Universidade do Minho
Instituto de Ciências Sociais

Inês Alves Rodrigues

Capacidade adaptativa da floresta no município de Fafe face às mudanças climáticas e ao risco de incêndio rural

abril de 2026

Capacidade adaptativa da floresta no município de Fafe face às mudanças climáticas e ao risco de incêndio rural
Inês Alves Rodrigues
UMinho | 2026

Universidade do Minho
Instituto de Ciências Sociais

Inês Alves Rodrigues

Capacidade adaptativa da floresta no município de Fafe face às mudanças climáticas e ao risco de incêndio rural

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Geografia
Área de especialização em Riscos e Proteção Civil

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor António José Bento Gonçalves
e do
Professor Doutor Hélder Tiago Silva Lopes

abril de 2026

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

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

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

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



Atribuição-NãoComercial-SemDerivações
CC BY-NC-ND

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

AGRADECIMENTOS

Terminada esta cruzada, a primeira palavra de agradecimento é dirigida, impreterivelmente, aos professores que orientaram este trabalho. Ao Professor Doutor António Bento-Gonçalves, agradeço a disponibilidade constante e as reflexões partilhadas sobre este estudo e sobre o estado do mundo. Ao Professor Doutor Hélder Lopes, agradeço a assertividade e o rigor que gentilmente me emprestou nos momentos em que estes mais me faltaram.

Um agradecimento singelo, por me faltarem as palavras, mas sentido, à minha família e, em especial ao Rafa, por acreditarem em mim, mesmo nos cenários mais incertos, e por serem o meu amparo.

Aos meus amigos, que de perto ou de longe se fizeram sempre presentes nesta caminhada, o meu profundo obrigada.

Expresso o meu reconhecimento a todo o Departamento de Geografia da Universidade do Minho pelo apoio ao longo dos últimos anos e, acima de tudo, por se manterem em movimento.

Por fim, agradeço ao coletivo de mulheres e homens no qual me revejo e diluo sem hesitações; aqueles que não se limitam a interpretar o mundo, mas que lutam para o transformar. Se é verdade que a urgência de viver e de lutar que nos caracteriza dilatou o tempo de conclusão desta dissertação, sinto que é igualmente verdade que só assim a poderia concluir plenamente.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração. Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

DECLARAÇÃO DE USO DE FERRAMENTAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA)

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri a qualquer forma de utilização indevida de ferramentas de Inteligência Artificial (IA), nem à falsificação ou omissão de informações, fontes, dados, resultados ou processos em nenhuma das etapas conducentes à sua elaboração. Declaro ainda que qualquer utilização de ferramentas de IA foi feita de forma transparente e responsável, encontrando-se devidamente assinalada/descrita no trabalho, e que procedi à verificação crítica da exatidão do conteúdo produzido com o seu apoio, assumindo integralmente a responsabilidade pelo que submeto. Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho, bem como as normas aplicáveis de integridade académica e de proteção de dados.

Resumo

Capacidade adaptativa da floresta no município de Fafe face às mudanças climáticas e ao risco de incêndio rural.

As mudanças climáticas e os incêndios rurais são hoje umas das maiores preocupações em Portugal. Registamos atualmente a ocorrência de mega incêndios em todos os continentes habitados do mundo, e as mudanças climática contribuem para esta situação ao intensificar um dos seus principais fatores impulsionadores – as altas temperaturas.

Esta dissertação investiga a relação entre mudanças climáticas, padrões de ocupação do solo e a incidência de incêndios rurais no município de Fafe, com foco na análise da capacidade adaptativa e na projeção de cenários futuros de risco para esse território. Esta dissertação contribui para o debate sobre as políticas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas na UE e, em particular, em Portugal, e destaca a necessidade de uma gestão integrada e adaptativa dos recursos florestais em contextos vulneráveis, como o de Fafe.

A caracterização do território demonstra que as profundas alterações no uso do solo, como o aumento de áreas florestais e o abandono agrícola, contribuem para o incremento do risco de incêndio. As projeções climáticas para as próximas décadas indicam um aumento da temperatura média anual e uma redução na precipitação, condições que favorecem a propagação de grandes incêndios, especialmente durante o verão. Estas tendências são exacerbadas pelo crescimento da interface urbano-rural, onde a proximidade entre áreas residenciais e florestas, cria cenários de elevado risco.

Conclui-se que a implementação de políticas mais eficazes, a integração do conhecimento local e o uso de projeções climáticas robustas são fundamentais para mitigar os impactos das mudanças climáticas e promover a capacidade adaptativa do território uma convivência sustentável com o risco de incêndio rural.

Palavras-chave: capacidade adaptativa; incêndios rurais; mudanças climáticas; ocupação do solo; projeções.

Abstract

Adaptive capacity of the forest in the municipality of Fafe to climate change and rural fire risk

Climate change and rural fires are currently among the primary concerns in Portugal. At present, the occurrence of mega-fires is recorded across all inhabited continents, and climate change contributes to this situation by intensifying one of its main drivers – high temperatures.

This dissertation investigates the relationship between climate change, land-use patterns, and the incidence of rural fires in the municipality of Fafe, focusing on the analysis of adaptive capacity and the projection of future risk scenarios for this territory. This dissertation contributes to the debate on climate change mitigation and adaptation policies in the EU and, in particular, in Portugal, and highlights the need for integrated and adaptive management of forest resources in vulnerable contexts, such as that of Fafe.

The characterisation of the territory demonstrates that profound changes in land use, such as the increase in forest areas and agricultural abandonment, contribute to the increase in fire risk. Climate projections for the coming decades indicate an increase in the average annual temperature and a reduction in precipitation, conditions that favour the propagation of large fires, especially during the summer. These trends are exacerbated by the growth of the urban-rural interface, where the proximity between residential areas and forests creates high-risk scenarios.

It is concluded that the implementation of more effective policies, the integration of local knowledge, and the use of robust climate projections are fundamental to mitigating the impacts of climate change and promoting the territory's adaptive capacity for a sustainable coexistence with rural fire risk.

Keywords: adaptive capacity; climate change; land use; projections; rural fires.

Índice

Resumo v

Abstract vi

Introdução 1

Objetivos de investigação 2

Métodos e dados 3

1. Fundamentação teórica 8

1.1. As mudanças climáticas em Portugal 8

1.2. Mudanças climáticas e incêndios rurais 13

1.3. Capacidade adaptativa: mitigação, adaptação e resiliência 20

1.4. Análise da Coerência e Conteúdo das Políticas 23

2. Caracterização do ambiente físico, recursos naturais e socioeconómicos do município de Fafe 27

2.1. Caracterização física do município 27

2.1.1. Enquadramento geográfico 27

2.1.2. Clima 28

2.1.3. Relevo 31

2.1.4. Rede Hidrográfica 35

2.1.5. Tipo de solo 36

2.2. Caracterização humana do município 37

2.2.1. População residente e Densidade populacional 37

2.2.2. Repartição da população ativa pelos setores de atividade 38

2.3. Ocupação do solo 39

2.3.1. Tipo de floresta 40

3. Os incêndios rurais no município de Fafe 43

3.1. Evolução da Ocupação do solo: a floresta na Carta de Ocupação do Solo 43

3.2. Áreas ardidas: evolução do número anual de ocorrências e distribuição geográfica das áreas ardidas 50

4. As mudanças climáticas e a floresta do município de Fafe 55

4.1. Impactes das mudanças climáticas na floresta no município de Fafe 55

4.2. Projeções e cenários futuros de mudanças climáticas no município de Fafe 66

4.3. Avaliação da capacidade adaptativa do município de Fafe 72

5. Medidas de mitigação e adaptação 81

Conclusões 89

Síntese dos principais resultados 90

Implicações e possíveis áreas para investigações futuras 91

Referências Bibliográficas..... 93
ANEXOS..... 106

SIGLAS, ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS

AFN – Autoridade Florestal Nacional

CEE – Comunidade Económica Europeia

COS – Carta de Ocupação do Solo

DFCI – Defesa da Floresta Contra Incêndios

DGT – Direção-Geral do Território

ENAAC – Estratégia Nacional de Adaptação à Mudanças Climáticas

GTF – Gabinete Técnico Florestal

ICNF – Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas

IGeoE – Centro de Informação Geoespacial do Exército

INE – Instituto Nacional de Estatística

IPCC – *The Intergovernmental Panel on Climate Change* - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera

KNMI – *Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut* - Real Instituto Meteorológico dos Países Baixos

MCG – Modelos Climáticos Globais

NUT – Nomenclatura das Unidades Territoriais

PIAAC – Plano Intermunicipal de Adaptação às Alterações Climáticas

PMAC – Plano Municipal de Ação Climática

PMDFCI – Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios

PNAC – Programa Nacional para as Alterações Climáticas

PNDFCI – Plano Nacional de Defesa da Floresta Contra Incêndios

PNEC – Plano Nacional de Energia e Clima

PNGIFR – Plano Nacional de Gestão Integrada de Fogos Rurais

PTP – Programa de Transformação da Paisagem

RCM – Modelos Climáticos Regionais

RCP – *Representative Concentration Pathways*

SNIG – Sistema Nacional de Informação Geográfica

UE – União Europeia

UNDRR – *United Nations Office for Disaster Risk Reduction* - Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres

ZIF – Zona de Intervenção Florestal

Índice de Figuras

Figura 1. Esquema síntese da metodologia da presente investigação 7
Figura 2. Enquadramento geográfico da área de estudo – o município de Fafe 28
Figura 3. Gráfico termopluviométrico do Ave 29
Figura 4. Precipitação média mensal acumulada (período de 1971-2000, Ave) 30
Figura 5. Temperatura média, mínima e máxima mensal, em °C (período de 1971-2000, Ave) 31
Figura 6. Hipsometria (em m) no município de Fafe 33
Figura 7. Declives (em °) no município de Fafe 34
Figura 8. Exposição das Vertentes 35
Figura 9. Rede Hidrográfica do Município de Fafe 36
Figura 10. Número de indivíduos por subsecção estatística no Município de Fafe 37
Figura 11. Ocupação do Solo (COS2018 – N2) do município de Fafe. 40
Figura 12. Ocupação do Solo (COS1995 - N2), do município de Fafe 48
Figura 13. Ocupação do Solo (COS2007 - N2), do município de Fafe 48
Figura 14. Ocupação do Solo (COS2015 - N2), do município de Fafe 48
Figura 15. Ocupação do Solo (COS2015 - N2), do município de Fafe 48
Figura 16. Ocupação do Solo (COS2018 - N2), do município de Fafe 49
Figura 17. Ocupação do Solo Conjuntural, do município de Fafe, 2024 49
Figura 18. Áreas ardidas no município de Fafe (2000–2008) 52
Figura 19. Áreas ardidas no município de Fafe (2009–2018) 52
Figura 20. Áreas ardidas no município de Fafe (2019–2024) 52
Figura 21. Ocorrência de incêndios no município de Fafe entre 2000 e 2024 54
Figura 22. Evolução da temperatura para o município de Fafe até 2100 – Cenário RCP 4.5. e RCP 8.5. 69
Figura 23. Evolução da precipitação para o município de Fafe até 2100 – Cenário RCP 4.5. e RCP 8.5. 71
Figura 24. Pontuação dos indicadores analisados 76
Figura 25. Pontuação global das dimensões 76

Índice de Quadros

Quadro 1. Tratamento, formato e período temporal dos dados utilizados na presente dissertação de mestrado 5
Quadro 2. Escala de classificação da capacidade adaptativa utilizada na investigação 7
Quadro 3. Quadro síntese das políticas sobre mudanças climáticas na União Europeia e em Portugal 12
Quadro 4. Camadas de análise da coerência das políticas 24
Quadro 5. Coerência das políticas nas medidas de adaptação no setor florestal 25
Quadro 6. Freguesias do município de Fafe e área (em hectares – ha) 27
Quadro 7. Densidade populacional das freguesias do município de Fafe 38
Quadro 8. Repartição da população ativa pelos setores de atividade 39
Quadro 9. Área (em ha e %) da Ocupação do Solo (COS2018 – N1) no município de Fafe 41
Quadro 10. Área (em ha e %) da Ocupação do Solo (COS2018 – N4) no município de Fafe 41
Quadro 11. Área (em ha e %) da ocupação e uso do solo no município de Fafe, segundo a COS1995 - N2; COS2007 – N2; COS2010 – N2; COS2015 – N2; COS2018 – N2 44
Quadro 12. Área ardida (em ha e em %) no Município de Fafe (2000–2024) 51
Quadro 13. Documentos orientadores da política municipal em matéria de mudanças climáticas ... 55
Quadro 14. Incêndios ocorridos durante ondas de calor no município de Fafe 61
Quadro 15. Proposta de dimensões e indicadores para o Índice da Capacidade Adaptativa do Município de Fafe 74
Quadro 16. Medidas de mitigação e adaptação da floresta de Fafe face às mudanças climáticas e ao risco de incêndio rural 84

Introdução

As mudanças climáticas são hoje um dos problemas que está na ordem do dia e uma das principais preocupações de governos e sociedade civil. O prefácio do relatório do *The Intergovernmental Panel on Climate Change* – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, assume a urgência de limitar o aquecimento global para os 1,5°C se quisermos alcançar uma situação mundial justa, equitativa e sustentável (IPCC, 2022).

Os desastres têm impactes crescentes nas comunidades e em todos os sistemas à medida que o risco se multiplica. Os impactes globais tendem a tornar-se locais e vice-versa; propagam-se em cascata em todos os sectores, criando (novos) desafios (UNDRR, 2022).

Os incêndios rurais são, nos últimos anos, uma problemática global, registando-se a ocorrência de mega incêndios em todos os continentes habitados (Bento-Gonçalves, 2021). Na Europa, regista-se um aumento de incêndios rurais que colocam em risco propriedades e vidas humanas, devido à expansão urbana para áreas florestais. (Fernandez-Anez *et al.*, 2021). A expansão das cidades em direção às áreas florestais, nas últimas décadas, e o crescimento das áreas suburbanas, resultou num aumento da ocupação destas franjas urbanas em contacto direto com a floresta[1] e as áreas rurais (Bento-Gonçalves & Vieira, 2020). Estas áreas de interface urbano-rural apresentam um elevado risco de incêndio, constituindo espaços de conflito entro o Ser Humano e a natureza (Bento-Gonçalves & Vieira, 2020), e onde o fogo se propaga por diferentes fontes inflamáveis, não apenas a vegetação, podendo resultar em perdas significativas (Ganteaume *et al.,* 2021).

Portugal é dos países do sul da Europa mais afetados pelos incêndios rurais (dos Santos *et al.*, 2023). As profundas transformações socioeconómicas que ocorreram no país na segunda metade do século XX, alteraram os hábitos e costumes da população rural, e o forte êxodo rural contribuiu para que a relação entre as pequenas aldeias e as florestas fosse desaparecendo, abrindo progressivamente espaço para a ocorrência de grandes incêndios florestais (Ferreira-Leite *et al.*, 2016). Segundo Bento-Gonçalves (2021: 85), "contabilizam-se 257 vítimas mortais entre 1961 e 2018, destacando-se, pela negativa, os anos de 2017, 1966, 2003, 2005, 1986 e 1985 com 116, 25, 21, 16, 16 e 14 mortos, respetivamente", demonstrando a gravidade desta temática.

No entanto, a incidência de incêndios rurais não é uniforme em todo o território nacional, quer em termos do número de ocorrências quer no que concerne à área ardida, sendo que o noroeste de Portugal é a

[1] Floresta, aqui entendida como espaços silvestres, ou seja, o negativo dos espaços sociais e agrícolas.

região que regista maior incidência de incêndios rurais (Nunes *et al.*, 2016). Segundo dos Santos *et al.* (2023), num período de 20 anos (entre 2001 e 2020) ardeu um total de 158.741 ha no noroeste português, sendo que 30.109,3 ha (19%) correspondem à área ardida pelo menos uma vez na NUTS III Ave.

O clima português tem características mediterrâneas e uma feição atlântica e representa também um importante papel na deflagração e propagação de incêndios, uma vez que combina a estação quente com a estação seca. Os elevados valores de precipitação nas estações mais frescas contribuem para o crescimento abundante de vegetação, servindo de combustível aos incêndios no verão (dos Santos *et al.*, 2023).

As mudanças climáticas contribuem para o aumento da área ardida em incêndios florestais ao intensificar um dos seus principais fatores impulsionadores – as altas temperaturas (IPCC, 2022). Durante o período seco, o aumento da temperatura e a redução da precipitação poderão aumentar o *stress* ambiental, criando as condições perfeitas para a proliferação de incêndios, enquanto durante a estação mais chuvosa a produtividade poderá aumentar devido ao aumento da temperatura, servindo de combustível aos incêndios nos meses mais quentes e secos (Di Virgilio *et al.,* 2019; Pereira *et al.*, 2005).

Segundo a lista de freguesias vulneráveis (Portaria nº301/2020, de 24 de dezembro) da Direção Geral do Território, o município de Fafe tem 12 freguesias em que mais de 40% do território se encontra sob perigosidade alta e muito alta de incêndio rural ou estão totalmente circundadas por freguesias que cumprem o citado critério. O Município de Fafe, em 2021, o Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios (PMDFCI), que tem como primeiro eixo estratégico o "aumento da resiliência do território aos incêndios florestais", e assume que neste eixo é fundamental "a aplicação estratégica de sistemas de gestão de combustíveis e o desenvolvimento de processos que permitam aumentar o nível de segurança de pessoas e bens e tornar os espaços florestais mais resilientes à ação dos incêndios" (p.27).

Objetivos de investigação

Esta investigação tem como objetivo principal relacionar a ocorrência e a magnitude dos incêndios rurais no município de Fafe com os impactes das mudanças climáticas, procurando também avaliar a capacidade adaptativa deste território. Para tal, estabelece-se um conjunto de objetivos específicos.

i. Analisar a evolução das políticas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas em Portugal, entendendo a relação destas com as políticas comunitárias levadas a cabo pela União Europeia (UE);

ii. Relacionar as políticas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas em Portugal com os incêndios rurais;

iii. Caracterizar o território do município de Fafe face à ocorrência de incêndios rurais;

iv. Analisar os impactes diretos e indiretos das mudanças climáticas no município de Fafe;

v. Avaliar a capacidade adaptativa do município de Fafe;

vi. Propor medidas de adaptação e mitigação perante o risco de incêndio rural no município.

Num primeiro momento, faz-se a análise da evolução das políticas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas em Portugal, entendendo a relação destas com as políticas comunitárias levadas a cabo na UE, de forma a, posteriormente, relacionar as políticas de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas em vigor em Portugal com os incêndios rurais.

Num segundo momento, a investigação debruça-se sobre o estudo de caso (o município de Fafe), procurando entender a ocorrência de incêndios rurais neste território, analisar os impactes diretos e indiretos das mudanças climáticas no município, avaliar a capacidade adaptativa do território face às mudanças climáticas e, por fim, propor medidas de mitigação e adaptação perante o risco de incêndio.

Métodos e dados

Na elaboração desta investigação destacam-se, como uma das principais formas de recolha de informação, a revisão de literatura, que tem como objetivo o conhecimento e clarificação de alguns conceitos teóricos.

Na fundamentação teórica, primeiramente, realizou-se o levantamento e a revisão da legislação e literatura referente às Mudanças Climáticas. Este estudo incidiu sobre o período compreendido entre o ingresso de Portugal na Comunidade Económica Europeia (CEE), em 1986, e a atualidade, analisando a evolução das políticas nacionais em articulação com as orientações da União Europeia (UE).

Num segundo momento, procedeu-se ao levantamento da evolução histórica das políticas de Defesa da Floresta Contra Incêndios (DFCI) em Portugal. Esta etapa permitiu compreender a trajetória das políticas setoriais e os marcos que definiram a estratégia nacional de DFCI, ao longo das últimas décadas.

Posteriormente, estabeleceu-se a interligação entre estes dois eixos, analisando como as políticas setoriais da floresta foram integradas e enquadradas pelas políticas climáticas. Para sistematizar esta análise, aplicou-se uma análise de conteúdo baseada na *framework* de duas camadas, adaptada de Kolström *et al.* (2011) e Ranabhat *et al.* (2018), decompondo as políticas em:

(i) Camada da Motivação, onde foram identificadas as intenções e objetivos estratégicos;
(ii) Camada das Medidas, onde se procedeu à extração das ações práticas e instrumentos de execução.

O cruzamento destas duas camadas permitiu a construção de uma Matriz de Coerência, utilizada para identificar a existência (ou ausência) de sintonia entre as agendas climáticas e as estratégias de defesa da floresta.

A caracterização da área de estudo fundamentou-se na recolha e tratamento de dados estatísticos e geográficos provenientes de fontes oficiais. Utilizou-se informação do Instituto Nacional de Estatística (INE), do Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF), da Direção-Geral do Território (DGT) e do Município de Fafe, permitindo a análise das dimensões física, biofísica e socioeconómica do território.

O processamento destes dados estruturou-se em dois eixos principais de análise. No que concerne ao tratamento estatístico, os dados quantitativos foram processados com recurso ao Microsoft Excel para a elaboração de quadros síntese e análise de indicadores, nomeadamente a evolução demográfica das 25 freguesias e a quantificação das áreas de ocupação do solo em hectares e percentagem. Relativamente à análise geográfica, recorreu-se a Sistemas de Informação Geográfica (SIG), designadamente ao *Software ArcGIS*, para a manipulação de dados vetoriais e *raster*, permitindo a elaboração de cartografia descritiva e temática.

No âmbito da análise da evolução da ocupação do solo, utilizou-se a Série 1 (antiga) da Carta da Ocupação do Solo (COS), operando sobre o Nível 2 (N2) em todas as edições compreendidas entre 1995 e 2018, pese embora as ligeiras variações nas classes registadas entre as diferentes versões. No que concerne à cartografia das áreas ardidas e ao cálculo da recorrência, o estudo baseou-se nos dados geográficos disponibilizados pelo ICNF para o período entre 2000 e 2024. A delimitação deste intervalo temporal é justificada pela necessidade de cruzamento com as séries da COS, permitindo aferir as dinâmicas territoriais pré e pós-evento, bem como pela crescente expressividade dos grandes incêndios rurais verificada a partir de 2003.

O Quadro 1 apresenta a informação base tratada e a fonte dessa informação.

Quadro 1. Tratamento, formato e período temporal dos dados utilizados na presente dissertação de mestrado

Nome	Fonte	Tratamento	Formato	Período temporal
Densidade populacional das freguesias do município de Fafe	INE	Tabela	Excel	2021
Repartição da população ativa pelos setores de atividade	INE	Tabela	Excel	2022
Precipitação média acumulada	Portal do Clima	Gráfico	Excel	1971-2000
Temperatura média, máxima e mínima	Portal do Clima	Gráfico	Excel	1971-2000
Carta de ocupação do solo - (COS) - Série 1 (antiga)	DGT, SNIG	Cartografia; Tabela	ArcGIS; Excel	1995, 2007, 2010, 2015, 2018
Carta de ocupação do solo conjuntural (COSc)	DGT, SNIG	Cartografia	ArcGIS	2024
Áreas Ardidas	ICNF, SGIF	Cartografia; Tabela	ArcGIS; Excel	2000-2024
Dados DEM para Portugal	CIIMAR	Cartografia	ArcGIS	sd.
Carta Administrativa de Portugal Continental	DGT	Cartografia	ArcGIS	2023
Carta Militar de Portugal - Folhas 71, 72, 85, 86 e 99	IGeoE	Cartografia	ArcGIS	1998
Boletins Meteorológicos	IPMA	Tabela	Excel	2014-2024
Dados Históricos Meteorológicos	Weather UnderGround	Tabela	Excel	2014-2025
Projeções climáticas RCP 4.5	Climate Explorer: KNIMI Climate Change Atlas	gráfico	Excel	1979-2100
Projeções climáticas RCP 8.5	Climate Explorer: KNIMI Climate Change Atlas	gráfico	Excel	1979-2100

A análise dos impactes das mudanças climáticas na floresta do município de Fafe estruturou-se através de um modelo de investigação que articula a análise histórica de eventos extremos com a projeção de cenários futuros e a avaliação da capacidade adaptativa do território.

Inicialmente, identificaram-se os períodos em que ocorreram ondas de calor através da consulta dos boletins meteorológicos do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), disponíveis no arquivo digital do site oficial, abrangendo o período de 2014 a 2024. Seguiu-se um cruzamento desta informação com os dados das áreas ardidas obtidos a partir do Geocatálogo do ICNF. Adicionalmente, analisaram-se as normais climatológicas retiradas do IPMA e utilizou-se o site *Wunderground* para efetuar a caracterização meteorológica detalhada desses períodos. Toda a informação recolhida e cruzada foi tratada e analisada recorrendo às ferramentas do Microsoft Excel.

