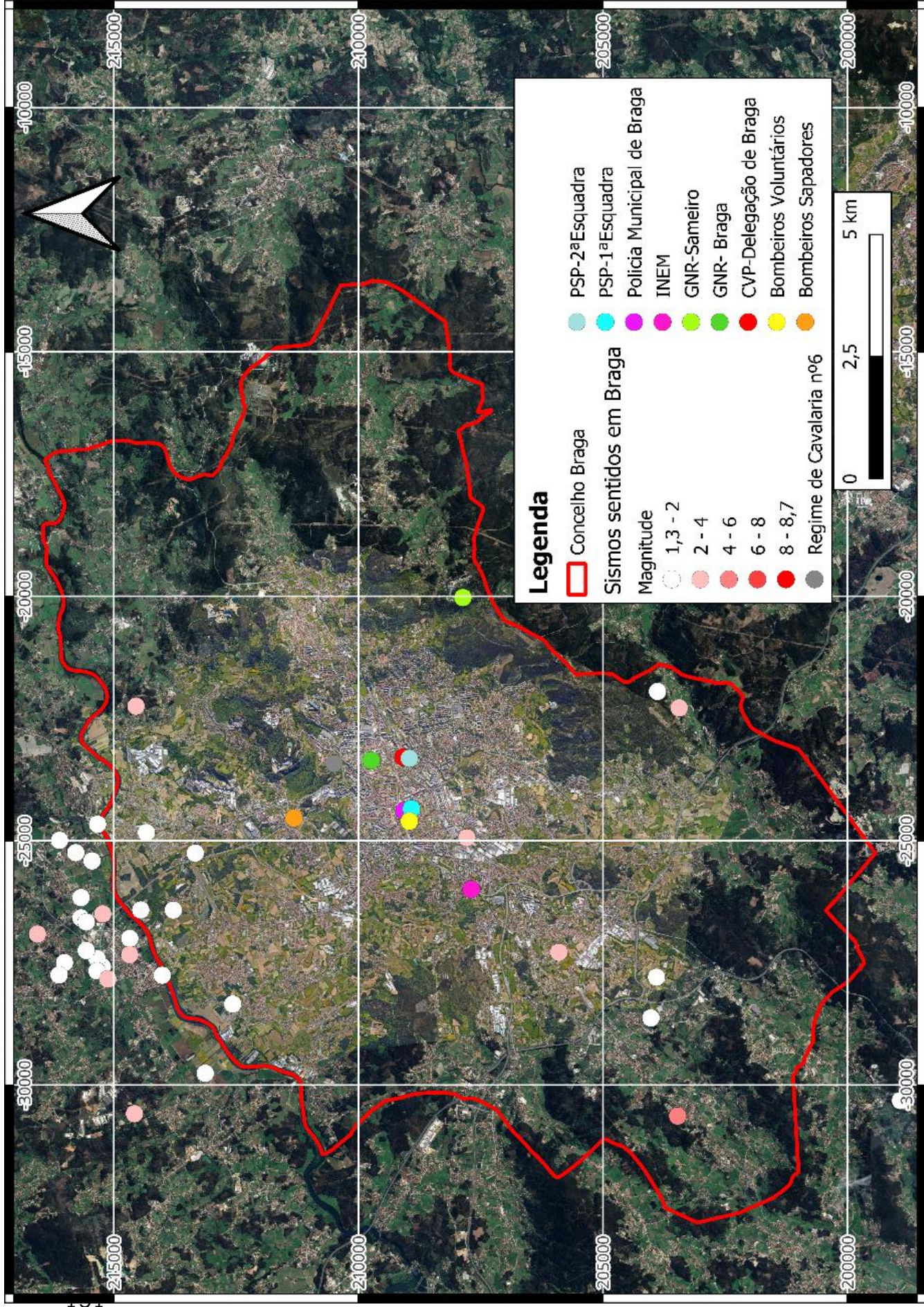
- Concelho Braga
- Rede rodoviária
 - EN - Rede Complementar
 - EN - Rede Municipal
 - Estrada Municipal
 - IC, Circular Regional Externa
 - IC, AE
 - IP, AE
- Sismos sentidos em Braga

Magnitude	Symbol
1,3 - 2	White circle
2 - 4	Light pink circle
4 - 6	Red circle
6 - 8	Dark red circle
8 - 8,7	Red circle









Legenda

- Concelho Braga
- Sismos sentidos em Braga**
- Magnitude**
- 1,3 - 2
- 2 - 4
- 4 - 6
- 6 - 8
- 8 - 8,7
- Regime de Cavalaria nº6
- PSP-2ªEsquadra
- PSP-1ªEsquadra
- Policia Municipal de Braga
- INEM
- GNR-Sameiro
- GNR- Braga
- CVP-Delegação de Braga
- Bombeiros Voluntários
- Bombeiros Sapadores

UNIVERSIDADE DOS AÇORES

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Rua da Mãe de Deus

9500-321 Ponta Delgada

Açores, Portugal

Perigos geológicos, ordenamento do território e planeamento de emergência no concelho de Braga (Portugal): elementos para a mitigação de riscos geológicos

Paulo Freitas