Para prever cenários futuros das mudanças climáticas, utilizou-se a modelação climática baseada nos cenários de trajetórias representativas de concentração definidos pelo IPCC, designadamente o RCP 4.5 (emissões moderadas) e o RCP 8.5 (emissões elevadas). A extração dos indicadores para o horizonte do final do século XXI foi realizada com recurso ao *Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut* - Real Instituto Meteorológico dos Países Baixos (KNMI) *Climate Explorer*, focando-se em variáveis da temperatura e precipitação.

Finalmente, a metodologia culminou na avaliação da capacidade adaptativa do território, recorrendo à adaptação do Índice de Adaptação Urbana (UAI - *Urban Adaptation Index*), de acordo com Neder *et al.* (2021). Este índice foi ajustado à realidade do setor florestal português, permitindo pontuar a prontidão de Fafe através de seis dimensões analíticas: (1) Planeamento e Gestão Florestal; (2) Organização e Gestão Conjunta da Propriedade; (3) Capacidade Operacional; (4) Resiliência Ecológica e Qualidade do Coberto Florestal; (5) Agricultura Sustentável; e (6) Gestão de Risco Ambiental e Climático.

Para cada dimensão, foram selecionados 20 indicadores específicos que refletem a prontidão institucional e a existência de bases legais. Estes indicadores foram selecionados com base na revisão da literatura sobre políticas florestais e de DFCI, bem como na sua coerência com as diretrizes do Relatório Setorial das Florestas da Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAAC). A seleção adaptou a lógica do Índice de Adaptação Urbana (UAI) ao contexto florestal e à governação local de Fafe, considerando as projeções climáticas e o risco de incêndio, criando assim o Índice da Capacidade Adaptativa do Município de Fafe.

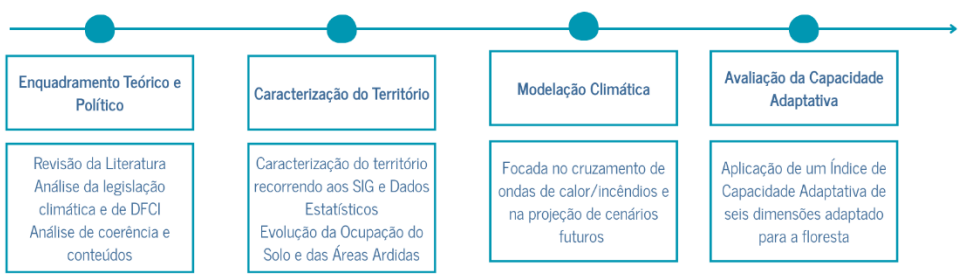
No que concerne ao tratamento dos dados, a pontuação foi atribuída de forma binária, onde o valor 1 representa a presença/vigência de instrumentos formais e o valor 0 a sua ausência ou inoperacionalidade, cujas informações foram validadas através de fontes oficiais como o ICNF e portais municipais. O valor final do índice resultou da média aritmética das pontuações obtidas nas dimensões. De acordo com a escala adaptada, o resultado foi convertido numa classificação quantitativa, permitindo classificar o nível de capacidade adaptativa do território de forma robusta e comparável (Quadro 2).

Quadro 2. Escala de classificação da capacidade adaptativa utilizada na investigação

Capacidade Adaptativa	Escala
Muito Baixa	0-0,2000
Baixa	0,2001-0,4000
Média	0,4001-0,6000
Alta	0,6001-0,8000
Muito Alta	0,8001-1,000

A arquitetura metodológica desta investigação, sistematizada no esquema abaixo, organiza-se num fluxo de quatro fases interdependentes. Inicialmente, a revisão da literatura e a análise documental estabelecem a fundamentação teórica e política, cruzando as agendas climáticas com as estratégias de DFCI através de uma matriz de coerência em duas camadas. Segue-se a fase de diagnóstico territorial, assente no tratamento de dados estatísticos e cartográficos para a caracterização biofísica e socioeconómica do município de Fafe, com enfoque na evolução do uso do solo e no histórico de áreas ardidas. A terceira fase compreende a análise de eventos climáticos extremos e a modelação de cenários futuros, fornecendo a base para a etapa final: a avaliação da capacidade adaptativa. Esta última fase culmina na aplicação do Índice da Capacidade Adaptativa adaptado ao setor florestal, cuja pontuação binária e ponderação por dimensões permitem classificar o nível de prontidão do território face aos riscos identificados. Esta estrutura encontra-se sintetizada na Figura 1.

Figura 1. Esquema síntese da metodologia da presente investigação



1. Fundamentação teórica

1.1. As mudanças climáticas em Portugal

As mudanças climáticas que, particularmente, nos últimos 50 anos têm vindo a ser observadas à escala global, também se manifestam à escala nacional, estando Portugal bastante suscetível pela sua posição geográfica no contexto da dinâmica atmosférica, com episódios extremos de secas, períodos de precipitação intensa, ou ondas de calor ou vagas de frio (Ganho, 2019).

Neste capítulo, pretende-se analisar a evolução das políticas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas em Portugal, entendendo a relação destas com as políticas comunitárias levadas a cabo pela UE.

Em 1987, foi criada em Portugal a primeira Lei de Bases do Ambiente, apesar do clima aparecer ainda de forma bastante subliminar. Esta lei surge na sequência da degradação ambiental e da mudança de consciência em relação a esta temática, impulsionada pela entrada de Portugal na (então) Comunidade Económica Europeia (CEE), em 1986 (Ganho, 2019). A política ambiental da UE foi formalmente fundada no Conselho Europeu de Paris de 1972, no rescaldo da Conferência de Estocolmo (Andersen & Liefferink, 1997), mas foi o Ato Único Europeu de 1987, que introduziu um novo 'Título Ambiental', que proporcionou a primeiro base para uma política ambiental comum com o objetivo de preservar a qualidade do ambiente, protegendo a saúde humana e garantindo o uso racional dos recursos naturais (Kurrer & Lipcaneanu, 2023).

Logo após a publicação do relatório do IPCC de 1990 sobre mudanças climáticas, este tema foi pela primeira vez discutido pelo Conselho Europeu, em preparação para a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas (Prahl & Hofmann, 2014). Em 1991, o programa *Specific Actions for Vigorous Energy Efficienccy* (SAVE) é criado para facilitar a implementação das medidas de eficiência energética nos países da comunidade (Prahl & Hofmann, 2014). O Tratado de Maastricht (1993) tornou o ambiente uma área política oficial e introduziu o processo de codecisão e a votação por maioria qualificada no Conselho, como regra geral (Kurrer & Lipcaneanu, 2023). Nesse mesmo ano, com o programa ALTERNER (*Alternative Energies* — Energias Alternativas) a UE introduziu uma meta indicativa a nível comunitário para promover as energias renováveis, compelindo os Estados-Membros a incluir esta nova meta nas suas políticas nacionais (Prahl & Hofmann, 2014). Com o Tratado de Amesterdão (1999) a proteção do ambiente tornou-se obrigatória para todas as políticas setoriais, de forma a promover o desenvolvimento sustentável (Kurrer & Lipcaneanu, 2023).

Na sequência da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas (1992) e principalmente depois da ratificação do Protocolo de Quioto, a 11 de dezembro de 1997, foi constituída em Portugal a Comissão para as Alterações Climáticas (CAC), responsável pela elaboração da Estratégia Nacional para as Mudanças Climáticas e por acompanhar a nível nacional e internacional a implementação destas políticas (Torres *et al.*, 2021).

No ano de 2000, a Comissão Europeia lançou o Programa Europeu para as Alterações Climáticas (ECCP) que tinha como principal objetivo desenvolver a estratégia europeia para a implementação dos objetivos acordados no Protocolo de Quioto (Rusche, 2010). É nesse sentido que em 2003, com a aprovação orgânica do Instituto do Ambiente, os conceitos de mudanças climáticas e proteção da camada do ozono são inscritos na lei (Ganho, 2019).

O ECCP levou à introdução do Regime de Comércio de Licenças de Emissão da UE (RCLE-UE) com limites nacionais para as emissões dos setores energético e industrial em cada Estado-Membro (Prahl & Hofmann, 2014).

O Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC) é aprovado em 2004 com medidas para múltiplos setores como a produção e eficiência energética, transportes públicos e privados, agricultura e florestas (Torres *et al.*, 2021).

A resolução do Parlamento Europeu sobre as alterações climáticas, de 14 de fevereiro de 2007, insta as três Presidências (Alemanha, Portugal e Eslovénia) a garantirem, em 2007, uma aceleração da dinâmica em matéria de alterações climáticas, aumentando simultaneamente o nível de compromisso político e o número de parceiros internacionais no processo. Nesse mesmo ano é criada a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), com um dos principais objetivos de "executar e acompanhar a implementação de políticas de combate às alterações climáticas, à emissão de poluentes atmosféricos e à avaliação de impactos ambientais e de riscos naturais" (Ganho, 2019: 201), sendo também atualizadas as metas do PNAC, onde se colocou em ênfase o aumento da produção de eletricidade por fontes renováveis e na eficiência energética de novos edifícios (Torres *et al.*, 2021).

O Tratado de Lisboa de 2009 coloca como objetivo específico a adaptação e mitigação perante as mudanças climáticas assim como o desenvolvimento sustentável nas relações com países terceiros. Este tratado também concedeu personalidade jurídica à UE, de forma a concluir acordos internacionais (Kurrer & Lipcaneanu, 2023).

Se até então as políticas portuguesas e comunitárias foram essencialmente marcadas por ações de mitigação, a criação da Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAAC) de 2010, seguindo uma diretiva comunitária, e da Estratégia Europeia de Adaptação às Alterações Climáticas, de 2013, assumiu a inevitabilidade de alguns impactes das mudanças climáticas e abriu espaço à criação de políticas de adaptação (Torres *et al.*, 2021).

Em outubro de 2014, o Conselho Europeu chegou a acordo sobre um novo quadro de metas – *2030 Climate and Energy Policy Framework*, tendo aprovado uma meta para a redução interna das emissões de gases com efeito de estufa de pelo menos 40% até 2030, em comparação com 1990 (Prahl & Hofmann, 2014).

O Quadro Estratégico para a Política Climática, aprovado em 2015, incluiu um novo PNAC 2020-2030, uma nova ENAAC 2020 e a criação da Comissão Interministerial do Ar e das Alterações Climáticas (CIAAC), que, desta vez, incluía membros da comunidade científica e da sociedade civil (Torres *et al.*, 2021).

A UE teve um papel importante num conjunto de acordos adotados em 2015 ao nível da ONU, como a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, fixada pelos Estados-Membro da UE e o Acordo de Paris sobre Mudanças Climáticas (Kurrer & Lipcaneanu, 2023). Em 2016, Portugal ratifica o Acordo de Paris e na Conferência das Partes (COP 22), de Marraquexe, anunciou que cumpriria o objetivo da neutralidade carbónica até 2050 (Fernandes, 2022).

Em 2019, uma resolução do Conselho de Ministros aprova o Programa de Ação para a Adaptação às Alterações Climáticas (P-3AC). Esse programa teve como principal objetivo responder ao segundo objeito da ENAAC 2020, implementando as políticas de adaptação, onde se delinearam 8 linhas de ação destinadas à intervenção direta no território e nas infraestruturas complementadas por uma linha de ação de carácter transversal, as quais visavam dar resposta aos principais impactes e vulnerabilidades identificadas para Portugal (Torres *et al.*, 2021). Em 2019, o Parlamento Europeu declara a Emergência Climática (Parlamento Europeu, 2019) e é também nesse ano que é aprovado o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050. Este último, tendo o objetivo geral de suportar tecnicamente o compromisso assumido por Portugal de atingir a neutralidade carbónica da sua economia até 2050, definiu um conjunto de planos de ação setoriais (Torres *et al.*, 2021). Em dezembro de 2019, a Comissão Europeia lança o Pacto Ecológico Europeu com o intuito de fazer da Europa o primeiro continente do mundo "climaticamente neutro" (Kurrer & Lipcaneanu, 2023).

O Plano Nacional de Energia e Clima (PNEC 2030), aprovado em 2020, estabeleceu as linhas de orientação para uma descarbonização da economia, com base numa transição energética que deverá ser acelerada até 2030 e potenciada pela adoção de estratégias de economia circular e de uma gestão eficiente de recursos, através de planos integrados e setoriais em matéria de energia e de clima (Fernandes, 2022).

Em 2021, a Comissão Europeia adota a nova Estratégia Europeia de Adaptação às Alterações Climáticas (Comissão Europeia, 2021), estratégia que visa reforçar a capacidade de adaptação da UE às mudanças climáticas, em linha com o Acordo de Paris e a Lei Europeia do Clima (2021) que consagra na lei o objetivo estabelecido no Pacto Ecológico Europeu. A lei reconhece, aliás, a adaptação como uma componente essencial da resposta global a longo prazo às mudanças climáticas e exige que os Estados-Membros e a UE reforcem a sua capacidade de adaptação e de resiliência e reduzam a vulnerabilidade às alterações climáticas, introduzindo também como requisito a implementação de estratégias nacionais (Parlamento Europeu & Conselho da União Europeia, 2021).

É com a aprovação da Lei de Bases do Clima que o Estado Português reconhece a Emergência Climática, definindo as bases da política climática e clarificando os seus princípios e os seus objetivos e estabelecendo metas como a aprovação, até 2023, de planos setoriais de mitigação e adaptação às mudanças climáticas e a aprovação do plano municipal/regional de ação climática pelos municípios (Fernandes, 2022).

No plano local, apesar de a Lei de Bases do Clima exigir a criação destes instrumentos a aplicação destas políticas revela-se heterogénea e condicionada por barreiras institucionais, escassez de recursos técnicos e financeiros e uma fragmentação de responsabilidades entre os diferentes níveis de governo (Silva *et al.,* 2025). A par das dificuldades para criar e implementar estes instrumentos com que os municípios se deparam, a eficácia destas políticas enfrenta o desafio crítico da participação cidadã, uma vez que a elevada consciência social não se tem traduzido em mobilização ativa (Lopes *et al.,* 2025). Conforme demonstrado por Lopes et al. (2025), existe um hiato entre a intenção e o comportamento: embora a população demonstre uma elevada perceção dos riscos climáticos, a transição para a ação concreta permanece residual. Este bloqueio na participação é condicionado pela baixa confiança nas instituições governamentais e pela limitada capacidade financeira das famílias para adotar medidas adaptativas autónomas, reforçando a necessidade de estratégias que aproximem os cidadãos da governação local (Lopes *et al.,* 2025).

O Quadro 3 sintetiza as políticas sobre mudanças climáticas na UE e em Portugal, desde 1986, ano em que Portugal entra para a CEE, até à atualidade.

Quadro 3. Quadro síntese das políticas sobre mudanças climáticas na União Europeia e em Portugal

	União Europeia		**Portugal**
1987	Ato Único Europeu	1987	Lei de Bases do Ambiente
1991	Programa SAVE - Specific Actions for Vigorous Energy Efficiency		
1993	Tratado de Maastricht / Tratado da União Europeia Programa ALTENER		
1999	Tratado de Amesterdão	1998	Comissão para as Alterações Climáticas
2000	Programa Europeu para as Alterações Climáticas (ECCP)	2003	Criação do Instituto do Ambiente
2003	Regime de Comércio de Licenças de Emissão da UE (RCLE-UE)	2004	Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC)
2007	Resolução do Parlamento Europeu sobre as alterações climáticas, de 14 de fevereiro de 2007	2007	Novas metas PNAC Criação da APA
2009	Tratado de Lisboa		
2013	Estratégia Europeia de Adaptação às Alterações Climáticas	2010	Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAAC)
2014	2030 Climate and Energy Policy Framework	2015	Quadro Estratégico das Políticas Climáticas: PNAC (2020-2030); ENAAC 2020; Comissão Interdisciplinar do Ar e das Alterações Climáticas (CIAAC)
2015	Acordo de Paris	2016	Portugal ratifica Acordo de Paris e assume compromisso da neutralidade carbónica em 2050 na COP 22

	União Europeia		Portugal
2019	Parlamento Europeu Declara Emergência Climática Pacto Ecológico Europeu - European Green Deal	2019 2019 2020	Programa de Ação para a Adaptação às Alterações Climáticas (P - 3AC) Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 Plano Nacional Energia e Clima (PNEC 2030)
2021	Estratégia Europeia de Adaptação às Alterações Climáticas Lei Europeia do Clima	2021	Lei de Bases do Clima

1.2. Mudanças climáticas e incêndios rurais

Desde o início da Monarquia Constitucional (1820) até à década de 1960, a administração central do Estado focava-se no ordenamento e ampliação do espaço florestal a seu cargo, e neste momento os serviços de defesa da floresta contra incêndios pareciam mostrar-se suficientes para controlar o fogo (Pinho & Mateus, 2018).

A aprovação do novo Regime Florestal de 1901 procurou modernizar as medidas de proteção das matas a cargo do Estado, mas também as que estavam a cargo de outras entidades privadas, condicionando o uso do fogo nas matas e criando um serviço de fiscalização e prevenção policial (Pinho & Mateus, 2018).

Foram este Regime Florestal e o Regime Jurídico de Proteção da Riqueza Florestal do País, de 1927, que asseguraram o essencial das políticas de DFCI até 1970 (Pinho & Mateus, 2018).

A arborização dos baldios, maioritariamente localizados em áreas montanhosas, foi incrementada pelo Plano de Povoamento Florestal, de 1938, que previa a arborização de 420 mil hectares, a melhoria de pastagens, a construção de áreas protegidas como reservas naturais e parques nacionais, bem como a criação de infraestruturas necessárias à DFCI, como casas de guardas e postos de vigia (Bento-Gonçalves, 2021).

Durante a década de 1950, com o êxodo rural decorrente do declínio das atividades agrícolas e pastoris, e com o aumento da área florestal resultante do abandono das áreas agrícolas bem como dos esforços de florestação anteriores, registou-se uma mudança de paradigma dos incêndios florestais em Portugal,

com incêndios cada vez mais difíceis de controlar (Pinho & Mateus, 2018). Assim, na sequência dos grandes incêndios da década de 1960, e coincidindo com as comemorações no Ano Europeu da Conservação da Natureza, ocorre em 1970 uma grande mudança na legislação aplicável aos incêndios florestais (Oliveira *et al.*, 2018).

Também no final da década de 1960, para proteger as propriedades florestais privadas com maior risco de incêndio, os Serviços Florestais desenvolveram infraestruturas de DFCI no âmbito do II Plano de Fomento (1969-1973) (Pinho & Mateus, 2018). O Plano Diretor do Parque Nacional da Peneda-Gerês elaborado logo após a criação do Parque em 1970, coloca a primeira referência ao fogo controlado com o objetivo de gestão de pastagens, devendo este programa de fogo controlado ser também incluído no IV Plano de Fomento (1973), que não se veio a concretizar devido ao processo revolucionário que no ano seguinte se iniciava (Pinho & Mateus, 2018).

Em 1975 foi criado o Serviço Nacional de Parques e Reservas, que viria a ser o atual ICNF, que está hoje investido nas funções de autoridade florestal nacional e de autoridade nacional para a conservação da natureza e da biodiversidade (Bento-Gonçalves, 2021).

Foi também no seguimento da revolução de 25 de Abril de 1974 que surgiram projetos que propunham a criação de zonas de planeamento florestal, na ótica da socialização da natureza e da cooperação entre o Estado e as populações, tendo sido aprovada em 1977 a criação de Zonas de Ordenamento Florestal obrigatórias, medida que gerou alguma contestação e, por isso, foi suspensa no ano seguinte, tendo, ainda assim, aberto caminho para a ideia de criação de Zonas de Ordenamento Florestal prioritário (Pinho & Mateus, 2018).

Desta maneira, as décadas de 1960 e 1970 ficaram marcadas por um aumento do património florestal sob a alçada do Estado, e com o aumento do risco de incêndio florestal, principalmente em propriedade privada, resultando num aprofundamento das políticas de DFCI e um reforço dos Serviços Florestais em meios e funções (Oliveira, 2017; Pinho & Mateus, 2018).

Entre a década de 1980 e a atualidade, verificou-se uma evolução francamente positiva da política florestal a nível do planeamento e da regulamentação da DFCI, contrastando com a carência de meios colocados à disposição da administração pública florestal, bem como uma grande instabilidade organizativa (Pinho e Mateus, 2018).

Foi com a publicação da Lei n.º 10/81, de 10 de julho, que ratificou o Decreto-Lei n.º 327/80, de 26 de agosto, que se consolidou a regulamentação da DFCI, criando as condições legais para a concretização

de medidas nacionais que visavam a defesa do património florestal contra os incêndios florestais, medidas concretizadas com a publicação do Decreto Regulamentar n.º 55/81, de 18 de dezembro (Bento-Gonçalves, 2021). Esta publicação em 1981 veio clarificar as competências atribuídas às diferentes entidades, passando os Serviços Florestais a serem responsáveis apenas pelas etapas da prevenção e da deteção, os municípios pela responsabilidade da Proteção Civil e pela dinamização das Comissões Municipais Especializadas em Fogos Florestais (CEFF) municipais, e os corpos de bombeiros assumiram o combate e o rescaldo (Bento-Gonçalves, 2021). Esta transferência de competências previa também a transferência gradual de equipamentos, encargos e infraestruturas de combate dos Serviços Florestais para os bombeiros, o que não chegou a concretizar-se por completo, colocando dificuldades ao exercício de funções e gerando tensões entre comandantes de bombeiros, guardas e técnicos florestais (Bento-Gonçalves, 2021). Neste mesmo período, importa ainda destacar a plantação de eucaliptos em grande escala e a um ritmo acelerado, motivado por vários fundos e programas, seguindo-se de outros programas da CEE, onde se destaca o Programa de Ação Florestal (Bento-Gonçalves, 2021).

Em 1996, foi aprovada a Lei de Bases de Política Florestal, sem fazer nenhuma referência à já existente Lei de Bases da Proteção Civil, e prevendo a criação de uma estrutura nacional, regional e sub-regional de planeamento e coordenação das ações de prevenção, deteção e combate a incêndios florestais que nunca saiu do papel (Bento-Gonçalves, 2021). Apesar disto, a floresta só aparece na Constituição da República Portuguesa a partir da revisão constitucional de 1997, no n.º 2 do artigo 93, incumbindo o Estado a promover uma política de desenvolvimento florestal (Oliveira *et al.*, 2018). Após os grandes incêndios de 2003 e 2005, foi implementada uma reforma abrangente da política e da legislação da DFCI (Pinho & Mateus, 2018), tendo-se focado essencialmente no aumento da resiliência do território, na redução da incidência dos incêndios rurais, na melhoria da eficácia no combate e gestão dos incêndios, na restauração de ecossistemas e na adaptação a uma estrutura orgânica funcional (Mateus & Fernandes, 2014; Pandey *et al.*, 2023). É neste âmbito que são criadas a Agência para a Prevenção de Incêndios Florestais (APIF), o Conselho Nacional de Reflorestação (CNF) e as respetivas Comissões Regionais, procurando dar respostas às insuficiências na gestão dos recursos florestais nacionais (Bento-Gonçalves, 2021). A implementação das medidas desta reforma ficou, contudo, bastante aquém do idealizado (Bento-Gonçalves, 2021).

A Resolução do Conselho de Ministros n.º 65/2006, de 26 de maio, criou o Plano Nacional de Defesa da Floresta Contra Incêndios (PNDFCI) e definiu como objetivos gerais do mesmo garantir a prevenção, pré-supressão, supressão e recuperação num enquadramento sistémico e transversal da defesa da

floresta contra incêndios (Presidência do Conselho de Ministros, 2006). O PNDFCI passa a assentar, assim, em 3 pilares fundamentais – a prevenção estrutural, a vigilância e o combate aos incêndios florestais, e foram identificados 5 eixos estratégicos de atuação – o aumento da resiliência do território aos incêndios florestais, a redução da incidência dos incêndios, a melhoria da eficácia do ataque e da gestão dos incêndios, a recuperação e reabilitação dos ecossistemas e a adaptação de uma estrutura orgânica funcional (Lourenço, 2018). No mesmo ano aprovou-se o Sistema Nacional de Prevenção e Proteção da Floresta contra Incêndios, no Decreto-Lei n.º 124/2006, de 28 de junho, onde se previu a elaboração dos Planos de Defesa da Floresta (PDF) (Oliveira *et al.*, 2018). Também em 2006 aprova-se a Estratégia Nacional para as Florestas (ENF), constituindo um elemento fundamental no traçar de orientações para a elaboração de planos de ação públicos e privados para o desenvolvimento e planeamento florestal, tendo sido alterada apenas em 2015 (Presidência do Conselho de Ministros, 2015).

As Zonas de Intervenção Florestal (ZIF) foram criadas pelo Decreto-Lei n.º 127/2005, de 5 de agosto, e corresponde à "área territorial contínua e delimitada, constituída maioritariamente por espaços florestais, submetida a um plano de gestão florestal, e que cumpre o estabelecido nos PMDFCIs, e administrada por uma única entidade" (Oliveira *et al.*, 2018: 178). Graças às expectativas criadas por esta iniciativa, depois de anos desastrosos a nível de incêndios rurais, e também aos apoios instituídos, logo após a entrada em vigor do regime das ZIF, as organizações de produtores florestais, os órgãos de poder local e algumas empresas privadas iniciaram processos de constituição de ZIF, confirmando o sucesso na adesão destes aos núcleos fundadores de ZIF (Pinho & Mateus, 2018; Valente *et al.*, 2013).

O Decreto-Lei n.º 16/2009, de 14 de janeiro, aprova o Regime Jurídico dos Planos de Ordenamento e Gestão Florestal, revogando os Decretos-Leis n.ºs 204/99 e 205/99, e estabelecendo um conjunto de instrumentos de política sectorial e de gestão territorial enquadradores dos princípios da Lei de Bases da Política Florestal (Bento-Gonçalves, 2007; Oliveira *et al.*, 2018). Neste Decreto-Lei estabeleceu-se três níveis de planeamento – um nível regional ou supramunicipal, onde os Planos Regionais de Ordenamento Florestal (PROF) precisam de ser elaborados de forma mais articulada com outros instrumentos; um nível local onde se procura simplificar os Programas de Gestão Florestal (PGF), consagrando nestes também os Planos de Utilização de Baldios (PUB), e um nível operacional que dê resposta a problemas específicos da gestão florestal (Bento-Gonçalves, 2021; Oliveira *et al.*, 2018). Ainda em 2009, atribuiu-se aos municípios a competência para a constituição dos Gabinetes Técnico-Florestais (GTF) para prestar apoio técnico à aplicação das medidas de DFCI (Oliveira *et al.*, 2018), assim como a Autoridade Florestal

Nacional (AFN), com os objetivos de promover o desenvolvimento sustentável dos recursos florestais e de outros diretamente associados à floresta e às atividades silvícolas, responsabilizando os diferentes agentes (Rego & Skulska, 2019). Uma das competências da AFN era a criação de um Código Florestal, como se fosse um Código da Estrada dedicado à floresta, de forma a racionalizar todo o quadro legislativo aplicável ao setor florestal, mas pela complexidade da discussão, a entrada em vigor foi sendo adiada e o Decreto-Lei acabou por ser revogado (Rego & Skulska, 2019). Esta ideia foi de certa forma levada adiante na chamada Reforma da Floresta de 2017, onde se incluiu alterações à Lei dos Baldios de forma a limitar a participação do Estado na cogestão nas áreas de Regime Florestal Parcial (Miranda *et al.*, 2018; Rego & Skulska, 2019; Skulska *et al.*, 2021).

Foi com os Mega incêndios de 2017, com graves consequências, que se mudou o paradigma de uma política de combate a incêndios, abrindo espaço para que se refletisse mais sobre a prevenção dos mesmos (Pandey et al., 2023). É neste contexto que se criou o Observatório Técnico Independente (OTI), mais tarde a Comissão Técnica Independente (CTI), e a Agência para a Gestão Integrada dos Fogos Rurais (AGIF), sendo destacados como dois dos aspetos mais positivos da reforma florestal de 2017 (Bento-Gonçalves, 2021). Neste seguimento é aprovado, pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 45-A/2020, o Plano Nacional de Gestão Integrada de Fogos Rurais (PGIFR) que estabelece um Sistema de Gestão Integrada de Fogos Rurais (SGIFR) que se organizará territorialmente nas unidades territoriais NUTS II e NUTS III, exigindo assim o desenvolvimento de mecanismos de articulação institucionais alinhados com esta organização territorial, ancorando a transição num programa de gestão da mudança baseado em pilotos territoriais, envolvendo conjuntamente o ICNF a Guarda Nacional Republicana (GNR), a Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (ANEPC), as Forças Armadas, as Autarquias Locais, os Bombeiros e as Organizações de Produtores Florestais (Presidência do Conselho de Ministros, 2020a).

Também a nível europeu, após os acontecimentos de 2017 em Portugal e de 2018 na Grécia, foi elaborada uma proposta de reformulação do Mecanismo Europeu de Proteção Civil, aprovada em 13 de março de 2019, que alterou os procedimentos de execução do Mecanismo com vista a potenciar a solidariedade e a partilha de conhecimento, bem como encontrar instrumentos de resposta a catástrofes mais céleres e eficazes [Decisão (UE) 2019/420] (Candeias, 2020).

Em 2020 foi também criado o Programa de Transformação da Paisagem (PTP) com os objetivos de potenciar as aptidões biofísicas do território, remunerar os serviços dos ecossistemas, valorizando o capital natural, aumentar a resiliência em cenário de alterações climáticas, aumentar as interfaces de

ocupação do solo e incrementar o valor social e económico dos territórios florestais (Resolução do Conselho de Ministros n.º 49/2020, de 24 de junho). Através da lista de freguesias vulneráveis a incêndios rurais da Direção-Geral do Território, estabelecem-se os territórios que urge proteger deste risco iminente através da criação de Programas de Reordenamento e Gestão da Paisagem (PRGP) e Áreas Integradas de Gestão da Paisagem (AIGP) (Presidência do Conselho de Ministros, 2020b).

Importa destacar a relação desta evolução da transformação da paisagem, com políticas de adaptação e mitigação às mudanças climáticas. A ENAAC, aprovada em 2010, definiu quatro grandes objetivos, como a criação de mecanismos que permitam disponibilizar à sociedade e aos decisores políticos o conhecimento que vai sendo produzido; reduzir a vulnerabilidade e aumentar a capacidade de resposta; participar, sensibilizar e divulgar; e a cooperação internacional (Presidência do Conselho de Ministros, 2010). Assim, em 2013, o ICNF publicou o relatório de Adaptação das Florestas às Alterações Climáticas, trabalho no âmbito da ENAAC que identifica os impactes potenciais das mudanças climáticas nas florestas e no risco de incêndio, sendo expectável o aumento do risco meteorológico de incêndio (Dias *et al.*, 2013). Acredita-se que os regimes de fogo responderão imediatamente às mudanças climáticas, podendo vir inclusivamente a superar os efeitos diretos do aquecimento global (Bento-Gonçalves *et al.*, 2011). Neste contexto, destaca-se seu aumento do risco meteorológico de incêndio substancialmente nos meses de primavera e outono com o consequente alargamento da época de maior risco de incêndio (MAMAOT, 2013; Colaço, 2017). Este relatório assumiu 3 objetivos estratégicos, com medidas de adaptação concretas, sendo eles aumentar a resiliência, reduzir riscos e manter a capacidade de produção de bens e serviços; melhorar e transferir o conhecimento; monitoriza e avaliar (Dias *et al.*, 2013).

O objetivo específico 1.2 "diminuir a vulnerabilidade e a exposição aos riscos bióticos e abióticos" estabelece medidas no âmbito da DFCI, como a necessidade de incorporar na revisão do PNDFCI respostas adequadas aos impactes das alterações climáticas (Dias *et al.*, 2013). Estabelece também medidas de prevenção de incêndios florestais, como a promoção da utilização de técnicas eficientes na gestão de combustíveis, de fogo controlado, a implementação e manutenção de faixas de gestão de combustível e de mosaicos de parcelas de gestão de combustível, a recuperação de áreas afetadas promovendo áreas florestais mais resilientes, a diversificação da composição dos povoamentos florestais ou a implementação de ações de sensibilização direcionadas tendo em vista a redução do número de ignições, para além do que estava previsto no PNDFCI e de um apoio financeiro das ações de prevenção

ajustado às características do investimento florestal e da sua rentabilidade (Dias *et al.*, 2013; MAMAOT, 2013).

A ENAAC 2020 foi uma das componentes do Quadro Estratégico para a Política Climática e estrutura a resposta nacional em medidas de adaptação às mudanças climáticas no horizonte de 2020, depois estendido para 2025 (Resolução do Conselho de Ministros n°56/2015). A ENAAC 2020 contou com grupos de trabalho setoriais, onde se enquadra a floresta (GT FLORT), com coordenação do ICNF, estabelecendo que as medidas de adaptação das florestas às mudanças climáticas devem ter como objetivo a redução dos riscos e o aumento da resiliência dos sistemas florestais, garantindo a capacidade em proporcionar, de forma sustentável, um conjunto de bens e serviços (Presidência do Conselho de Ministros, 2015).

A prevenção de incêndios rurais foi a primeira linha de ação do P3-AC, programa que procurou complementar e sistematizar o trabalho da ENAAC 2020, onde se estabeleceu medidas para reduzir a biomassa combustível, reduzir a velocidade de propagação de incêndios, aumentar a resiliência da floresta e garantir a segurança de pessoas e bens, tendo sido alocados 129M€ de investimento público – a maior fatia da despesa pública disponível para afetação a ações de adaptação, para o horizonte de 2020, incluindo financiamento comunitário e componente nacional (Presidência do Conselho de Ministros, 2019b).

O Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 mostra-nos que para atingir os objetivos de redução das emissões e aumento de sequestro de carbono nas florestas será necessário reduzir as áreas ardidas de 164 mil ha de média entre 1998 e 2017 para 70 mil ha/ano em 2050 – uma redução de 60%, bem como garantir alterações na composição da floresta portuguesa, de forma a que em 2050 o sobreiro represente 25% da floresta, o eucalipto 16%, o pinheiro bravo 22% e as restantes espécies 37% face a 2015 (Ministério do Ambiente e da Transição Energética, 2019b).

O PNEC 2030 tem também uma linha de atuação que visa reduzir o número de incêndios, a área ardida e as emissões provocadas pelos incêndios, que para alem de medidas já anteriormente anunciadas noutros programas como a implementação de faixas de gestão de combustível, primárias e secundárias, e de mosaicos de gestão de combustível, introduz elementos como o apoio ao número, funcionamento e integração das equipas de Sapadores Florestais, a elaboração e implementação de um Plano Nacional de Gestão Integrada do Fogo e um Plano de Ação Nacional de Redução do Número de Ocorrências (Ministério do Ambiente e da Transição Energética, 2019a).

A Lei de Bases do Clima, de 2021, identifica "instrumentos de política setorial do clima", onde se incluiu a floresta, destacando o artigo n.º 57 com epígrafe nas florestas e espaços verdes que assume que "o Estado promove uma floresta sustentável e resiliente, tendo em vista o aumento da capacidade de sequestro de carbono da floresta e a redução do risco de incêndio rural", através de medidas como a reflorestação, especialmente em áreas ardidas, o ordenamento do território florestal, com a atualização do cadastro rural, e o aumento do conhecimento dos povoamentos florestais e das suas cadeias de valor (Assembleia da República, 2021).

O artigo 4º desta lei enumera os princípios da política do clima, onde se insere "(...) d) Promoção de culturas florestais mais sustentáveis e resilientes, designadamente as autóctones, as quercíneas e as folhosas; e) Prevenção e combate aos incêndios rurais; f) Valorização dos serviços de ecossistemas; g) Ações de reconversão da floresta e transformação da paisagem; h) Manutenção e incorporação da biomassa florestal residual nos solos, preservando o papel da matéria orgânica residual na manutenção da integridade ecológica e na provisão de serviços de ecossistema como a fixação de carbono, a formação de habitat ou a prevenção da erosão hídrica" (Assembleia da República, 2021).

Esta lei cria também um conjunto de instrumentos da política climática com naturezas diversas e com funções e âmbitos específicos, como os instrumentos de planeamento de âmbito nacional onde se integram os instrumentos de mitigação e os instrumentos de adaptação (Oliveira, 2023).

1.3. Capacidade adaptativa: mitigação, adaptação e resiliência

Neste contexto, importa destacar três conceitos fundamentais: mitigação, adaptação e resiliência. Embora frequentemente utilizados em conjunto, estes termos têm significados distintos e, em alguns casos, até divergentes, consoante o campo de investigação. A seguir, são apresentadas as definições de cada um destes conceitos, conforme estabelecidas por organizações internacionais e especialistas na área das mudanças climáticas.

A mitigação e adaptação são conceitos com definições distintas em diferentes campos de investigação (Kashwan, 2021; Yang *et al.*, 2021; Canadas *et al.*, 2023). Segundo o *United Nations Office for Disaster Risk Reduction* (UNDRR) a mitigação pode ser compreendida como "a diminuição ou limitação dos efeitos adversos ou impactos negativos dos desastres", enquanto a adaptação consiste no "ajuste natural dos sistemas humanos em resposta a estímulos reais ou esperados ou aos seus efeitos, que modera danos ou explora oportunidades e benefícios" (UNDRR, 2009:19).

O IPCC define mitigação como "uma intervenção humana para reduzir as emissões ou aumentar os sumidouros de gases com efeito de estufa" e adaptação como "o processo de ajustamento pelos sistemas humanos ao clima real ou esperado e aos seus efeitos, para moderar danos ou explorar oportunidades benéficas" (IPCC, 2022: 2 e 36).

Já a resiliência, nos sistemas ecológicos, pode ser entendida como os processos de persistência, recuperação e reorganização, cada um com um conjunto distinto de mecanismos subjacentes, e assume também um papel fundamental na articulação das ações de mitigação e adaptação, funcionando como uma orientação que procura criar oportunidades para os territórios e assegurar a qualidade de vida dos residentes (Falk *et al.*, 2022; Lopes *et al.*, 2022). No contexto das mudanças climáticas, resiliência assume o sentido da "capacidade dos sistemas sociais, económicos e ambientais para lidar com uma tendência de eventos perigosos ou perturbações, respondendo ou reorganizando-se de maneira a manter as suas funções essenciais, identidade e estrutura, mantendo também a sua capacidade de adaptação, aprendizagem e transformação" (IPCC, 2022: 44).

No que concerne à gestão da floresta, as medidas de mitigação, adaptação e resiliência às mudanças climáticas são importantes porque preservam a integridade dos ecossistemas contra perturbações extremas (Falk *et al.*, 2022). A mitigação é assegurada ao manter florestas saudáveis que funcionem como sumidouros de carbono estáveis, sendo a redução de emissões antropogénicas e a gestão florestal proativa fundamentais para evitar que o aumento da severidade dos incêndios reduza a capacidade de absorção de CO2 e comprometa as metas climáticas globais (Jones *et al.*, 2024). Já a gestão florestal com base na adaptação, incluindo a reflorestação estratégica e o uso de fogo controlado, permite que as populações se ajustem aos impactes climáticos reais ou esperados, moderando os danos (Falk *et al.*, 2022). Através da seleção de espécies ou ecótipos mais bem-adaptados ao *stress* térmico e hídrico, a gestão adaptativa minimiza a mortalidade generalizada e prepara o território para enfrentar a maior velocidade das mudanças climáticas, garantindo a continuidade das funções ecológicas essenciais (Davis *et al.*, 2005; Falk *et al.*, 2022).

A capacidade adaptativa das florestas perante as mudanças climáticas é descrita através de um quadro de resiliência ecológica, que se decompõe em três componentes principais operando em diferentes níveis de organização biológica: persistência, recuperação e reorganização (Millar *et al.*, 2007; Falk, 2017; Falk *et al.*, 2022).

A persistência é a capacidade de indivíduos sobreviverem a distúrbios, como secas severas ou incêndios, e continuarem a crescer e a reproduzir-se (Higgs *et al.*, 2014; Johnstone *et al.*, 2016; Falk *et al.*, 2022;).

A persistência é reforçada por tratamentos de combustível e redução da densidade de povoamentos, permitindo aos indivíduos sobreviver ao fogo e manter o ecossistema dentro da sua variação histórica (Lynch *et al.*, 2021; Falk *et al.*, 2022).

Quando esta é superada, a recuperação populacional depende da capacidade de recrutamento e dispersão eficaz de sementes (Bond & Van Wilgen, 2012; Falk *et al.*, 2022). Sem uma gestão que fortaleça estes mecanismos, os sistemas podem sofrer uma reorganização para estados como as pradarias inflamáveis (Beisner *et al.*, 2003; Falk *et al.*, 2022). Esta conversão cria ciclos de retroalimentação que elevam a frequência dos incêndios rurais, tornando a gestão da resiliência uma ferramenta crítica na prevenção de fogos de alta intensidade e na estabilidade do território (Gagnon *et al.*, 2010; Falk *et al.*, 2022).

Ao nível local, como referido anteriormente, no subcapítulo 1.1., o Plano Municipal de Ação Climática (PMAC) e a Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas (EMAAC), tornaram-se instrumentos obrigatórios pela Lei de Bases do Clima, refletindo a urgência de uma resposta local às mudanças climáticas. Contudo, a implementação destes planos é bastante heterogénea. No final do ano de 2024, 64,4% dos municípios ainda não possuíam instrumentos específicos de adaptação, correspondendo a autarquias de menor dimensão e população (Silva *et al.,* 2025).

No contexto português, onde os incêndios rurais são identificados pela vasta maioria dos Serviços Municipais de Proteção Civil como um dos riscos naturais mais críticos, exacerbados pelas mudanças climáticas, estes instrumentos funcionam como mecanismos fundamentais de Redução do Risco de Catástrofes (Silva *et al.,* 2025). As áreas florestais desempenham um papel dual. Se, por um lado, a vegetação densa é essencial para mitigar o *stress* térmico e regular o microclima, por outro, representa o combustível para fogos rurais em cenários de seca e calor extremo (Lopes *et al.,* 2025) e, apesar da diminuição da extensão média anual das áreas ardidas, Portugal tem registado uma proliferação de grandes incêndios florestais (dos Santos *et al.,* 2023). Ao mapear áreas de elevada perigosidade e ao integrar Soluções baseadas na Natureza (SbN), como a gestão de espaços verdes e áreas florestais que regulam a temperatura local, o planeamento climático municipal estabelece as bases para uma gestão preventiva da floresta, visando diminuir a probabilidade de eventos meteorológicos extremos que ameaçam diretamente a integridade de pessoas e bens (Marando *et al.,* 2019; Lopes *et al.,* 2025; Silva *et al.,* 2025).

A eficácia da proteção de comunidades e ecossistemas depende da integração destas estratégias de adaptação climática nos modelos operacionais da Proteção Civil municipal (Aguiar *et al.,* 2018),

promovendo uma transição de respostas meramente reativas para abordagens resilientes e multidimensionais. Contudo, esta é frequentemente condicionada por barreiras institucionais e pela escassez de recursos técnicos e financeiros nos Serviços Municipais de Proteção Civil, o que dificulta a antecipação operacional perante os incêndios rurais (Silva *et al.,* 2025).

1.4. Análise da Coerência e Conteúdo das Políticas

Após a fundamentação teórica ter estabelecido o enquadramento histórico e legislativo das políticas de Mudanças Climáticas e de Defesa da Floresta Contra Incêndios desde 1986, e de se ter analisado a integração setorial entre ambas, este subcapítulo dedica-se à construção da matriz de análise de conteúdo.

O método utilizado para a análise dos instrumentos políticos selecionados foi o método de análise de conteúdo, frequentemente utilizado na análise da coerência de políticas públicas (Ranabhat *et al.*, 2018).

A coerência das políticas pode ser analisada, tanto vertical, como horizontalmente, sendo que a coerência vertical se refere à coerência entre diferentes níveis de governo (Geerlings & Stead, 2003), ao passo que a coerência horizontal diz respeito à coerência entre áreas políticas num mesmo nível (Nilsson *et al.,* 2012). No âmbito da UE e da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE), estes níveis são identificados como interno, intragovernamental, intergovernamental, multilateral e multissetorial (Nilsson *et al.,* 2012). Na presente investigação, o foco recai predominantemente no nível nacional, integrando estas perspetivas e baseando-nos no trabalho de Kolström *et al.* (2011), Nilsson *et al.* (2012) e Ranabhat *et al.* (2018), analisámos a coerência das políticas quanto ao seu conteúdo, num plano horizontal/externo, através de duas camadas: a motivação e as medidas. Utilizando este *framework* de duas camadas, o objetivo é consolidar a análise da coerência das políticas nacionais e europeias, de acordo com o Quadro 4.

Embora o presente estudo se cinja a estas dimensões, a aplicação de uma terceira camada focada no processo de implementação das medidas constitui-se como uma oportunidade para investigações futuras, permitindo aprofundar a análise da eficácia operacional das políticas estudadas.

Quadro 4. Camadas de análise da coerência das políticas

Camada	Foco da Análise
I. Motivação	Fatores que impulsionam a integração da Adaptação nos documentos.
II. Medidas	A presença de ações concretas e explícitas de Adaptação nos documentos.

Fonte: Elaboração própria, adaptado de Ranabhat *et al.* (2018)

A aplicação desta metodologia incidiu sobre quatro instrumentos fundamentais do ordenamento jurídico e político português, dada a sua centralidade nas políticas climáticas e florestais: a Lei de Bases do Clima, a Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAAC 2020), o Plano Nacional de Gestão Integrada de Fogos Rurais (PNGIFR) e o Programa de Transformação da Paisagem (PTP).

A análise da motivação em estudos de coerência de políticas visa identificar o fator impulsionador comum que justifica a existência e a interligação de todos os instrumentos analisados (Ranabhat *et al.*, 2018).

Neste contexto, o fator que unifica a Lei de Bases do Clima, o ENAAC 2020, o PNGIFR e o PTP é o mandato estratégico de gerir a equação de risco potenciada pelas mudanças climáticas (Assembleia da República, 2021). Nos instrumentos de topo, nomeadamente na Lei de Bases do Clima e na ENAAC 2020, a motivação central é a redução da vulnerabilidade do território e da economia aos impactes climáticos (Presidência do Conselho de Ministros, 2015).

Por sua vez, os instrumentos setoriais, como o PNGIFR e o PTP, operacionalizam este mandato através da Gestão Integrada do Risco de Incêndio Rural (RIR), focando-se na proteção de pessoas, bens e ecossistemas (Presidência do Conselho de Ministros, 2020a). O RIR constitui a materialização do risco no setor florestal, onde o fogo é identificado como a perigo e o território como o elemento vulnerável a proteger através da resiliência paisagística (Presidência do Conselho de Ministros, 2020a). Esta convergência estratégica confirma que a gestão da vulnerabilidade é o motor da adaptação a nível nacional, sendo a gestão do risco a sua necessária tradução em medidas de intervenção direta no território (Assembleia da República, 2021).

Considerando que as florestas desempenham um papel crucial na redução da vulnerabilidade social perante as alterações climáticas (Locatelli *et al.*, 2010), a presente análise incidiu sobre a presença e tipologia de medidas de adaptação da floresta às mudanças climáticas integradas nos instrumentos políticos selecionados. As medidas de adaptação no setor florestal, identificadas nos cinco documentos políticos analisados, encontram-se sintetizadas no Quadro 5.

Quadro 5. Coerência das políticas nas medidas de adaptação no setor florestal

Instrumento	Silvicultura Adaptativa	Gestão Integrada de Combustíveis e Paisagem	Promoção da Biodiversidade	Integração do Fator Risco de Incêndio Rural (RIR)
Lei de Bases do Clima	x	x	✓	✓
ENAAC 2020	✓	✓	✓	✓
PNGIFR	✓	✓	✓	✓
PTP	✓	✓	✓	✓

✓A medida pode ser explicitamente identificada na política. x Ausência da medida no instrumento.

A análise da coerência entre os instrumentos revela um alinhamento estratégico sólido, onde a Lei de Bases do Clima estabelece o mandato jurídico para a resiliência, definindo a conservação da natureza e a biodiversidade como ativos críticos para o sequestro de carbono e adaptação (Assembleia da República, 2021). Embora seja uma lei-quadro e não prescreva técnicas silvícolas detalhadas, a sua coerência com os demais planos manifesta-se no reconhecimento explícito do Risco de Incêndio Rural como a maior ameaça às florestas, o que obriga à integração do fator de risco em todo o planeamento nacional (Assembleia da República, 2021).

A ENAAC 2020 assegura a consistência horizontal ao identificar a silvicultura adaptativa e a gestão de biomassa como prioridades para reduzir a vulnerabilidade do setor (Presidência do Conselho de Ministros, 2015).

Simultaneamente, o PNGIFR, de acordo com a Resolução do Conselho de Ministros n.º 45-A/2020, define que a gestão de combustíveis e a preservação da biodiversidade são componentes essenciais para a valorização do território e a resiliência dos ecossistemas, atuando como barreiras físicas que reduzem a carga de biomassa e criam oportunidades de supressão para as forças de combate. Esta abordagem é operacionalizada através do conceito de Risco de Incêndio Rural, que o documento define como a combinação da probabilidade de ocorrência do perigo com a vulnerabilidade e o valor dos elementos expostos. Na prática, este indicador funciona como a métrica comum que obriga as entidades de gestão florestal e as estruturas de Proteção Civil a planearem as suas ações sobre o mesmo mapa, garantindo

que o investimento na paisagem e o pré-posicionamento de meios de combate sejam priorizados nos locais onde o potencial de dano é mais elevado (Presidência do Conselho de Ministros, 2020a).

No plano da execução, o PTP demonstra uma elevada coerência vertical com as diretrizes superiores ao operacionalizar a silvicultura adaptativa através da reconversão de territórios vulneráveis (Decreto-Lei n.º 28-A/2020). A integração do fator de risco e a gestão de combustíveis são materializadas nas AIGP, que transformam as orientações estratégicas do PNGIFR em modelos de ocupação do solo desenhados para quebrar a progressão do fogo e garantir a continuidade dos serviços de ecossistemas (Presidência do Conselho de Ministros, 2020b).

Finalmente, a promoção da biodiversidade surge como o elemento de maior coesão transversal, evoluindo de um princípio geral na Lei de Bases do Clima para um mecanismo financeiro concreto no PTP. Com o Mecanismo de Remuneração de Serviços dos Ecossistemas em Territórios Vulneráveis, estabelecido pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 121/2019 incentiva-se os proprietários a manterem a biodiversidade como forma de cumprir os objetivos de adaptação definidos tanto na ENAAC 2020 como na Lei n.º 98/2021 (Presidência do Conselho de Ministros, 2019a). Esta estrutura em cascata confirma que existe uma progressão lógica e coerente entre o dever legal, a estratégia de adaptação e a intervenção direta no território.

Como perspetiva futura, revela-se pertinente expandir o âmbito desta análise através da inclusão de uma terceira camada de análise dedicada ao processo de implementação destas medidas, de forma a confrontar as diretrizes estratégicas analisadas com as dinâmicas e os obstáculos da sua aplicação real.

2. Caracterização do ambiente físico, recursos naturais e socioeconómicos do município de Fafe

2.1. Caracterização física do município

2.1.1. Enquadramento geográfico

O município de Fafe localiza-se no Noroeste de Portugal, na NUTS III Ave, fazendo fronteira com os municípios de Guimarães, Póvoa de Lanhoso, Vieira do Minho, Cabeceiras de Basto, Celorico de Basto e Felgueiras.

Com uma área de 21908,11ha, é limitado, a Norte, pelos municípios de Guimarães, Póvoa de Lanhoso e Vieira do Minho; a Sul pelos municípios de Guimarães, Felgueiras e Celorico de Basto; a Este pelos municípios de Cabeceiras de Basto e Celorico de Basto; e a Oeste pelo município de Guimarães (Município de Fafe, 2021a).

O município de Fafe localiza-se nas cartas militares n.º 58, 71, 72, 85, 86, 99 e 100, à escala 1:25 000. O município é composto por 25 freguesias, apresentadas no Quadro 6 e Figura 2.

O município de Fafe está enquadrado no Plano Regional de Ordenamento Florestal Entre Douro e Minho (PROF – EDM) que foi aprovado pela Portaria n.º 58/2019, de 11 de fevereiro, e situa -se na sub-região homogénea do Minho Interior (Município de Fafe, 2021a).

Quadro 6. Freguesias do município de Fafe e área (em hectares – ha)

Freguesia	Área (ha)	Freguesia	Área (ha)	Freguesia	Área (ha)
Armil	464,8	Quinchães	1060,9	União de freguesias de Agrela e Serafão	919,3
Arões (Santa Cristina)	395,1	Regadas	590,2	União de freguesias de Antime e Silvares (São Clemente)	557,5
Arões (São Romão)	572,1	Revelhe	491,1	União de Freguesias de Ardegão, Arnozela e Seidões	978,3
Estorãos	590,4	Ribeiros	495,8	União de Freguesias de Cepães e Fareja	739,0
Fafe	797,0	São Gens	1479,7	União de Freguesias de Freitas e Vila Cova	1147,8
Fornelos	244,7	Silvares (São Martinho)	629,3	União de Freguesias de Monte e Queimadela	2037,2
Golães	469,9	Travassós	814,2	União de Freguesias de Moreira do Rei e Várzea Cova	2813,6
Medelo	251,7	Vinhós	287,8	**Área Total:**	**21908,1**

Freguesia	Área (ha)	Freguesia	Área (ha)	Freguesia	Área (ha)
Paços	409,6	União de freguesias de Aboim, Felgueiras, Gontim e Pedraído	2671,1		

Fonte: Município de Fafe (2021a).

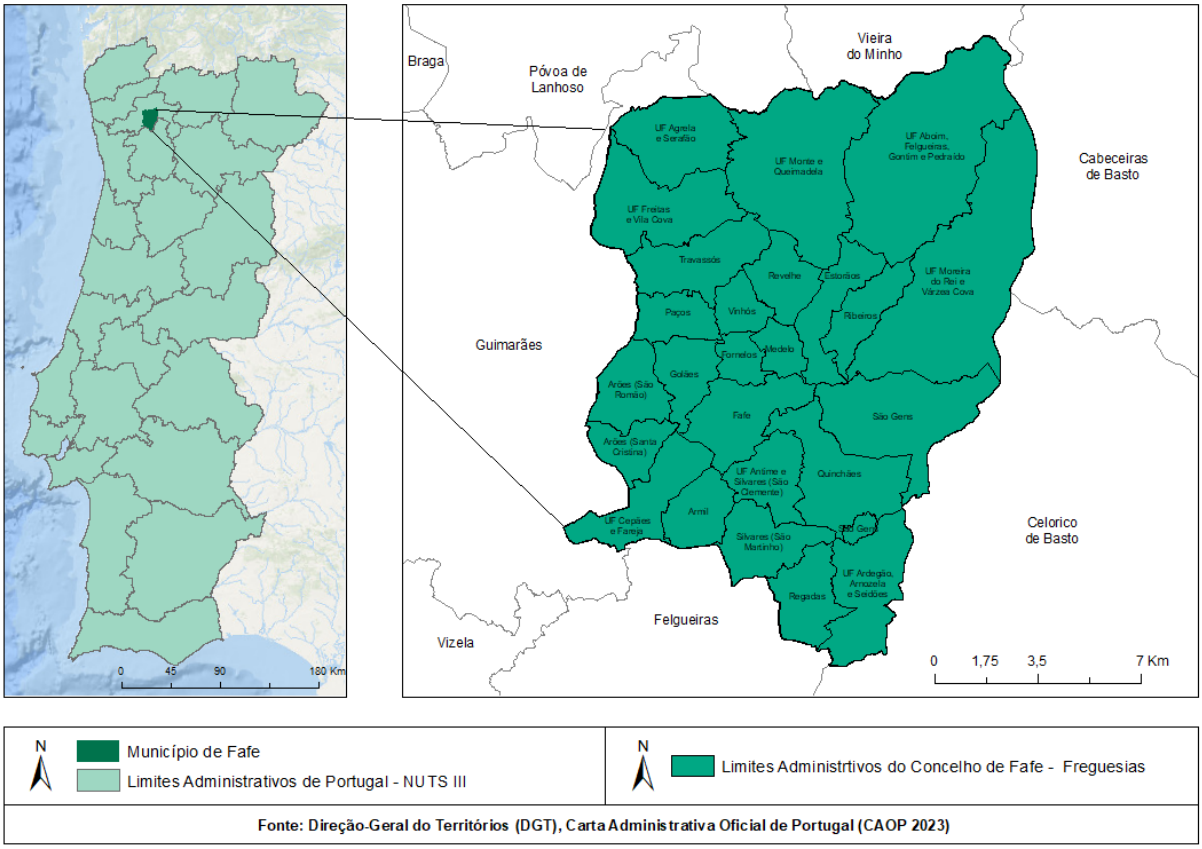


Figura 2. Enquadramento geográfico da área de estudo – o município de Fafe

2.1.2. Clima

A característica climática mais marcante do Noroeste Português, onde se inclui o município de Fafe, é a elevada precipitação, que se deve à frequente passagem de superfícies frontais, conjugadas com o efeito das montanhas, muito próximas do litoral, apresentando totais anuais médios de precipitação superiores a 1400 mm (Bento-Gonçalves *et al.*, 2011).

O clima do Noroeste português é caracterizado por invernos frescos e verões moderados a quentes, com a temperatura mínima média do mês mais frio a variar entre 2°C e 4°C, verificando-se durante 10/15 a 30 dias por ano temperaturas negativas (Daveau, 1985).

O clima do município de Fafe possui traços mediterrâneos, com temperaturas amenas, amplitudes térmicas baixas e elevados níveis de pluviosidade, resultado da sua também forte influência atlântica (Costa, 2010).

No esboço provisório das regiões climáticas de Portugal de S. Daveau (1985: 25), verificamos que Fafe se localiza na região de clima marítimo, tipo fachada atlântica. Devido à disposição em escadaria do relevo, a largura da faixa atlântica é máxima, resultando num clima relativamente chuvoso e caracterizado por forte nebulosidade (Costa, 2000). No panorama climático de Fafe, a altitude é um elemento condicionante, sofrendo ao mesmo tempo, influências das massas de ar oceânicas vindas de oeste, carregadas de humidade (Costa, 2000).

Desta forma, e em consonância com o apesentado na figura 3, o município de Fafe, inserido na NUTS III do Ave, apresenta um inverno bastante chuvoso e um período de dois meses, julho e agosto, hidrologicamente secos.

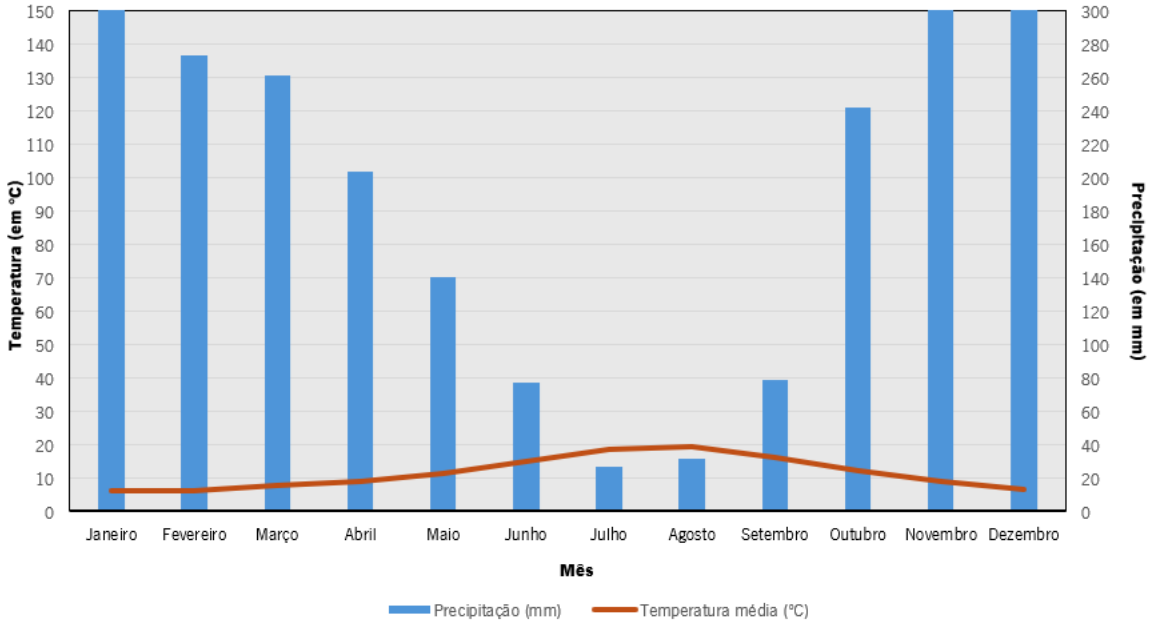


Figura 3. Gráfico termopluviométrico do Ave

Fonte: Elaboração própria com base nas Normais Climatológicas: histórico simulado - 1971-2000, Portal do Clima.

2.1.2.1. Precipitação

Com base na informação meteorológica da estação de Braga e conforme indicado na Figura 3, os meses de inverno, de novembro a março, são aqueles em que se registam os maiores valores de precipitação mensal. No entanto, é evidente uma diminuição da precipitação no mês de fevereiro.

Nos meses de outubro a janeiro, a precipitação é superior a 200 mm mensais, o que favorece o crescimento da vegetação, potencializando a abundância de combustíveis para arder no verão (dos Santos *et al.*, 2023). Nos meses de julho e agosto, regista-se os mínimos de precipitação, sendo estes meses considerados como o período mais seco do ano. Esta situação, aliada às altas temperaturas, facilita a progressão dos incêndios e torna mais difícil o seu combate.

A precipitação é assim o elemento climático mais marcante do Noroeste de Portugal (Costa, 2000). De acordo com os conjuntos pluviométricos definidos por Daveau (1977), na sua divisão do território nacional em quatro regiões, o município de Fafe está situado na região do Noroeste húmido. A orografia, especialmente a disposição do relevo (paralelo à linha de costa e perpendicular aos ventos), juntamente com a movimentação do ar marítimo proveniente do Oceano Atlântico, são as razões para este elevado nível de precipitação.

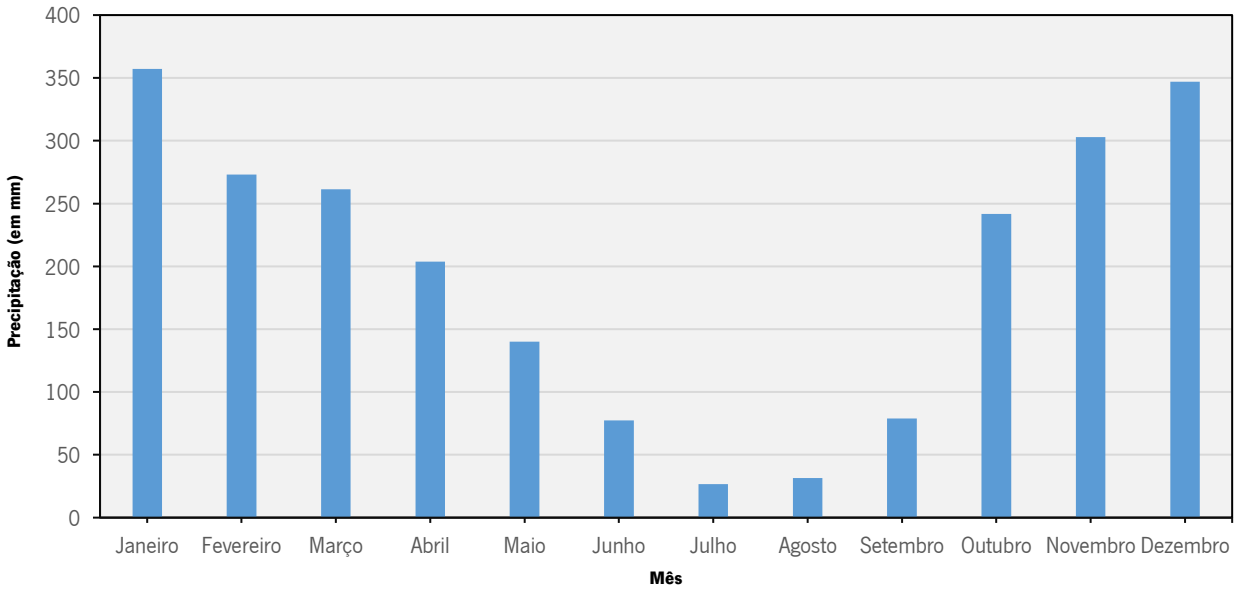


Figura 4. Precipitação média mensal acumulada (período de 1971-2000, Ave[2])

Fonte: Elaboração própria com base nas Normais Climatológicas: histórico simulado - 1971-2000, Portal do Clima.

[2] Dados obtidos através do Portal do Clima (IPMA). Os valores referem-se à média espacial da NUTS III Ave, calculada a partir do *dataset* de alta resolução PT02, que utiliza interpolação de múltiplas estações e postos udométricos para o período de referência 1971-2000.

2.1.2.2. Temperatura

Os valores médios mensais da temperatura do ar variam entre os 6,3°C em janeiro e os 18,8°C em julho, atingindo uma temperatura média mínima do mês mais frio de 3,4°C em janeiro e uma média mínima do mês mais quente de 12,8°C, em julho. Relativamente a temperatura média máxima, esta varia entre 9,2°C em janeiro e os 24,8°C em agosto, sendo o valor médio máximo anual de 20°C (Figura 4).

Desta forma, conforme já foi referido, a Fafe associa-se um clima temperado e chuvoso com amplitudes térmicas pouco acentuadas, intensamente influenciado pelo efeito amenizante do Oceano Atlântico, e que conjuntamente com as características mediterrânicas, contribuem para a existência de uma demarcada biodiversidade, especialmente no que concerne à flora (Costa, 2000).

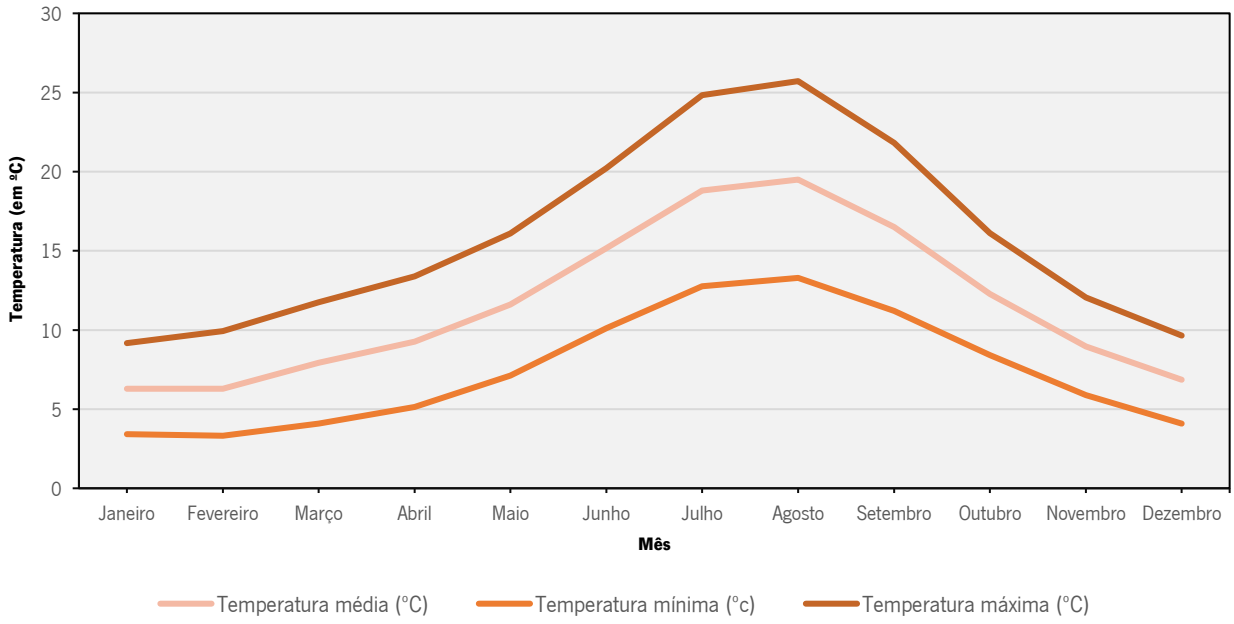


Figura 5. Temperatura média, mínima e máxima mensal, em °C (período de 1971-2000, Ave[3])

Fonte: Elaboração própria com base nas Normas Climatológicas: histórico simulado - 1971-2000, Portal do Clima

2.1.3. Relevo

O relevo do Noroeste de Portugal é fruto de grandes oscilações climáticas ao longo dos tempos geológicos, contudo o fator mais decisivo é mesmo a geologia e a tectónica (Bento-Gonçalves, 2011). O

[3] Dados obtidos por modelação espacial que cruza observações reais com a altitude local, extraindo a média para os limites geográficos da NUTS III Ave.

relevo influencia, indiretamente, a ocupação vegetal através de características como o declive, a orientação e a altitude (Bento-Gonçalves *et al.*, 2011).

A paisagem fafense denota um ambiente geográfico marcado por diversas tipologias, associadas a cenários decorrentes de espaços com morfologia acidentada, que corresponde a uma maior fragmentação tectónica e a uma maior subida relativa, com uma série de vales largos e vertentes abruptas, com orientação ENE-WSW (Araújo, 2006), relacionada com o relevo identificado por planalto de Monte Longo (Costa, 2000).

2.1.3.1. Hipsometria

As serras de Fafe e do Maroiço marcam assim fortemente a paisagem do município de Fafe. Estas serras formam o relevo montanhoso da parte superior do rio Vizela, alcançando as maiores altitudes na Serra do Marco (Povoação, São Gens), com 851 metros, no Maroiço (São Miguel do Monte), com 834 metros, e no Morgair (Gontim), com 893 metros (Costa, 2010). Constata-se, também, que a distância ao nível médio das águas do mar vai diminuindo de NE para SW, ao mesmo que os vales de maior encaixe dão origem aos de maior abertura, culminado numa várzea (Costa, 2000).

Assim, é possível agregar Fafe num ambiente serrano que de forma visível o envolve de E para W, numa trajetória oposta ao do ponto de culminação, suavizando a sua altitude em direção à freguesia de Fareja, onde existe uma área de depressão que se estende para além da área concelhia na direção SW e apresenta já cotas mínimas da ordem dos 150 metros (Costa, 2000).

Analisando o mapa hipsométrico do município de Fafe (Figura 5) verifica-se que predominam altitudes compreendidas entre os 300 - 400 m (21,7%), seguido dos 200 - 300 m (9,5%) e dos 700 – 800 m (8,9%). As classes com altitudes menos representativas são as que se encontram nos extremos, ou seja, as que têm altitudes inferiores a 200 m (1%) e as que têm altitudes superiores a 800 m (2%) (Figura 5).

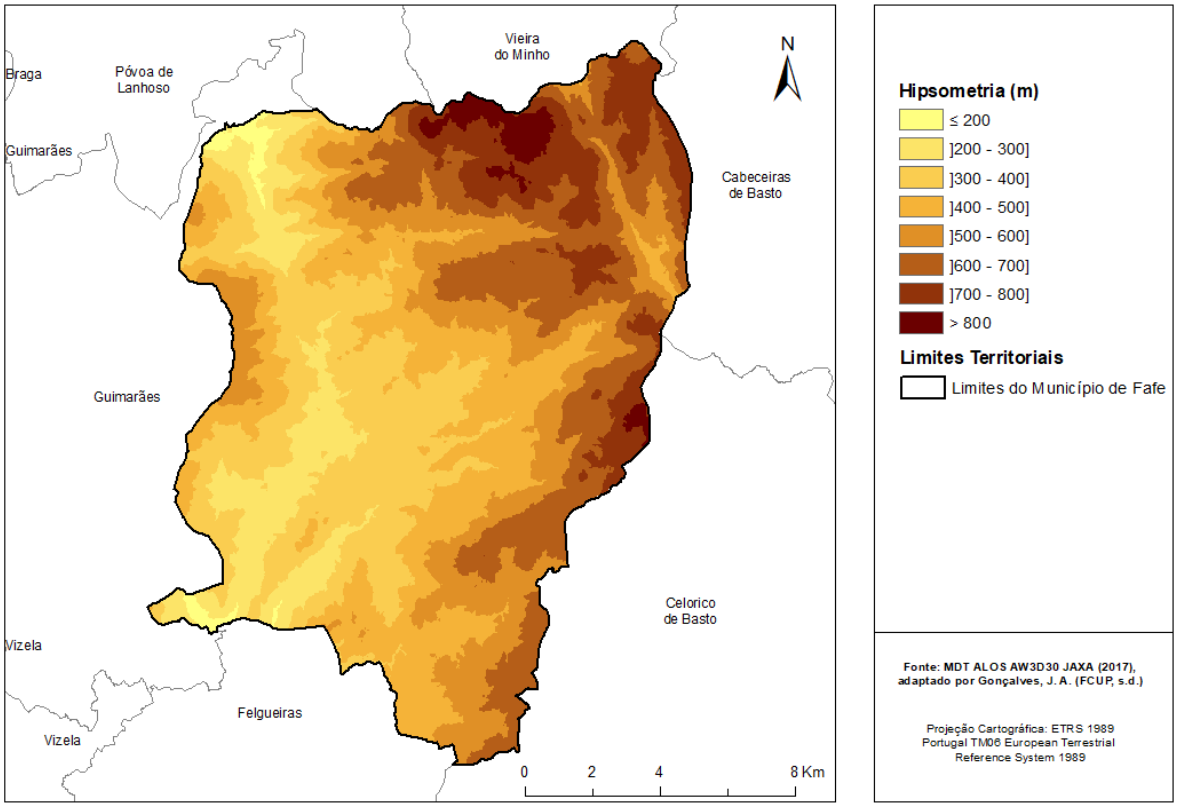


Figura 6. Hipsometria (em m) no município de Fafe

2.1.3.2. Declive

No que concerne aos declives no município de Fafe (Figura 7), podemos verificar que no município predominam declives compreendidos entre os 5 e 10 graus, representando 42% do território em análise, seguindo-se áreas com declives compreendidos entre os 15 e os 20 graus com 24%. Com menor representatividade encontra-se as áreas com declives superiores a 25 graus com menos de 1%. O declive é um fator que impacta diretamente o comportamento do fogo, uma vez que a velocidade de propagação do fogo aumenta com o aumento do declive (Rodrigues, 2016), o que torna as áreas com maior inclinação um fator crítico a considerar na gestão de Risco de Incêndios Rurais.

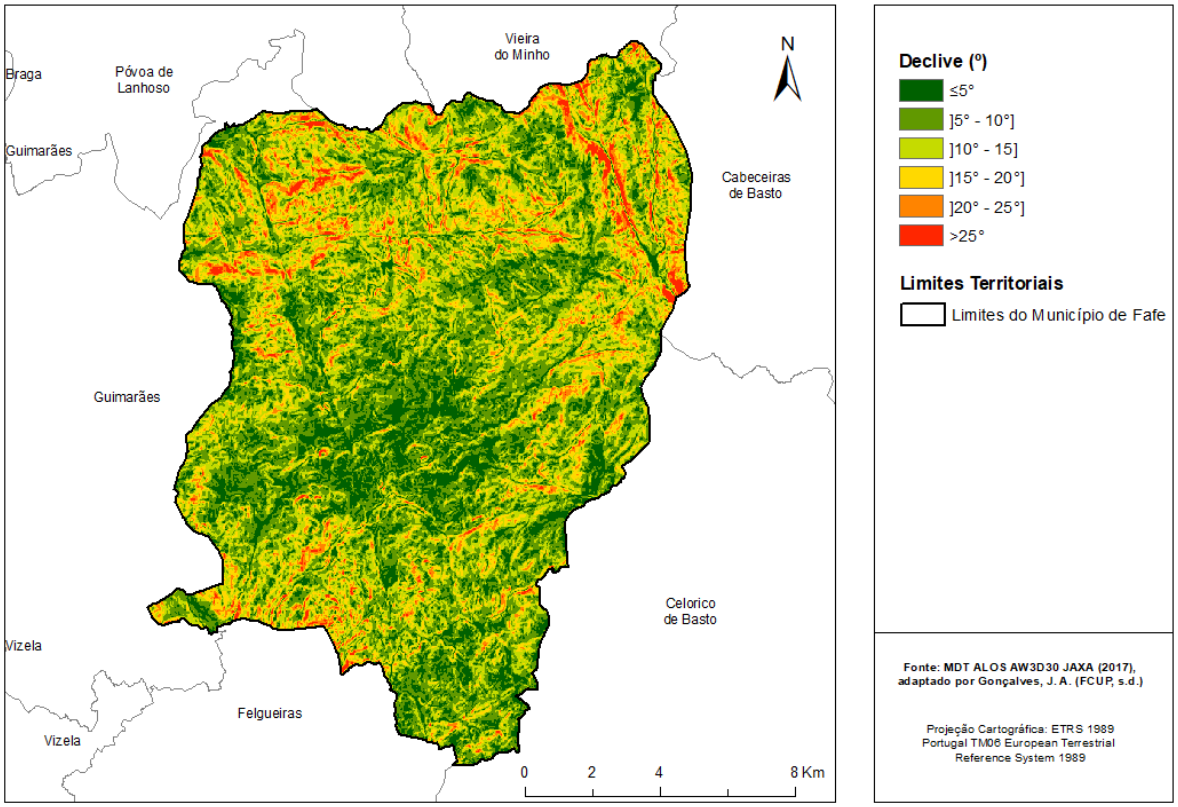


Figura 7. Declives (em º) no município de Fafe

2.1.3.3. Exposição de vertentes

Analisando as exposições das vertentes do município de Fafe (Figura 8), é possível identificar padrões claros na orientação das vertentes que revelam a complexidade topográfica da área de estudo. Na parte ocidental do município, delimitada pelo Rio Pequeno, observa-se uma faixa onde predominam as vertentes voltadas a Este e a Sudeste, representadas pelas cores amarelo e verde na legenda, respetivamente. Estas orientações são consistentes com a direção do curso de água e a conformação do relevo local. Já na área a Este do município há uma clara predominância de vertentes voltadas a Oeste e Noroeste, identificadas pelas cores azul-escuro e roxo. É importante notar que, nas vertentes voltadas a Sul, devido à sua maior exposição à radiação solar, os materiais sólidos como a vegetação e a folhada

no solo podem atingir temperaturas elevadas, por vezes na ordem dos 60° a 70° C, valores muito superiores à temperatura do ar ambiente (Alves *et al.*, 2023).

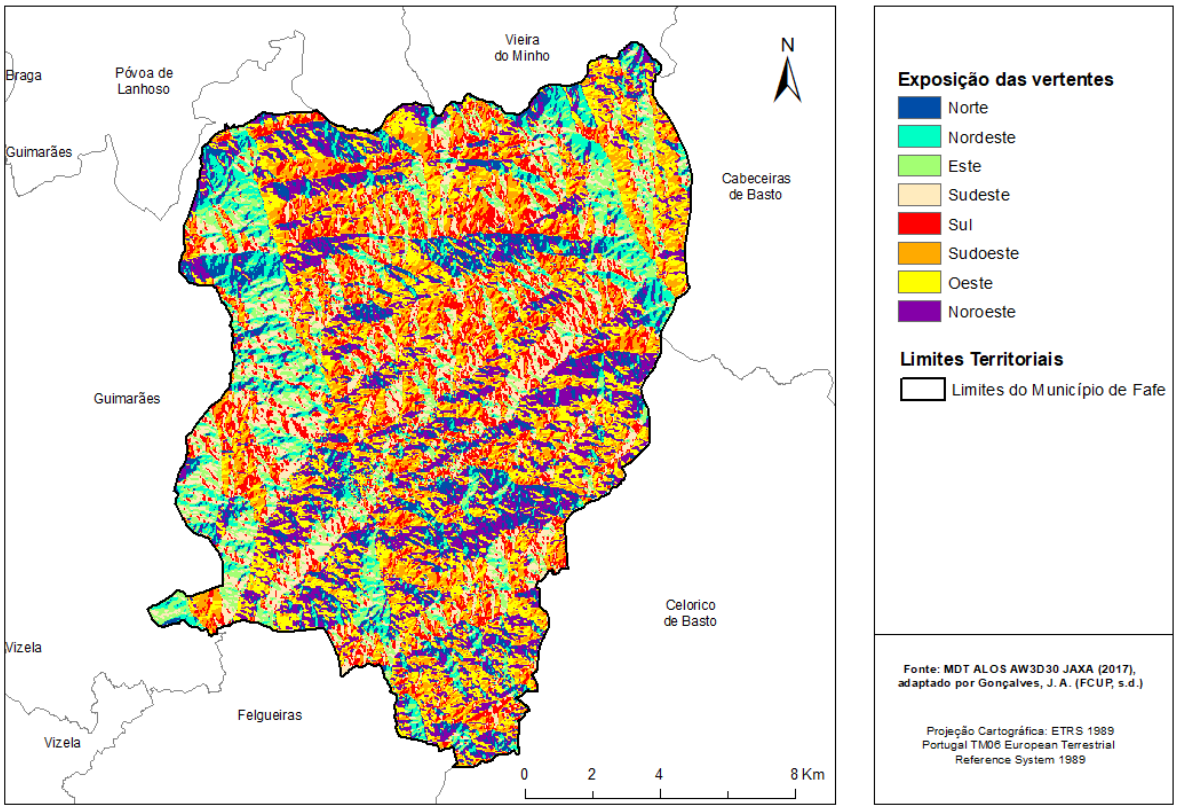


Figura 8. Exposição das Vertentes

2.1.4. Rede Hidrográfica

A Rede Hidrográfica do município de Fafe tem o Rio Vizela como principal curso de água, no qual desaguam os restantes rios e ribeiras do município.

O Rio Vizela, tendo as cabeceiras na Serra da Cabreira, passa entre Aboim, Gontim, Felgueiras, Pedraído e Queimadela, e corre no sentido Norte – Sul até sair do município (Figura 6). Conjuntamente com o Rio Bugio e o Rio Ferro, abastecem a Bacia Hidrográfica do Ave (Costa, 2000).

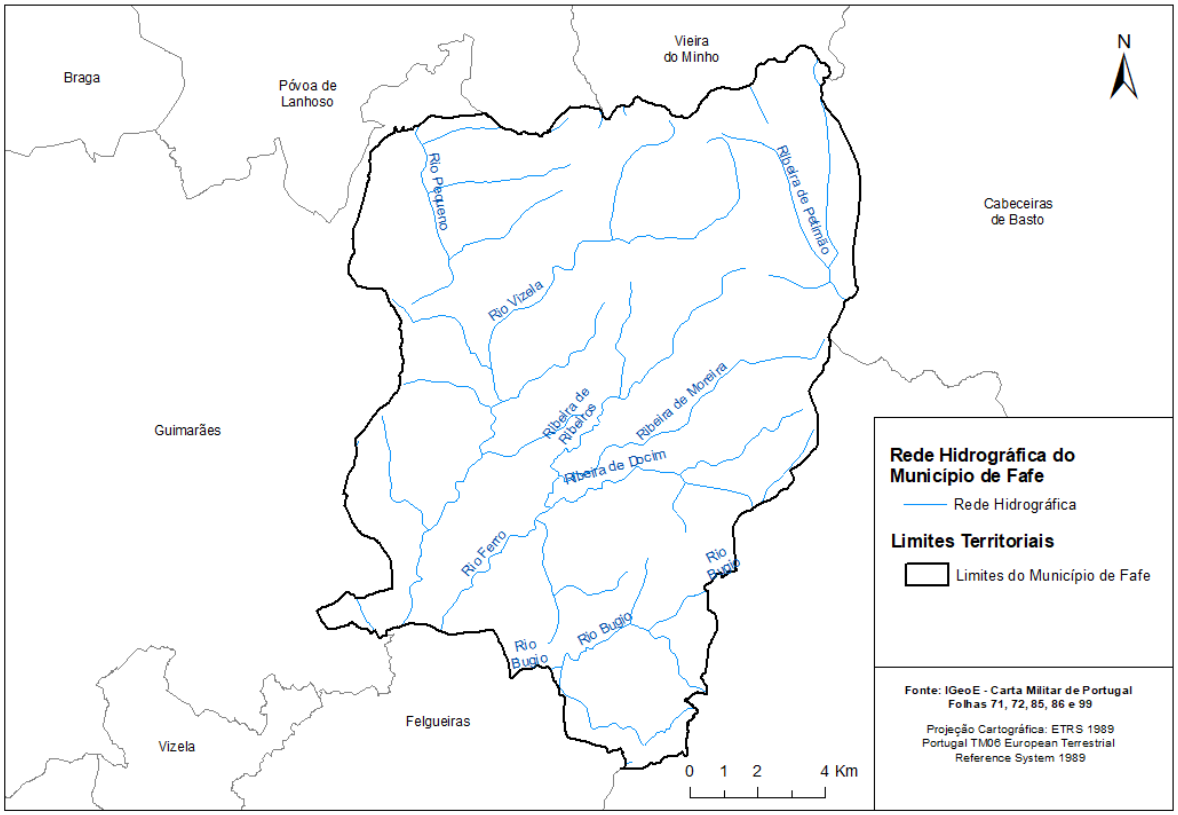


Figura 9. Rede Hidrográfica do Município de Fafe

2.1.5. Tipo de solo

Na área de estudo, os solos são predominantemente Regossolos úmbricos de base granítica, apresentando uma textura franco-arenosa com presença frequente de elementos grosseiros, revelando-se muito ácidos (com valores de pH entre 4,5 e 5,0) e com uma fertilidade natural considerada baixa ou muito baixa, com presença também de Antropossolos, que devido à atividade humana, como a agricultura e a urbanização, são solos com modificações profundas (Rocha, 2024).

Posto isto, em Fafe os Antropossolos situam-se juntos das áreas urbanizadas, enquanto os Regossolos envolvem os solos anterior e encontram-se mais nos limites do município (Pereira, 2018).

2.2. Caracterização humana do município

2.2.1. População residente e Densidade populacional

No que respeita à distribuição da população residente, o Município de Fafe apresenta uma repartição populacional heterogénea (Figura 9).

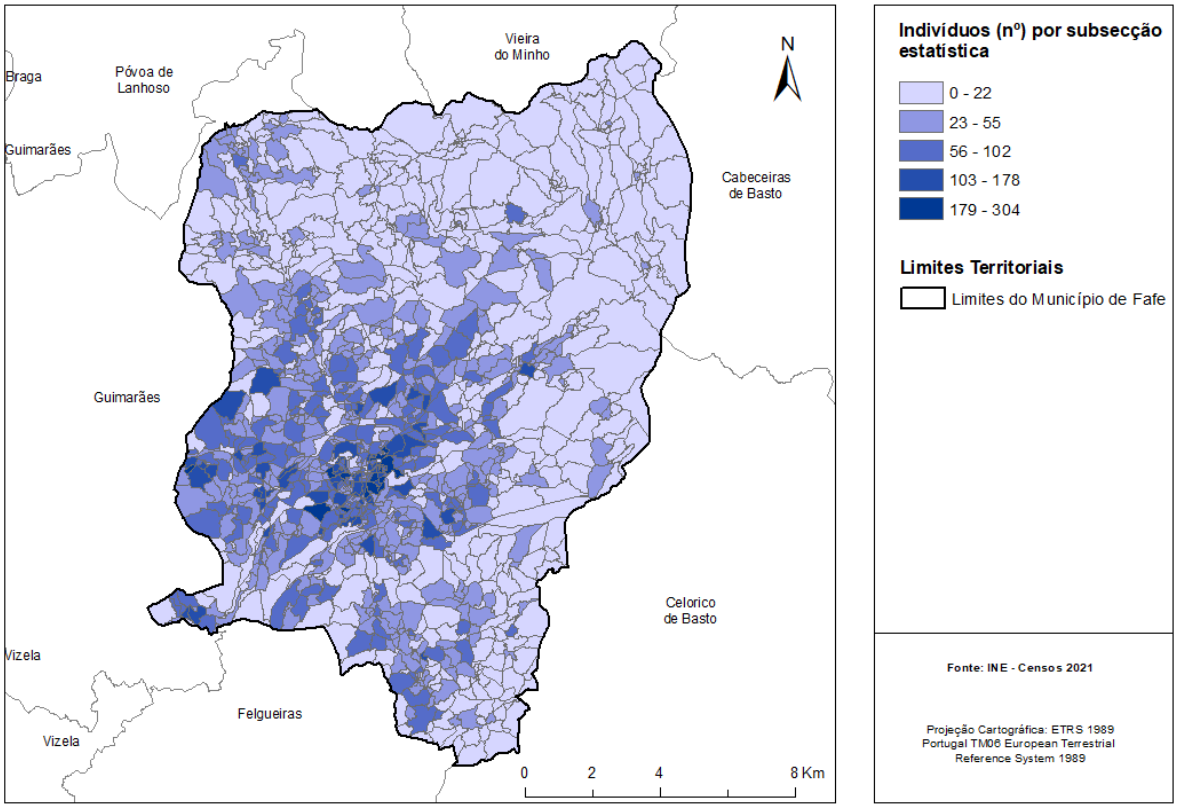


Figura 10. Número de indivíduos por subsecção estatística no Município de Fafe

Enquanto a freguesia de Fafe se destaca claramente como o principal centro urbano, com uma densidade populacional mais elevada de 19,167 habitantes por hectare, indicando uma forte concentração de residentes na sede do município, outras freguesias revelam uma realidade rural mais dispersa. No polo oposto, a União de Freguesias de Aboim, Felgueiras, Gontim e Pedraído regista a densidade mais baixa, com apenas 0,289 habitantes por hectare, seguida de perto por outras uniões de freguesias como Monte e Queimadela (0,323 hab./ha) e Moreira do Rei e Várzea Cova (0,589 hab./ha) (Quadro 7). Esta disparidade acentuada sublinha a dualidade do município, com uma área central densamente povoada e áreas rurais periféricas caracterizadas por uma baixa densidade demográfica.

Quadro 7. Densidade populacional das freguesias do município de Fafe

Freguesia	Densidade Populacional (pop. residente/ ha)
Armil	1,478
Arões (Santa Cristina)	3,919
Arões (São Romão)	5,691
Estorãos	2,608
Fafe	19,167
Fornelos	5,371
Golães	4,307
Medelo	5,927
Paços	2,431
Quinchães	1,980
Regadas	2,543
Revelhe	1,574
Ribeiros	1,099
São Gens	1,110
Silvares (São Martinho)	1,923
Travassós	1,712
União de freguesias de Aboim, Felgueiras, Gontim e Pedraído	0,289
União de freguesias de Agrela e Serafão	1,314
União de freguesias de Antime e Silvares (São Clemente)	3,462
União de freguesias de Ardegão, Arnozela e Seidões	0,964
União de freguesias de Cepães e Fareja	2,855
União de freguesias de Freitas e Vila Cova	0,635
União de freguesias de Monte e Queimadela	0,323
União de freguesias de Moreira do Rei e Várzea Cova	0,589
Vinhós	1,981

Fonte: INE, XVI Recenseamento Geral da População e VI da Habitação – Censos 2021.

2.2.2. Repartição da população ativa pelos setores de atividade

A população ativa do município de Fafe, segundo o Recenseamento Geral da População e da Habitação, apresenta um total de 20 455 pessoas empregadas, distribuídas entre 10 567 homens e 9 888 mulheres, indicando um equilíbrio entre os géneros na força de trabalho do município.

Apesar de o setor terciária ter, à imagem da NUTS III do Ave e do resto do país, um peso superior na quantidade de população empregada, uma caraterística mais importante da estrutura de emprego em Fafe é a relevância do Setor Secundário, que agrupa 9 164 trabalhadores (44,80%), revelando ainda uma preeminência masculina (5 513 homens contra 3 651 mulheres – Quadro 8).

O Setor Terciário, sendo um pilar fundamental da economia de Fafe, divide-se entre a seu componente económico e social. O Terciário económico emprega 6 012 pessoas (3 311 homens e 2 701 mulheres), demonstrando um número ligeiramente superior de homens. Por outro lado, o Terciário social conta com 5 029 trabalhadores, destacando-se aqui uma forte maioria feminina (3 472 mulheres contra 1 557 homens), o que aponta para uma especialização das mulheres em áreas como saúde, educação e serviços sociais.

Em contrapartida, o Setor Primário revela-se o de menor expressão, empregando apenas 250 pessoas (186 homens e 64 mulheres), o que sublinha a transição económica do município para atividades mais industriais e de serviços.

Quadro 8. Repartição da população ativa pelos setores de atividade

	Setor Primário				Setor Secundário				Setor Terciário (social)				Setor Terciário (económico)			
	H (nº)	H (%)	M (nº)	M (%)	H (nº)	H (%)	M (nº)	M (%)	H (nº)	H (%)	M (nº)	M (%)	H (nº)	H (%)	M (nº)	M (%)
FAFE	186	1,76%	64	0,65%	5513	52,17%	3651	36,92%	1557	14,73%	3472	35,11%	3311	31,33%	2701	27,32%
AVE	1877	1,91%	682	0,75%	51933	52,91%	34304	37,75%	11305	11,52%	28527	31,39%	33038	33,66%	27354	30,10%

Fonte: INE, XVI Recenseamento Geral da População e VI da Habitação – Censos 2021.

2.3. Ocupação do solo

A influência do clima e relevo têm reflexo nas unidades básicas de paisagem – as florestas, os matos arbustivos, as áreas agrícolas e as estruturas urbanizadas (Bento-Gonçalves, 2011).

A Ocupação do Solo (N2) do Município de Fafe, com dados de 2018 (COS2018) (Figura 10), oferece uma visão holística da distribuição das diversas categorias de uso do solo no município. A análise revela uma coexistência de áreas com diferentes funcionalidades, onde o tecido edificado (vermelho) concentra-se predominantemente na área central do município, correspondendo à cidade de Fafe, e ao longo das principais vias de comunicação. Esta urbanização é complementada por áreas de indústria, comércio e instalações agrícolas (roxo) e equipamentos (amarelo).

Paralelamente, o município mantém uma significativa vocação agrícola, visível na presença de culturas temporárias e permanentes (tons de verde-claro e médio) e áreas agrícolas heterogéneas (verde-pálido),

dispersas pelo território. Em adição, uma vasta porção do município é dominada por florestas (verde-escuro), mais precisamente 9 801,87 ha, e por 4 920,19 ha de matos (castanho), especialmente nas áreas mais periféricas.

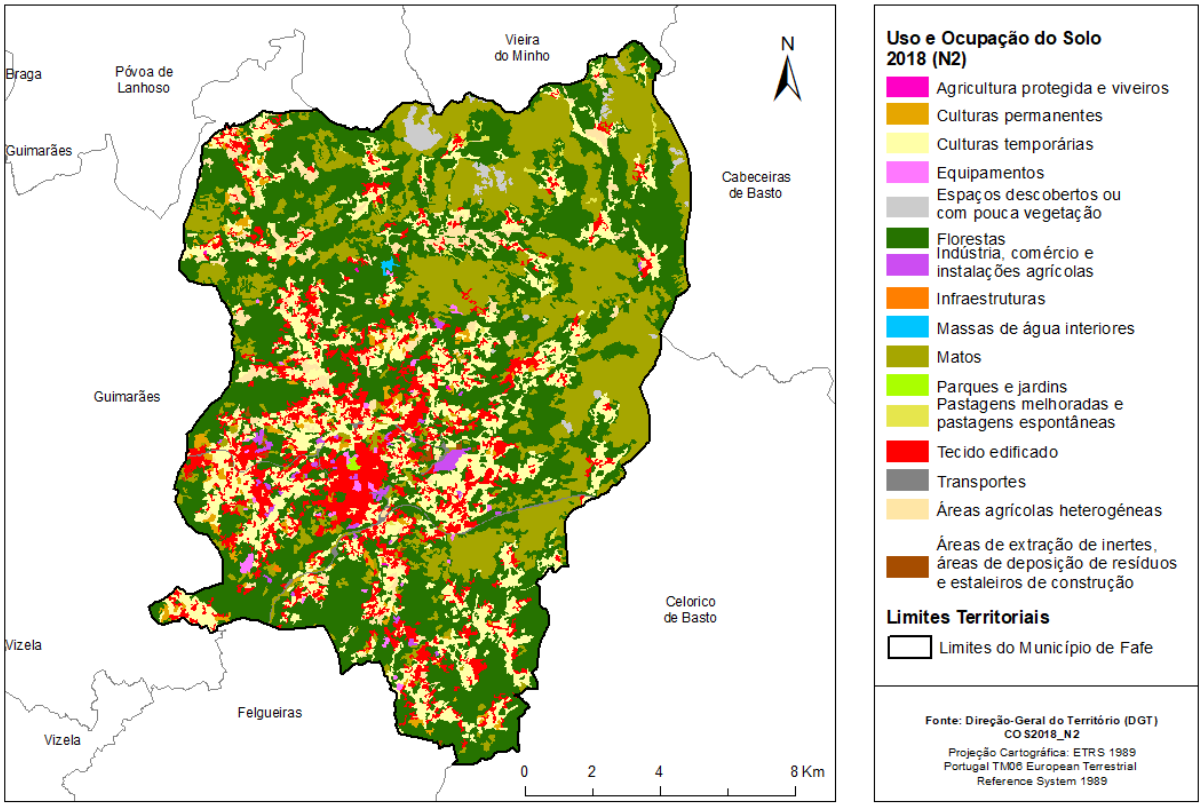


Figura 11. Ocupação do Solo (COS2018 – N2) do município de Fafe.

2.3.1. Tipo de floresta

Sabe-se que em Portugal, no que diz respeito à floresta, as áreas de maior influência atlântica são as de maior produtividade florestal, fator determinante para o qual se torna a menor duração e intensidade do período de secura estival (Bento-Gonçalves, 2011).

O território do município de Fafe, e do Noroeste português, encontra-se densamente povoado, onde "a organização da paisagem apresenta contrastes acentuados, o que não impede de, ecologicamente, existir um sistema unitário, caracterizado pela fisionomia da sua paisagem, pelo conjunto de espécies que o habitam e pelas estratégias adaptativas próprias, diferentes do restante país" (Bento-Gonçalves, 2011: 136).

O coberto vegetal, um elemento paisagístico crucial, resulta da interação entre as condições orográficas, edafo-climáticas e a ação antrópica, e no contexto biogeográfico, o noroeste de Portugal Continental

insere-se nos subsetores Miniense e Geresiano-Queixense, estabelecendo uma conexão com as *Terras Baixas do Minho* de O. Ribeiro (Bento-Gonçalves, 2011).

Nas encostas, constituídas por solos mais pobres e com menor irrigação, são ocupadas por uma floresta mista de pinheiro-bravo (*Pinus pinaster*) e eucalipto (*Eucalyptus globulus*), provenientes de plantação, onde surgem alguns carvalhos espontâneos e outras espécies típicas da fagossilva climática. Contudo, na atualidade, os incêndios florestais e as alterações nas práticas agrícolas, resultantes das mudanças sociais, com um abandono substancial da atividade agrícola, levaram ao aparecimento de vastas áreas cobertas por matos (Bento-Gonçalves, 2011).

Assim registam-se dois tipos predominantes de florestas - as florestas de plantação, com preeminência do pinheiro-bravo e eucalipto, e florestas caducifólias, dominadas pelo carvalho-alvarinho (*Quercus robur*) e pelo carvalho-negral (*Quercus pyrenaica*), correspondendo a manchas espontâneas ou subespontâneas em resistência (Bento-Gonçalves, 2011).

Segundo a COS 2018 (N1), os espaços silvestres ocupam 67% da área do município de Fafe, onde os Espaços Florestais ocupam 45% do território e os Matos 22% (Quadro 9).

Quadro 9. Área (em ha e %) da Ocupação do Solo (COS2018 – N1) no município de Fafe

Ocupação do solo (N1)	Área (ha)	Área (%)
Florestas	9 801,87	45%
Matos	4 920,20	22%
Outros	7 186,05	33%

Fonte: Direção-Geral do Território, COS2018 - N1.

Indo mais ao pormenor, no N4 da COS 2018, destes 45%, 21,1% é Floresta de Eucalipto, seguindo-se no nível de importância a Floresta de outras folhosas (9,3%) e da Floresta de Carvalhos (8,9% – Quadro 10). A Floresta de Pinheiro-bravo ocupa também um espaço significativo do município de Fafe, cobrindo 5,3% do mesmo, seguindo-se espaço de Vinha (1,1%), e de vegetação esparsa, pomares, mosaicos culturais e parcelares complexos, de outras resinosas e de espécies invasoras (inferior a 1,0%).

Quadro 10. Área (em ha e %) da Ocupação do Solo (COS2018 – N4) no município de Fafe

Ocupação do solo (N4)	Área (ha)	Área (%)
Outro	6599,45	30,12%
Vinhas	242,75	1,11%

Ocupação do solo (N4)	Área (ha)	Área (%)
Vegetação esparsa	186,97	0,85%
Pomares	63,37	0,29%
Mosaicos culturais e parcelares complexos	93,52	0,43%
Matos	4920,20	22,46%
Florestas de pinheiro-bravo	1155,00	5,27%
Florestas de outros carvalhos	1958,51	8,94%
Florestas de outras resinosas	22,30	0,10%
Florestas de outras folhosas	2033,55	9,28%
Florestas de eucalipto	4618,00	21,08%
Florestas de espécies invasoras	14,51	0,07%

Fonte: Direção-Geral do Território, COS2018 - N4.

3. Os incêndios rurais no município de Fafe

Como já foi exposto anteriormente, os grandes incêndios rurais são uma forte preocupação das sociedades atuais, colocando em risco pessoas, bens, infraestruturas e animais.

O Noroeste de Portugal tem sido muito afetado por este fenómeno nas últimas décadas, tendo, em 20 anos (2001 – 2020), ardido 158 741 ha, o que equivale a 23,5% deste território (dos Santos *et al.*, 2023).

Segundo a lista de freguesias vulneráveis (Portaria n.º 301/2020, de 24 de dezembro), da Direção-Geral do Território, o município de Fafe tem 12 freguesias em que mais de 40% do território se encontra sob perigosidade alta e muito alta de incêndio rural ou estão totalmente circundadas por freguesias que cumprem o citado critério.

Neste capítulo, pretende-se analisar a evolução das áreas ardidas no território do município de Fafe, assim como as consequências que esses fenómenos possam ter despoletado na ocupação do solo, nomeadamente, na ocupação florestal.

3.1. Evolução da Ocupação do solo: a floresta na Carta de Ocupação do Solo

Este capítulo dedica-se à análise da evolução da ocupação do solo no município de Fafe, com um foco particular nas transformações ocorridas na cobertura florestal, relacionando-a com os grandes incêndios apresentados no capítulo anterior. Recorrendo à série 1 (antiga) das Cartas de Ocupação do Solo (COS) de 1995v2, 2007v3, 2010v2, 2015v2 e 2018v2, e da Carta de Ocupação do Solo Conjuntural de 2024, procurou-se identificar os padrões de mudança, as dinâmicas de expansão e retração das áreas florestais e as suas implicações no contexto territorial.

Para tal, iniciou-se a análise com a carta de 1995, conseguindo assim uma perspetiva prévia ao período de estudo da área ardida.

Em 1995, a ocupação do solo no município de Fafe, apresentava uma predominância da componente florestal, abrangendo 9 156,22 hectares, o que representava 41,8% da área total do município. Isto indica uma forte presença de massas arbóreas, provavelmente plantações florestais e/ou florestas naturais (Quadro 11).

Os matos como a segunda categoria mais significativa dentro da componente silvestre, ocupando 5 473,74 hectares, correspondendo a 25,0% do território (Quadro 11). A presença de matos é comum em áreas adjacentes a florestas ou em áreas de transição, podendo indicar áreas em regeneração pós-incêndios, solos degradados ou áreas de pastoreio extensivo.

Quadro 11. Área (em ha e %) da ocupação e uso do solo no município de Fafe, segundo a COS1995 - N2; COS2007 – N2; COS2010 – N2; COS2015 – N2; COS2018 – N2

Ocupação do solo (N2)	1995		2007		2010		2015		2018	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Áreas agrícolas heterogéneas	1185,49	5,41%	6,67	0,03%	6,67	0,03%	6,08	0,03%	4,97	0,02%
Agricultura protegida	-	-	813,46	3,71%	803,1	3,67%	763,03	3,48%	765,47	3,49%
Áreas de extração de inertes	-	-	48,93	0,22%	44,53	0,20%	29,67	0,14%	30,56	0,14%
Culturas permanentes	139,33	0,64%	192,58	0,88%	208,77	0,95%	251,17	1,15%	306,11	1,40%
Culturas temporárias	3611,17	16,48%	3416,76	15,60%	3299,2	15,06%	3294,52	15,04%	3247,96	14,83%
Equipamentos	-	-	69,24	0,32%	72,69	0,33%	79,23	0,36%	79,96	0,36%
Espaços descobertos ou com pouca vegetação	186,52	0,85%	188,08	0,86%	188,08	0,86%	188,08	0,86%	188,08	0,86%
Florestas	9156,22	41,79%	9594,38	43,79%	9713,6	44,34%	9755,66	44,53%	9801,87	44,74%
Indústria, comércio e instalações agrícolas	-	-	110,45	0,50%	111,75	0,51%	119,88	0,55%	125,91	0,57%
Infraestruturas	-	-	-	-	-	-	-	-	3,87	0,02%
Massas de água superficiais	11,94	0,05%	11,94	0,05%	11,94	0,05%	11,94	0,05%	11,94	0,05%
Matos	5473,74	24,98%	5093,11	23,25%	5068,18	23,13%	4992,43	22,79%	4920,2	22,46%
Parques e jardins	-	-	4,29	0,02%	4,29	0,02%	10,17	0,05%	10,17	0,05%
Pastagens	85,8	0,39%	-	-	-	-	-	-	-	-
Pastagens melhoradas e pastagens espontâneas	-	-	83,56	0,38%	82,29	0,38%	85,78	0,39%	85,64	0,39%
Superfícies agroflorestais	8,72	0,04%	-	-	-	-	-	-	-	-
Tecido edificado	-	-	2183,52	9,97%	2199,36	10,04%	2226,81	10,16%	2231,76	10,19%
Territórios artificializados	2049,19	9,35%	-	-	-	-	-	-	-	-
Transportes	-	-	93,65	0,43%	93,65	0,43%	93,65	0,43%	93,65	0,43%

Fonte: Direção-Geral do Território (DGT), 2021.

Em conjunto, as Florestas e os Matos representavam aproximadamente 66,8% da área total do município de Fafe em 1995, sublinhando a natureza predominantemente florestal e silvestre do território neste período.

No mapa da COS 1995 é possível visualizar extensas áreas verdes, correspondentes às florestas, e castanhas (correspondentes a matos) espalhadas pelo município, com maior concentração nas áreas periféricas e montanhosas (Figura 11). As áreas urbanas (em vermelho) e agrícolas (em amarelo e cinzento) aparecem mais fragmentadas, mas ainda assim com uma considerável representação, evidenciando, por tudo isto, uma ruralidade com grande peso dos ecossistemas florestais.

Em 2007, as Florestas continuam a ser a categoria dominante, ocupando 9 594,38 hectares, o que corresponde a 43,8% da área total do município (Quadro 11). Comparando com 1995, há um aumento efetivo de 438,16 hectares da área florestal.

A categoria Matos assume uma área muito expressiva de 5 093,11 hectares, representando 23,3% do território. Contudo, verifica-se uma diminuição face a 1995, com menos 380,63 hectares, que pode ser justificada com a inclusão da nova categoria dos espaços descobertos ou com pouca vegetação, que se encontram no Norte do município em áreas anteriormente consideradas como matos, assim como graças ao aumento do território artificializado (Quadro 11).

As áreas ardidas nos incêndios de 2001 e 2005 (com 2 766 ha e 2 463,21 ha ardidos, respetivamente) resultaram em áreas que, em 2007, estão sobretudo ocupadas por Matos, como se pode comprovar no mapa da COS 2007, com vastas áreas a castanho, Matos, no norte e nordeste do município, representando áreas em recuperação ou com sucessão vegetal alterada (Figura 12).

Em conjunto, Florestas e Matos totalizam, em 2007, 67,0% da área do município, mantendo a preponderância da componente silvestre observada em 1995 (Quadro 11).

Em 2010, a categoria Florestas mantém-se como a principal ocupação do solo, abrangendo 9 713,60 hectares, o que corresponde a 44,3% da área total do município. Comparativamente a 2007 (43,8%), verifica-se um ligeiro aumento de 0,6% na área florestal, apesar do incêndio de 2009 (Quadro 11). Este crescimento pode indicar a recuperação de algumas áreas afetadas por incêndios anteriores ou novas plantações, classificadas como áreas de Floresta.

Contudo, a categoria Matos continua a ter uma expressão muito significativa, ocupando 5 068,18 hectares, representando 23,1% do território. Em relação a 2007 (23,3%), observa-se uma ligeira diminuição de aproximadamente 0,1% na área de Matos (Quadro 11). Esta persistência de uma vasta

área de Matos é fortemente influenciada pelo impacte dos sucessivos incêndios que devastaram milhares de hectares dos espaços silvestres do município de Fafe, durante toda a primeira década dos anos 2000, e, crucialmente, o grande incêndio de 2009 (1 904,02 ha ardidos). As áreas afetadas por este último incêndio estarão, em 2010, predominantemente ocupadas por Matos em praticamente toda a extensão Leste do município, representando a fase inicial de regeneração pós-incêndio. O mapa da COS 2010 continua a mostrar grandes manchas castanhas (matos), especialmente nas áreas que historicamente foram mais afetadas por incêndios (Figura 13).

Em conjunto, as Florestas e os Matos totalizam 67,5% da área do município em 2010 (Quadro 11). Esta percentagem global mantém a preponderância da componente silvestre observada em 1995 e 2007, refletindo, contudo, a tentativa de recuperação das áreas florestais, com um ligeiro aumento da sua extensão.

Em 2015, as Florestas continuam a ser a categoria de ocupação do solo mais expressiva, abrangendo 9 755,66 hectares, o que representa 44,5% da área total do município (Quadro 11). Comparando com o ano de 2010 (44,3%), verifica-se um ligeiro aumento de 0,2 pontos percentuais na área florestal, que se referem a 42,06 hectares. Este crescimento, ainda que modesto, sugere uma resiliência ou um esforço contínuo na recuperação e expansão da área florestal, apesar dos impactes cumulativos dos incêndios da década de 2000 e dos grandes incêndios mais recentes de 2010 e 2013.

A categoria Matos mantém a tendência de ligeira descida, permanecendo com uma área de 4992,43 hectares, correspondendo a 22,8% do território. Em relação a 2010 (23,1%), observa-se uma ligeira diminuição de 0,3% na área de matos, correspondendo a 75,75 hectares.

As áreas ardidas nos incêndios de 2010 e 2013 estarão, em 2015, em áreas de interface entre áreas de matos e florestais, representando as fases intermediárias de regeneração pós-incêndio (Figura 14).

O valor global das Florestas e dos Matos totalizam aproximadamente 67,3% da área do município, em 2015, mantendo a tendência ao longo das cartas analisadas.

De facto, a dinâmica observada sugere um esforço contínuo de adaptação da paisagem face aos distúrbios cíclicos provocados pelo fogo, com um aumento progressivo da área florestal face à área de Matos ou de espaços com vegetação esparsa.

Em 2018, comparativamente a 2015 (44,5%), volta a verificar-se um ligeiro aumento de 0,2% na área florestal, cobrindo 9 801,87 hectares, o que corresponde a 44,7% da área total do município (Quadro

11). Este crescimento, embora marginal, é notável dada a ocorrência de um incêndio de grande escala em 2016.

Apesar desta diminuição percentual, é fundamental considerar que o grande incêndio de 2016 (quase 3 000 ha ardidos, distribuído pela faixa norte do município, mas também com uma grande mancha contínua a Este) terá, em 2018, contribuído significativamente para a manutenção de uma vasta extensão de Matos, com 4 920,20 hectares, correspondendo a 22,5% da área total (Figura 15).

O cenário de 2018 em Fafe é marcado pela dinâmica da ocupação do solo em Fafe e fortemente moldado pela interação entre o crescimento florestal e a recorrência e crescente intensidade dos incêndios.

Em 2024, observando a Carta da Ocupação do Solo Conjuntural Pós-incêndios (Figura 16), pode-se concluir a consolidação do aumento dos territórios artificializados face ao primeiro ano deste período de análise. Assim, uma substituição de vastas áreas de matos por superfícies sem vegetação ou com vegetação herbácea espontânea. As áreas destas três categorias conjugadas, correspondem às áreas ardidas nos grandes incêndios de 2022, com 1 525,44 hectares ardidos, e de 2024, que percorreu 2 956,66 hectares.

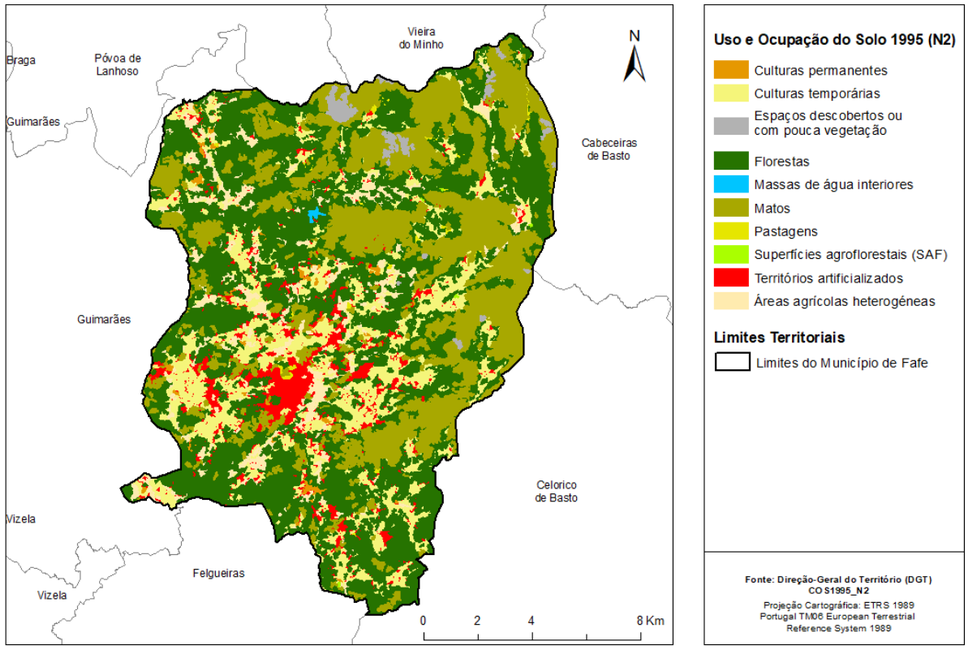


Figura 12. Ocupação do Solo (COS1995 - N2), do município de Fafe

Fonte: Direção-Geral do Território (DGT), 2021.

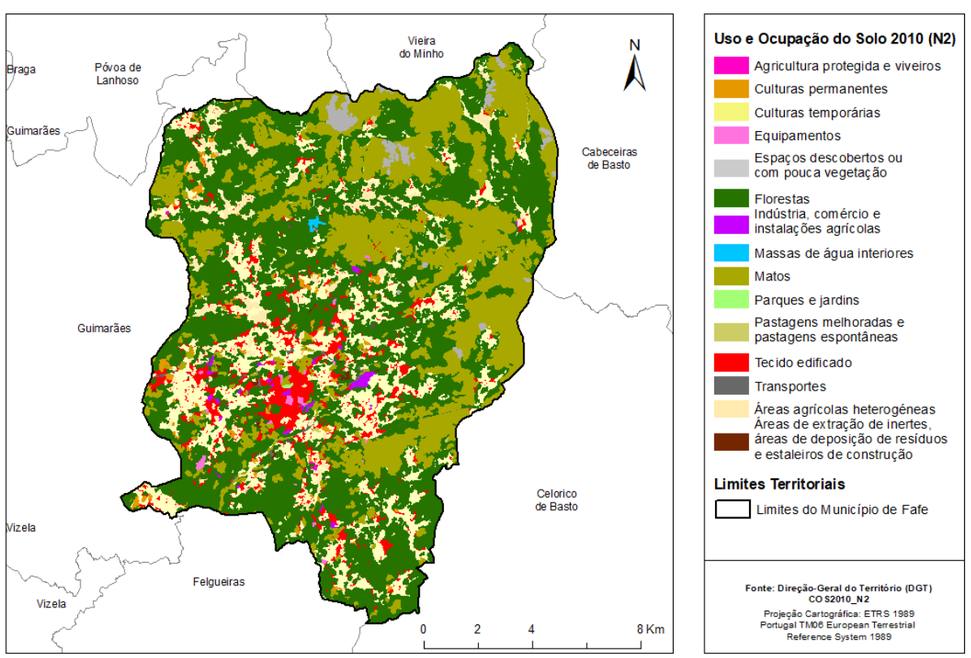


Figura 13. Ocupação do Solo (COS2007 - N2), do município de Fafe

Fonte: Direção-Geral do Território (DGT), 2021.

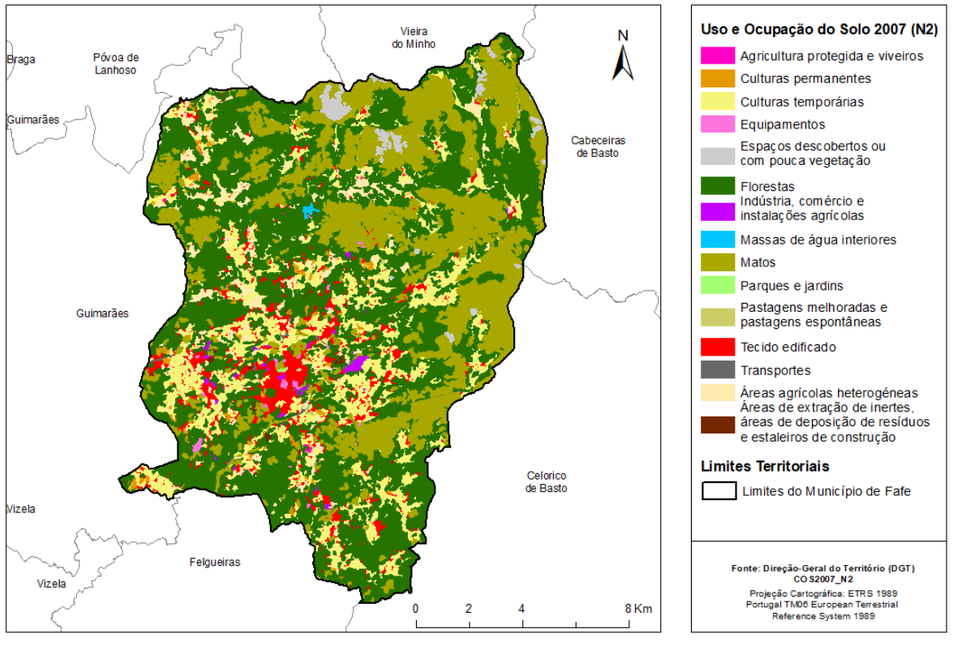


Figura 14. Ocupação do Solo (COS2015 - N2), do município de Fafe

Fonte: Direção-Geral do Território (DGT), 2021.

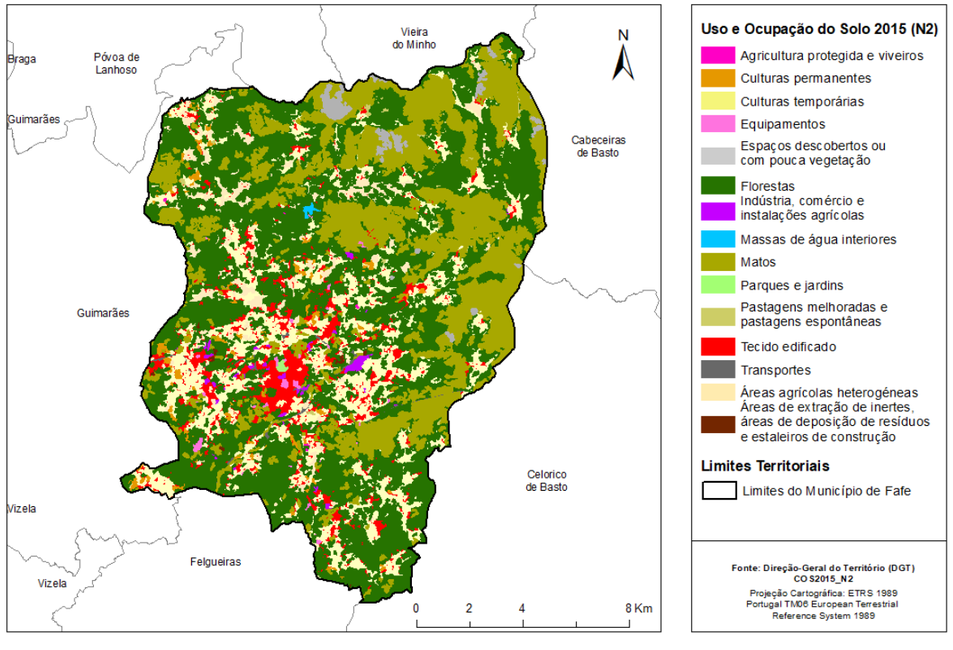


Figura 15. Ocupação do Solo (COS2015 - N2), do município de Fafe

Fonte: Direção-Geral do Território (DGT), 2021.

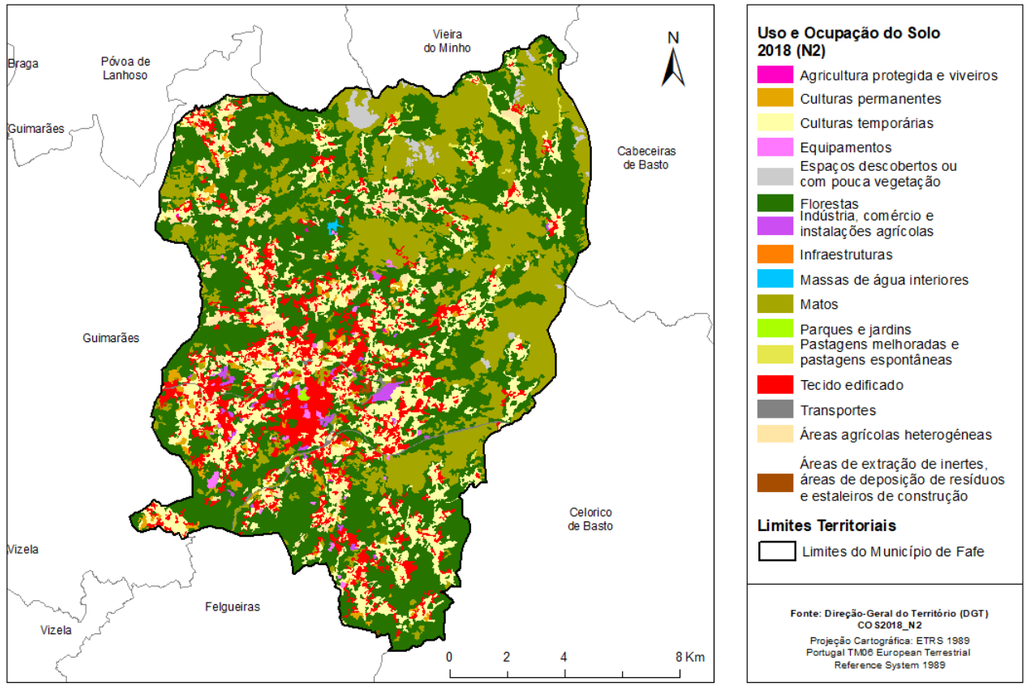
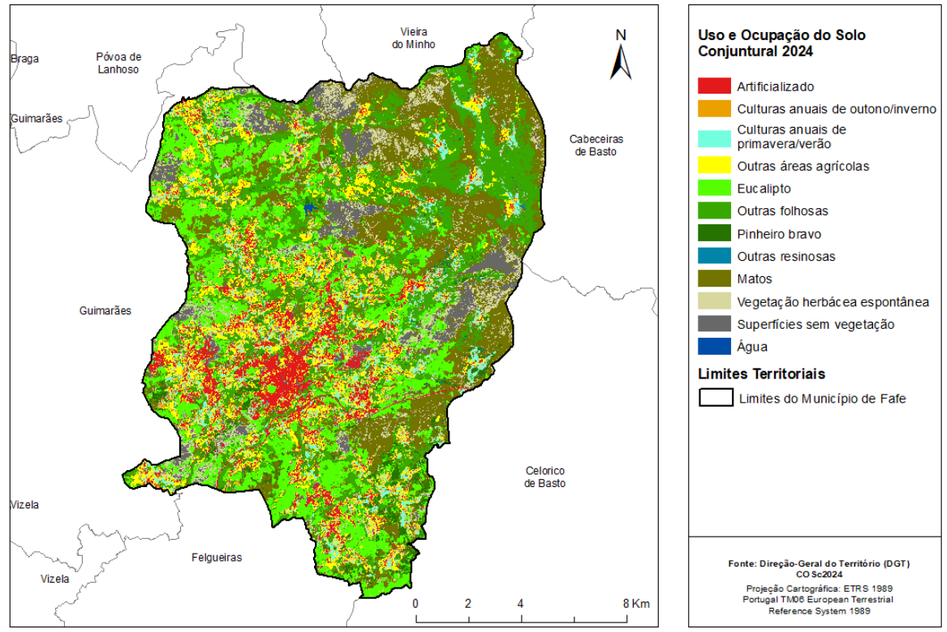


Figura 16. Ocupação do Solo (COS2018 - N2), do município de Fafe

Fonte: Direção-Geral do Território (DGT), 2025.

Figura 17. Ocupação do Solo Conjuntural, do município de Fafe, 2024

Fonte: Direção-Geral do Território (DGT), 2024.



3.2. Áreas ardidas: evolução do número anual de ocorrências e distribuição geográfica das áreas ardidas

Entre 2000 e 2007, o município de Fafe foi afetado por incêndios rurais com uma distribuição geográfica heterogénea e severidade variável, destacando-se os anos de 2001 como o mais crítico, com 2 766 hectares ardidos, e 2005, com 2 463,21 (Quadro 12). Apesar de todo o município ter sido amplamente afetado por incêndios nesse período temporal, o mapa das áreas ardidas revela uma concentração significativa de ocorrências na metade Norte e Nordeste do município, abrangendo freguesias como Travassós, Fornelos, Medelo e Regadas, onde se observam manchas de áreas ardidas mais extensas e esparsas (Figura 17). Em contrapartida, a porção central e Sul do município, incluindo a sede, Fafe, registou uma incidência menor de áreas ardidas.

Entre 2009 e 2018, as grandes áreas ardidas no Norte e Nordeste do município sugerem incêndios de grandes dimensões que atravessaram mais de um município, alimentando-se da grande mancha florestal que une Fafe a Cabeceiras de Basto, Vieira do Minho e Póvoa de Lanhoso (Figura 18).

A área ardida atual dos incêndios ao longo desse período apresentou flutuações significativas. O ano de 2016 destacou-se como o mais crítico, com 2 935,55 ha queimados, o equivalente a 13,4% da área total do município. Este valor não só foi o mais alto da década como também quase duplicou o registado no segundo pior ano, 2010, que teve 2 544,14 ha ardidos (11,6%). O terceiro ano mais afetado foi 2009, com 1 904,02 ha consumidos pelo fogo (8,7%). Em contraste, 2014 e 2018 foram os anos com menor impacte, registando apenas 131,15 ha (0,6%) e 221,47 ha (1,0%) ardidos, respetivamente (Quadro 12).

A análise dos dados permite identificar um padrão cíclico, com anos de extensa área ardida (como 2009–2010 e 2016) intercalados por períodos de relativa calma. O município de Fafe enfrentou, entre 2016 e 2024, um período marcado por um aumento substancial da área ardida, revelando padrões preocupantes tanto na distribuição geográfica quanto nos níveis de destruição.

Do ponto de vista geográfico, os incêndios mostraram uma clara tendência de propagação intermunicipal, afetando não apenas Fafe, mas também municípios vizinhos como Póvoa de Lanhoso, Vieira do Minho e Guimarães (Figura 19). As áreas mais críticas concentraram-se nas áreas florestais limítrofes, onde a continuidade da vegetação e as características topográficas parecem ter criado condições ideais para a progressão das chamas.

O ano de 2024 destacou-se como o mais devastador do período, com 2 956,66 ha ardidos, valor que supera até o grande incêndio de 2016. Este recorde negativo foi precedido por 2022, com 1 525,44 ha

ardidos. A diminuição significativa da área ardida em 2019, com 233,9 ha ardidos, verificou-se igualmente em 2021 e 2023, com valores mais moderados, confirma a tendência cíclica de grandes incêndios serem seguidos de anos com menores áreas ardidas (Quadro 12).

Para o pico de 2024 podem ter contribuído os impactes das mudanças climáticas ao nível municipal, com verões mais longos, secos e quentes, criando condições ideais para a propagação descontrolada de incêndios.

Quando comparado com o período 2009–2018, o último quinquénio mostra uma clara intensificação do problema. A média anual de área ardida aumentou significativamente, e o ano de 2024 estabeleceu um novo recorde absoluto para o município. Esta tendência ascendente coloca desafios urgentes ao ordenamento do território e tem implicações na ocupação do solo que serão analisadas de seguida.

Quadro 12. Área ardida (em ha e em %) no Município de Fafe (2000–2024)

Ano	Área ardida (ha)	Área ardida (%)*
2000	476,59	2,18
2001	2766	12,63
2002	942,72	4,3
2003	664,61	3,03
2004	896,5	4,09
2005	2463,21	11,24
2006	1117,98	5,1
2007	766,6	3,5
2009	1904,02	8,69
2010	2544,14	11,61
2011	842,21	3,84
2012	832,94	3,8
2013	1558,56	7,11
2014	131,15	0,6
2015	783,72	3,58
2016	2935,55	13,4
2017	1063,83	4,86
2018	221,47	1,01
2019	233,9	1,07
2020	665,44	3,04
2021	310,52	1,42
2022	1525,44	6,96
2023	386,23	1,76
2024	2956,66	13,5

*em relação à área total do município. Fonte: ICNF, 2024.

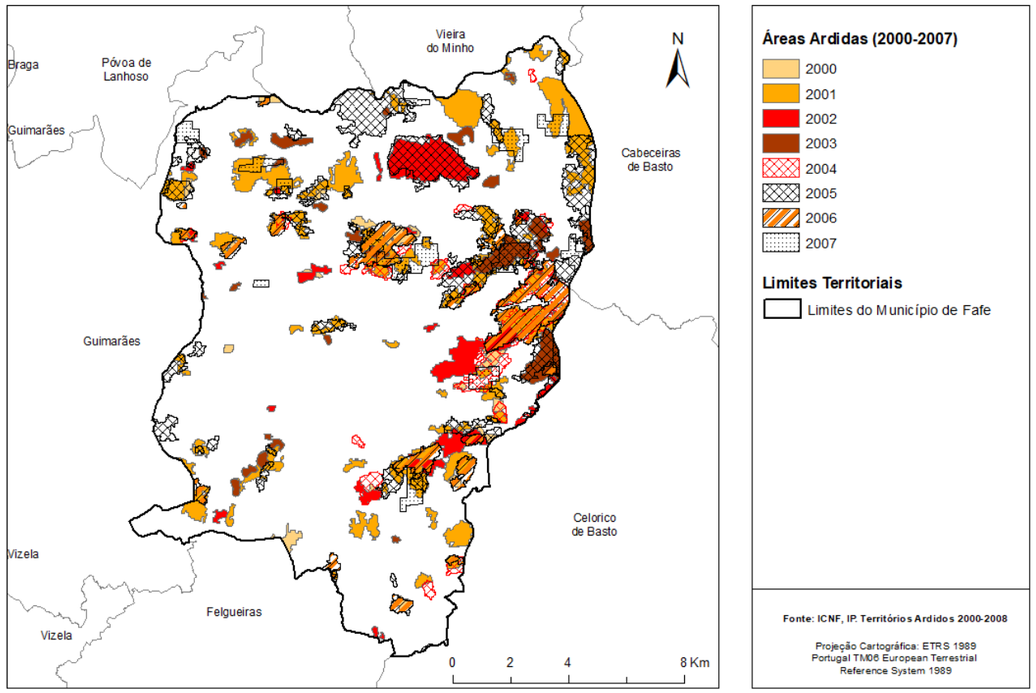


Figura 18. Áreas ardidas no município de Fafe (2000–2008)

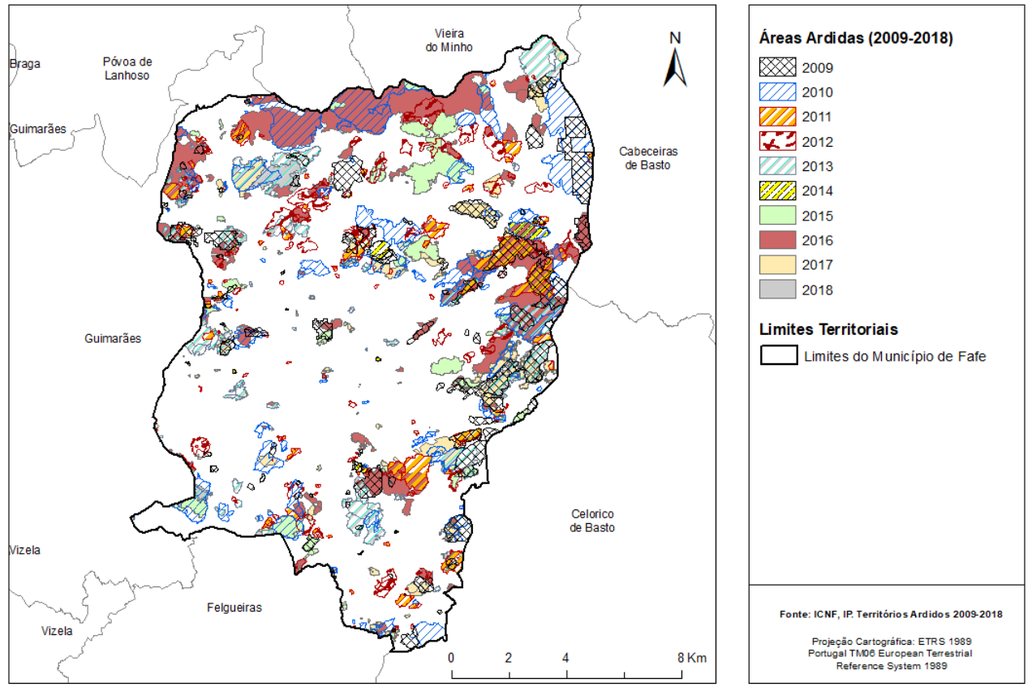
Fonte: ICNF, 2024.

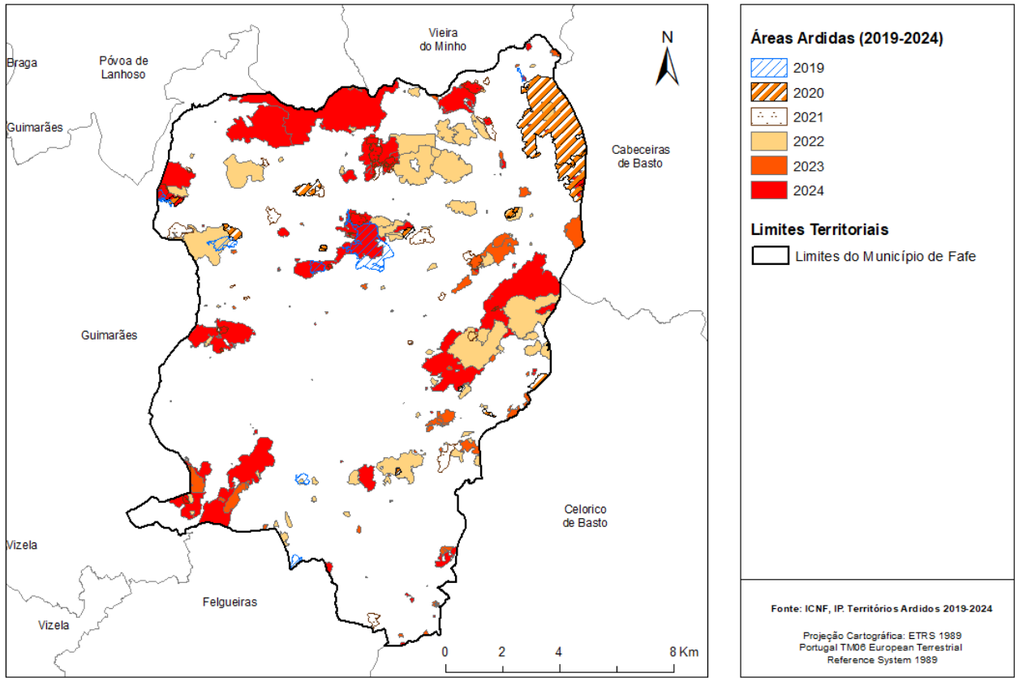
Figura 19. Áreas ardidas no município de Fafe (2009–2018)

Fonte: ICNF, 2024.

Figura 20. Áreas ardidas no município de Fafe (2019–2024)

Fonte: ICNF, 2024.





Ao analisar a recorrência de incêndios em Fafe (Figura 20), que reuniu a ocorrência de incêndios naquele território entre 2000 e 2024, revela-se uma distribuição espacial heterogénea, com uma concentração crítica de episódios nas vertentes serranas a Norte e Nordeste. Nestas áreas, próximas dos limites com Vieira do Minho e Cabeceiras de Basto, observam-se manchas onde o fogo ocorreu entre 6 e 10 vezes no período estudado. Esta elevada recorrência sugere a existência de focos crónicos que desafiam as estratégias de prevenção local, contrastando com o Sul do município, onde a recorrência é significativamente menor ou nula.

Ao cruzar estes dados com a ocupação do solo, nota-se que as áreas de maior recorrência coincidem com as áreas de Matos e Floresta. O domínio de espécies como o pinheiro-bravo e o eucalipto, aliados à persistência de matos em áreas de declive acentuado, cria um contínuo combustível favorável à propagação do fogo (Bento-Gonçalves *et al.*, 2011). Em contraste, as áreas de Agricultura, mas especialmente as áreas próximas aos territórios artificializados em redor do centro urbano de Fafe funcionam como barreiras, apresentando uma recorrência quase inexistente.

A evolução das cartas de ocupação entre 1995 e 2018 mostra uma manutenção das tipologias vegetais mais inflamáveis nas áreas de maior risco, o que ajuda a justificar a recorrência do fenómeno dos incêndios em Fafe. A transição para 2024 reforça a presença de superfícies sem vegetação ou com vegetação herbácea espontânea em locais anteriormente fustigados, muitas vezes resultado da degradação causada pela própria repetição dos fogos.

A recorrência dos incêndios florestais reflete, de forma indireta, todas as variáveis envolvidas no processo, abrangendo desde as condições físicas do ambiente até às causas diretas e indiretas dos incêndios, principalmente de origem humana (dos Santos *et al.*, 2023). A recorrência dos incêndios pode também estar relacionada com a eficiência das medidas de prevenção, vigilância, deteção e combate aos incêndios (Ferreira-Leite *et al.*, 2010).

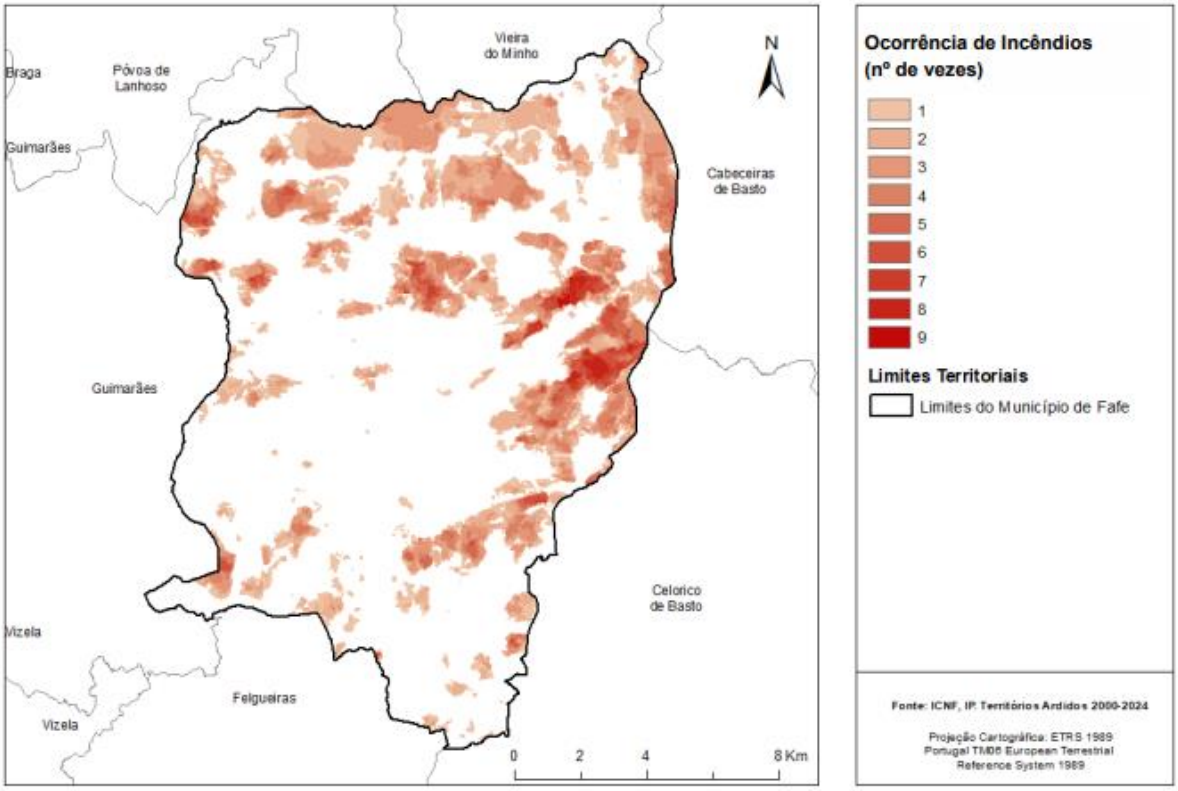


Figura 21. Ocorrência de incêndios no município de Fafe entre 2000 e 2024

Fonte: ICNF, 2024.

4. As mudanças climáticas e a floresta do município de Fafe

O presente capítulo dedica-se à análise da estratégia e das vulnerabilidades do município de Fafe face às mudanças climáticas, examinando, primeiramente, os impactes retratados nos instrumentos de planeamento local, com particular enfoque no Plano Municipal de Ação Climática (PMAC), identificando-se os setores mais críticos e a relação histórica entre fenómenos extremos, como as ondas de calor, e a incidência de incêndios rurais no município. Seguidamente, apresentam-se as projeções e cenários climáticos futuros (RCP4.5 e RCP8.5) baseados em modelos de circulação global, que antecipam variações significativas na temperatura e precipitação para a região em que se insere o município até ao final do século XXI. Por fim, este capítulo avalia a capacidade adaptativa da floresta no município de Fafe, adaptando o Índice de Adaptação Urbana (UAI - Urban Adaptation Index) desenvolvido por Neder *et al.* (2021) à realidade portuguesa, mais concretamente aos instrumentos e ações de adaptação às mudanças climáticas direcionados para o setor florestal.

4.1. Impactes das mudanças climáticas na floresta no município de Fafe

Em 2023, o Município de Fafe aprovou o Plano Municipal de Ação Climática de Fafe (PMAC). Este instrumento é uma obrigação imposta aos municípios pela Lei de Bases do Clima e a sua construção no município de Fafe teve em consideração outros instrumentos pré-existentes que abordaram as mudanças climáticas no município, ou no território mais envolvente onde este se insere, direcionados para diferentes setores, como demonstra o Quadro 13.

Quadro 13. Documentos orientadores da política municipal em matéria de mudanças climáticas

Instrumento	Objetivo/ Enquadramento	Âmbito
Pacto de Autarcas para o Clima (2011)	O Pacto de Autarcas (target 2020) foi uma iniciativa, lançada em 2008 pela Comissão Europeia, que visava apoiar os esforços desenvolvidos pelas autoridades locais na aplicação de políticas energéticas sustentáveis. O Município de Fafe aderiu ao Pacto de Autarcas para o Clima, em 2011, e para formalizar a adesão, apresentou, em 2012, o Plano de Ação para a Energia Sustentável17 (PAES)	Europeu

Instrumento	Objetivo/ Enquadramento	Âmbito
Plano de Ação Sustentabilidade Energética de Fafe (2012)	Realizado no seguimento da adesão do município ao Pacto de Autarcas, o Plano de Ação integra uma análise da matriz energética, bem como um inventário de referência de emissões. Elaborou também um conjunto de medidas de sustentabilidade energética para promover o cumprimento da meta municipal de redução de 21% das emissões de CO2 até 2020.	Municipal
Plano de Mobilidade Urbana Sustentável de Fafe (2017)	Define a visão do município em matéria de mobilidade para os 10 anos subsequentes à criação do plano. Este plano tem como objetivo: promover os modos sustentáveis de transporte e a sua articulação integrada; recentrar a mobilidade na pessoa; garantir acessibilidade universal em todo o espaço público; garantir a segurança das deslocações; humanizar o espaço público; contribuir para um maior equilíbrio entre a vertente ambiental e as preocupações económicas e sociais.	Municipal
Plano Intermunicipal de Adaptação às Alterações Climáticas do Ave (2020)	O PIAAC do Ave é um estudo promovido pela Comunidade Intermunicipal do Ave (CIM do Ave) com o objetivo de analisar as mudanças climáticas e o seu impacto na região. Este estudo avalia os desafios e as oportunidades que estas mudanças trazem, a nível municipal e intermunicipal. Foi criado para cumprir as diretrizes da ENAAC, com o intuito de implementar as metas de adaptação climática a nível regional, assegurando que o território do Ave cumpre os seus compromissos nesta área.	Regional
Plataforma ODS Local	A Plataforma Municipal dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS Local) tem como objetivo adaptar a Agenda 2030 proposta pelas Nações Unidas em 2015 à realidade dos municípios portugueses. Atualmente, o Município de Fafe integra a plataforma o que lhe permite comunicar a sua evolução nas temáticas relativas aos diferentes ODS.	Mundial

Instrumento	Objetivo/ Enquadramento	Âmbito
Agenda Municipal para a Ação Climática de Fafe (2023)	Agenda Municipal centrada nos objetivos locais, regionais, nacionais de desenvolvimento sustentável, que visa ser um instrumento integrador dos vários documentos, legislação, pactos, estudos e ferramentas existentes.	Municipal
Roteiro Municipal para a Descarbonização (2023)	Este documento identifica o caminho a seguir pelo município ao nível dos setores da energia estacionária e dos transportes para que a sua atividade em Fafe se torne mais sustentável e assim se verifique uma significativa descarbonização desses setores.	Municipal
Plano Municipal de Ação Climática de Fafe (2023)	O PMAC de Fafe inclui uma componente de mitigação onde é feita a caracterização do perfil de emissões de GEE do município (ano base 2015), nomeadamente nos setores da energia estacionária e dos transportes, representando 52% e 48% das emissões, respetivamente. De seguida, é avaliado o esforço necessário na transição rumo à descarbonização dos setores-chave do Município de Fafe, à luz de dois cenários para o período 2015 2050. Integra, também, a componente de adaptação às alterações climáticas que inclui a análise do contexto climático atual da região e a respetiva evolução das variáveis climáticas e, ainda, a avaliação da vulnerabilidade municipal em cenários de alterações climáticas e respetivos impactes.	Municipal

Fonte: Adaptado de Município de Fafe (2023).

O PMAC de Fafe faz primeiramente uma caracterização da situação atual do município, estabelecendo o seu perfil de emissões de GEE nos setores da energia e transportes, avançando posteriormente para uma fase de definição de estratégias de mitigação e adaptação às mudanças climáticas.

Para calcular as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) no PMAC, foram considerados apenas os setores de Energia Estacionária e Transportes, excluindo o setor de Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU). No setor da energia estacionária, foram incluídos os subsetores residencial, de edifícios e instalações comerciais e institucionais, indústrias transformadoras e de construção, indústrias e energia, agricultura, silvicultura e pesca, e as emissões resultantes dos sistemas petrolíferos e de gás natural. Já no setor dos transportes, o cálculo abrangeu os transportes rodoviários e os *off-road* (Município de Fafe, 2023).

Os resultados estimam que as emissões de CO_2e dos setores da energia estacionária e transportes do município de Fafe totalizando 152 $ktCO_2e$[4]. À data desta análise, o setor com uma maior fatia das emissões do município é a Energia Estacionária (52%) ficando o restante valor de emissões calculadas a dever-se ao setor dos Transportes (48%) (Município de Fafe, 2023).

Quanto à identificação vulnerabilidades climáticas futuras, o PMAC não vai além do que já fora identificado no PIAAC do Ave, onde é feito um estudo sobre os cenários e riscos climáticos na Europa, Portugal e na CIM do Ave.

Os cenários climáticos utilizados no PIAAC do Ave foram criados com base em projeções da ferramenta KNMI Climate Explorer, do Royal Netherlands Meteorological Institute (Serviço Nacional de Meteorologia dos Países Baixos). Foram feitas projeções para a temperatura e a precipitação para o período de 2071 a 2100, utilizando dois cenários climáticos principais: o RCP4.5, com 42 simulações, e o RCP8.5, com 39 simulações (Município de Fafe, 2023).

Os resultados das projeções concluem uma diminuição acentuada da precipitação e o aumento de dias com temperaturas muito elevadas, acompanhados por eventos extremos como secas, ondas de calor, tempestades e chuvas intensas (Município de Fafe, 2023).

Prevê-se igualmente que, na sub-região do Ave, o total de dias com risco elevado ou extremo de incêndio mais do que duplique. Além dos prejuízos económicos resultantes da destruição dos povoamentos florestais, existem ainda impactes como o aumento do risco de erosão e perda de solo, a poluição dos cursos de água e a degradação da biodiversidade e da paisagem (Município de Fafe, 2023).

Observa-se também um risco considerável de cheias e inundações, resultado do aumento de episódios de chuva extrema, da perda de cobertura vegetal provocada pelos incêndios, do crescimento das áreas impermeabilizadas e da edificação em zonas de leito de cheia (Município de Fafe, 2023).

Prevê-se um aumento do risco de erosão e deslizamentos de terras, com possíveis danos a edifícios, infraestruturas de transporte, redes de energia, comunicações, abastecimento e drenagem, bem como a centrais de produção energética. Além dos impactes de temperaturas e precipitação extremas, os episódios de ventos fortes poderão agravar a situação. A vulnerabilidade social e a fraca capacidade de inovação aumentam o risco para a saúde de parte significativa da população, incluindo problemas ligados ao *stress* térmico, comprometendo a coesão regional. Esperam-se ainda períodos de escassez localizada de água, afetando o consumo humano, a agricultura e a indústria, agravados pela dependência e

[4] 152 milhares de toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO_2e).

degradação dos recursos. Outros efeitos incluem migrações, invasões biológicas e mudanças nos padrões de consumo e produção alimentar e energética (Município de Fafe, 2023).

De facto, estes instrumentos identificam como expectável que os riscos associados às mudanças climáticas provoquem um aumento da mortalidade associada a fenómenos de calor extremo, aumento da procura de energia para arrefecimento, períodos de escassez nos recursos hídricos, perda de *habitats*, e incêndios florestais (Município de Fafe, 2023).

Após a identificação das vulnerabilidades futuras no PMAC de Fafe, e num contexto onde se verifica a intensificação de episódios de temperaturas elevadas, secas e incêndios, torna-se fundamental analisar a correlação entre estes fenómenos para melhor compreender os desafios de adaptação e mitigação local face às mudanças climáticas.

Para tal, tornou-se primeiramente necessário clarificar o conceito de onda de calor. Os fenómenos meteorológicos e climáticos extremos são, de forma geral, definidos como condições meteorológicas ou climáticas severas que provocam impactes devastadores nas paisagens humanas e naturais (Bunting *et al.*, 2024). Contudo, embora a maior parte dos fenómenos climatológicos possua definições relativamente bem estabelecidas, as ondas de calor constituem uma exceção. Não existe consenso mundial quanto à sua definição, sendo habitualmente entendidas apenas como períodos prolongados de calor extremo (Bunting *et al.*, 2024).

Em Portugal, o IPMA rege-se pelo índice de duração de Onda de calor da Organização Meteorológica Mundial (OMM), que considera que ocorre uma onda de calor quando, num intervalo de pelo menos 6 dias consecutivos, a temperatura máxima diária é superior em 5° C ao valor médio diário no período de referência (Lopes *et al.,* 2025; Peterson *et al.*, 2001).

A ignição, a propagação e o comportamento dos incêndios florestais depende de vários fatores e, que segundo o conhecido triângulo dos incêndios, podem ser divididos em: meteorologia, topografia e vegetação (Alves *et al.*, 2023).

A temperatura do ar num dado local apresenta um ciclo diurno regulado pela radiação solar e pode variar com a entrada de massas de ar mais quentes ou frias, sendo este ciclo crucial para os incêndios florestais, pois temperaturas elevadas favorecem a secagem dos combustíveis, e, num cenário de mudanças climáticas, a previsão dos fatores meteorológicos e das suas variações temporais é fundamental para compreender e estimar a propagação e gravidade dos incêndios, possibilitando o planeamento para eventuais grandes ocorrências (Alves *et al.,* 2023).

Para analisar a correlação entre as ocorrências de incêndios rurais no município de Fafe e o período de ondas de calor, procedeu-se, no Quadro 14, ao cruzamento das datas de ignição dos incêndios com os períodos de onda de calor. Esta análise recorreu à informação cartográfica sobre os territórios ardidos, disponibilizada no geoCATALOGO do ICNF, e aos boletins climatológicos mensais do IPMA, cobrindo o período de 2014 a 2024, tendo como estação de referência a estação meteorológica de Braga. O objetivo foi determinar tanto o número de incêndios rurais ocorridos durante ondas de calor como a área total, em hectares ardidos, nessas condições climático-meteorológicas.

Quadro 14. Incêndios ocorridos durante ondas de calor no município de Fafe

Ano	Mês	Nº de ocorrências	Causa	Total de área ardida durante onda de calor (ha)	Total de área ardida no mês (ha)	Percentagem de área ardida durante onda de calor face ao mês (%)	Total de área ardida no ano (ha)	Normal climatológica (1971-2000)			Normal climatológica (1991-2000)			Caracterização meteorológica do período de onda de calor				
								Média da Temp. Méd. Diária (°C)	Média da Temp. Máx. Diária (°C)	Média da Temp. Mín. Diária (°C)	Média da Temp. Méd. Diária (°C)	Média da Temp. Máx. Diária (°C)	Média da Temp. Mín. Diária (°C)	Média da Temp. Méd. Diária (°C)	Média da Temp. Máx. Diária (°C)	Média da Temp. Mín. Diária (°C)	Média da Humidade Méd. Diária (%)	Vento médio (km/h)
2014	Maio	2	Incendiarismo - Imputáveis	43.24	43.21	100%	131.15	15	20.4	9.7	16.7	23.0	10.4	22.3	30.6	15.7	27.2	7.2
2015	Abril	12	Incendiarismo - Imputáveis (2); Estruturais - Caça e vida selvagem (4); Estruturais - Outras (2); Reacendimentos (2); Indeterminadas (2)	239.14	239.14	100%	783.72	12.6	17.9	7.3	13.7	19.6	7.8	17.3	25	11.4	56.9	7.5
2016	Agosto	17	Incendiarismo - Imputáveis (9); Indeterminadas (7); Uso do fogo - Lançamento Foguetes(1)	1369.08	1875.28	73%	2935.55	20.6	27.5	13.7	21.4	28.7	14.0	24.6	32.8	18.2	37.3	6.9
	Setembro	16	Incendiarismo - Imputáveis(10); Reacendimentos(1); Indeterminadas(4)	730.53	842.37	86.7%		19	25.4	12.5	19.7	26.9	12.4	23	30	17.7	58.6	3.6
	Outubro	2	Indeterminadas(2)	90.56	110.86	81.7%		15.3	20.7	9.9	16.1	22.2	10.1	18.7	26.5	12.9	59.4	2.9
2017	Abril	16	Incendiarismo - Imputáveis(7); Queimas amontoados de sobrantes florestais ou agrícolas(2); Indeterminadas(7)	202.89	218.71	92.8%	1063.83	12.6	17.9	7.3	13.7	19.6	7.8	18.5	26.3	12	52.8	4.6
	Maio	2	Incendiarismo - Imputáveis(1); Indeterminadas(1)	79.36	79.36	100%		15	20.4	9.7	16.7	23.0	10.4	22.7	32.8	17.1	56.8	7.8
	Junho	1	Incendiarismo - Imputáveis(1)	1.28	3.39	37.8%		18.6	24.6	12.5	19.7	26.1	13.2	26.3	34.3	18.8	78.6	6.7
2018	Setembro	1	Incendiarismo - Imputáveis(1)	146.55	146.55	100%	221.46	19	25.4	12.5	19.7	26.9	12.4	20.7	27	16.2	58.3	10.3
2019	Março	1	Incendiarismo - Imputáveis(1)	9.67	9.67	100%	233.9	11.5	16.9	6.1	11.9	17.8	5.9	17.2	24.1	10.7	41.6	0
2020	Julho	5	Incendiarismo - Imputáveis(4); Reacendimentos(4)	20.81	20.81	100%	665.44	20.9	27.5	14.3	21.2	28.2	14.3	28.2	35.9	20.8	52.9	0
2022	Maio	4	Estruturais - Caça e vida selvagem(2); Queimadas de sobrantes florestais ou agrícolas(2)	195.13	208.83	93.4%	1525.44	15	20.4	9.7	16.7	23.0	10.4	20	28.1	13	68.3	6.3
	Julho	9	Estruturais - Caça e vida selvagem(4); Estruturais - Uso do solo(1); Queimadas de sobrantes florestais ou agríolas(2); Incendiarismo - Imputáveis(2)	160.68	181.72	88.4%		20.9	27.5	14.3	21.2	28.2	14.3	25.5	33.7	19.6	63.9	5.1
2023	Abril	8	Estruturais - Caça e vida selvagem(4); Queimadas de sobrantes florestais ou agricolas(1); Queimadas para gestão de pasto para gado(1); Incendiarismo - Imputáveis(2)	43.35	50.7	85.5%	386.23	12.6	17.9	7.3	13.7	19.6	7.8	15.9	22.7	10.3	59.4	3.9
	Outubro	4	Estruturais - Caça e vida selvagem(4)	121.83	121.83	100%		15.3	20.7	9.9	16.1	22.2	10.1	21.6	29.3	15.8	56.2	2
2024	Abril	6	Queimas amontoados de sobrantes florestais ou agrícolas(4); Queimadas para gestão de pasto para gado(4)	14.01	18.69	74.9%	2956.66	12.6	17.9	7.3	13.7	19.6	7.8	19.6	27.4	13	42.5	3.1

Fonte: Elaboração própria com base em dados do IPMA (2026) e da plataforma Weather Underground (2026).

A análise do Quadro 14 revela que em todos os anos, entre 2014 e 2024, excetuando 2021, ocorreram incêndios no município de Fafe durante ondas de calor, evidenciando uma estreita relação entre o aumento das temperaturas extremas e o risco de ocorrência de incêndios.

As ondas de calor podem ocorrer em qualquer época do ano, mas manifestam-se com maior frequência e intensidade no verão, nos meses de junho, julho e agosto, estando na sua maioria associadas a circulações anticiclónicas com advecção de ar quente e seco proveniente do Norte de África e da Europa Oriental, ou ar quente e húmido transportado do Sudoeste (Cunha, 2012).

Contudo, é importante salientar que as ondas de calor também são muito frequentes nos meses de primavera. Nos últimos anos, destaca-se em abril as ondas de calor de 2017 e de 2023, de grande duração e extensão, abrangendo quase todo o território nacional (IPMA, 2024).

Para melhor analisar a excecionalidade das condições meteorológicas destes períodos, que contribuíram para os incêndios registados no território de Fafe, procurou-se comparar as condições meteorológicas registadas nesses dias, com os valores das Normais Climatológicas para os respetivos meses. A Normal consiste em valores médios mensais de diversas variáveis meteorológicas, calculados para um período de 30 anos consecutivos de observações (Andrade, 2019).

Em maio de 2014, a temperatura média do ar em Braga foi superior à normal, com um desvio de +10,2°C (1971-2000) ou 7,6°C (1991-2020), no período de onda e calor, dos dias 13 a 18. Nestes dias, a temperatura máxima foi particularmente elevada, com valores acima dos 30 °C (IPMA, 2014). Neste período registou-se a ocorrência de 2 incêndios, cujas causas apuradas indicam que se tratou de incendiarismo, percorrendo 43,24ha do município de Fafe (ICNF, 2024).

O mês de abril de 2015 foi quente e seco. No final de mês, a seca meteorológica afetava quase todo o território nacional, com a maioria das áreas, 79%, em seca moderada (IPMA, 2015). Em relação às temperaturas, os primeiros dias do mês foram particularmente elevadas, com uma onda de calor que se estendeu de 27 de março a 7 de abril, com a média da temperatura máxima diária 7,1 °C (1971–2000) ou 5,4 °C (1991–2020) acima do valor normal. Neste mês registaram-se 12 ocorrências de incêndio, todos ocorridos durante onda de calor, que percorreram 239,14 ha do município (ICNF, 2024).

Quanto a agosto de 2016, a temperatura média, a nível nacional, foi a 5.ª mais elevada desde 1931. Neste mês, a onda de calor ocorreu entre os dias 5 e 13, com a temperatura máxima média de 5,3 °C (1971–2000) ou 4,1°C (1991–2020) acima do normal, com picos acima de 40 °C nos dias 7 e 8. Para além disso, as noites foram por vezes consideradas tropicais, o que dificultou o combate aos incêndios

(IPMA, 2016a). Em relação à precipitação, o mês foi muito seco, com um total mensal de precipitação que foi apenas 30% do valor normal (IPMA, 2016a). Estas condições meteorológicas contribuíram para as 17 ignições e os 1 369,08 ha durante o período da onda de calor (ICNF, 2024). Do período analisado neste estudo, este foi o ano com mais área ardida durante o período da onda de calor, sendo que aqui se pode concluir que as condições meteorológicas tiveram uma contribuição decisiva na maior propagação do fogo, enquanto dificultavam o seu combate.

Logo a seguir, registou-se uma nova onde de calor que começou a 31 de agosto e se prolongou até 6 de setembro, com a temperatura máxima média para estes dias de 30 °C (IPMA, 2016c). Durante este curto período de tempo arderam 730,56 ha (ICNF, 2024).

Ainda no mesmo ano, em outubro a temperatura média do ar foi a quinta mais alta desde 2000, e a temperatura máxima média foi a quarta mais alta (IPMA, 2016b). Este mês, registou uma onda de calor que afetou este território que iniciou no final de setembro e se prolongou pelos primeiros dias de outubro, com a média da temperatura máxima diária para este período 5,8 °C (1971–2000) ou 4,5 °C (1991–2020) acima do valor normal. Durante esta onda de calor, contabilizou-se 90,5 ha ardidos, sendo que dos 2 935,55 ha ardidos em Fafe em 2016, 74,6% arderam durante ondas de calor.

O mês de abril de 2017 foi marcado por uma onda de calor excecional, que durou mais de 20 dias e foi considerada a mais significativa para o mês de abril desde 1941. As temperaturas máximas chegaram, em alguns dias, a superar os 32 °C (IPMA, 2017a). Em termos de precipitação, o mês foi o mais seco desde 1931, com apenas 15% do total normal de chuva. Esta ausência de precipitação agravou a seca no país. No final do mês, 96% do território continental estava em situação de seca fraca a moderada (IPMA, 2017a). Esta situação estabeleceu as condições ideais para a propagação do fogo, tendo ardido 1 369,08 ha do território de Fafe (ICNF, 2024).

Já em maio a temperatura média do ar foi a terceira mais alta desde 1931. A temperatura máxima média dos dias de onda de calor registada na estação meteorológica de Braga (20-25) foi 12,4 °C (1971–2000) ou 9,8°C (1991–2020) superiores à normal. O dia mais quente (24) chegou a registar temperaturas acima dos 35°C (IPMA, 2017c). Durante esta onda de calor arderam 79,36 ha no município de Fafe, em apenas duas ocorrências (ICNF, 2024).

Em junho do mesmo ano, o calor foi mais intenso entre os dias 11 e 21, sendo o dia 17 o mais quente de todos, com temperaturas superiores 35°C. Nesta onda de calor, a média da temperatura máxima diária para este período foi 9,7°C (1971–2000) ou 8,2°C (1991–2020) superior à normal (IPMA, 2017b).

Contudo, este mês registou um número de ocorrências de incêndios e de área ardida pouco significativo (ICNF, 2024).

Setembro de 2018 classificou-se como o mês mais quente e extremamente seco desde 1931, com uma onda de calor significativa entre os dias 22 e 28, que contribuiu para dias e noites extremamente quentes, com valores recorde de temperatura máxima e um acréscimo da área em situação de seca meteorológica, dada a escassez de precipitação que atingiu apenas 20% do valor normal (IPMA, 2018). Durante este período ocorreu um incêndio no município de Fafe que lavrou 146,55 ha (ICNF, 2024).

Em março de 2019 a onda de calor prolongada ocorreu entre os dias 22 e 31, impulsionada por um período de temperaturas máximas diárias consistentemente acima da média a partir do dia 18 (IPMA, 2019). Este calor incomum para a época, juntamente com a precipitação abaixo do normal (74% do valor médio), levou a uma diminuição significativa da água no solo e a um agravamento da situação de seca meteorológica (IPMA, 2019). A média da temperatura máxima registada nos dias da onda de calor foi superior em 7,2 °C (1971–2000) ou 6,3 °C (1991–2020) relativamente à normal (IPMA, 2019). Neste mês, 100% da área ardida no território de Fafe (9,67 ha) foi registada durante este período (ICNF, 2024).

Em julho de 2020 o território de Fafe foi afetado por uma onda de calor que se prolongou entre os dias 9 e 18. Este cenário de calor persistente, com a temperatura mínima a manter-se sempre acima do normal a partir do dia 5, foi agravado pela seca, dado que a precipitação foi apenas 30% do valor normal, resultando num aumento da área em seca meteorológica (IPMA, 2020). A média da temperatura máxima registada nos dias de onda de calor foi 9,4 °C (1971–2000) ou 7,7 °C (1991–2020) superior à normal (IPMA, 2020). As ocorrências de incêndios deste mês também sucederam todas durante a onda de calor, com 20,81 ha ardidos (ICNF, 2024).

Em maio de 2022 registou-se um período de 5 a 14, com a média da temperatura máxima diária acima do normal em 7,7°C (1971–2000) ou 5,1°C (1991–2020), constituindo uma situação de calor extremo prolongado. Este calor atípico e persistente, com noites quentes, aliou-se à precipitação muito escassa – apenas 13% do valor normal, o que agravou drasticamente a seca meteorológica (IPMA, 2022b). Durante este período de onda de calor arderam, no município de Fafe, 195,13 ha (ICNF, 2024).

Em julho ocorreu outra onda de calor que durou grande parte do mês (2 a 18), com a média da temperatura máxima a registar uma anomalia de +6,2°C (1971–2000) ou +5,5°C (1991–2020). Neste período, o dia 12 foi o mais quente, dia em que a temperatura máxima foi superior aos 40 °C em Braga, e que foram quebrados recordes absolutos de temperaturas máxima e mínima em dezenas de estações,

intensificando a situação de seca meteorológica. Este cenário de calor e baixa precipitação (apenas 22% do normal) levou 100% do país à seca, com o território dividido entre as classes de seca severa e extrema no final do mês (IPMA, 2022a).

Em Fafe, 2022 destacou-se com um dos maiores registos de ignições e área ardida. Contudo, apenas 23,3% dessa área foi consumida durante a onda de calor, o que contrasta fortemente com o ano de 2016 — até então o pior registo — no qual 74,6% da área total ardeu precisamente em período de onda de calor.

O mês de abril de 2023 foi marcado por um calor extremo e persistente, com a ocorrência de três ondas de calor que se estenderam entre os dias 2 e 24. A par desta situação, a precipitação atingiu apenas 23% do valor normal, contribuindo para a seca e, consequentemente, para os 43,35 hectares de área ardida registados em Fafe (IPMA, 2023a; ICNF, 2024).

A onda de calor que marcou o mês de outubro de 2023 também foi extraordinariamente longa, dominando a primeira metade do mês, com temperaturas máximas constantemente superiores a 30°C. Os incêndios de outubro de 2023 ocorreram todos durante esta primeira metade do mês, resultando em 121,83 ha ardidos, situação que ficou controlada com o período de chuvas intensas da segunda metade do mês (IPMA, 2023b).

O mês de abril de 2024 foi marcado por uma onda de calor prolongada (10 a 24 de abril), durante a qual as temperaturas máximas se mantiveram atipicamente altas, atingindo ou ultrapassando os 25 °C na maioria dos dias e chegando aos 30 °C em alguns momentos. Embora a precipitação total tenha sido de apenas 56% do normal, a sua concentração no Norte do país pode ter sido crucial para mitigar o risco de incêndio florestal, evitando um agravamento da seca e limitando as ignições e a área ardida durante essa onda de calor (IPMA, 2024).

Assim da análise do Quadro 15, durante os períodos de onda de calor na primavera, verificou-se que os anos de 2015, 2017, 2022, 2023 e 2024 registaram múltiplas ocorrências de incêndios, algumas com áreas ardidas significativas. Por exemplo, em abril de 2015, ocorreram 12 incêndios que resultaram em mais de 239 hectares ardidos durante a onda de calor, enquanto em abril de 2017, 16 incêndios consumiram aproximadamente 203 hectares.

Nos meses de verão, destacam-se os incêndios de agosto e setembro de 2016, com 17 e 16 ocorrências, que consumiram mais de 1369 hectares e 730 hectares, respetivamente, durante as ondas de calor. Também julho de 2022 apresentou 5 incêndios com cerca 160 hectares ardidos.

Quanto às causas dos incêndios, observa-se que a maioria das ocorrências está associada ao incendiarismo, que representa uma significativa parcela dos casos analisados nos diversos anos avaliados. Além disso, as causas relacionadas com a caça, as queimas amontoadas de sobrantes florestais ou agrícolas, e queimadas para gestão de pasto, também são frequentemente registadas (Quadro 15).

Em conclusão, embora as ondas de calor não sejam o único fator responsável pelo elevado número de incêndios e pelas extensas áreas ardidas no município de Fafe, a correlação entre estes fenómenos meteorológicos e área ardida torna-se evidente ao longo da última década, como demonstrado pelo cruzamento dos dados entre 2014 e 2024. As condições criadas pelas ondas de calor — elevadas temperaturas, baixa humidade e secagem acelerada dos combustíveis — contribuem decisivamente para a maior propagação dos incêndios, dificultando significativamente as operações de combate e contenção (Bento-Gonçalves, 2023), uma vez que as elevadas temperaturas que se registam durante o período diurno persistem no período noturno, o que leva à ausência de recuperação do teor de humidade dos combustíveis mortos, e consequentemente a incêndios mais intensos no período noturno (Alves *et al.*, 2023).

4.2. Projeções e cenários futuros de mudanças climáticas no município de Fafe

O balanço de energia, que é o mecanismo que dirige o clima do planeta Terra, envolve processos que ocorrem entre as diferentes componentes do sistema climático: atmosfera, biosfera, criosfera, hidrosfera e litosfera. Deste modo, alterações em algum desses componentes afetam os demais por intermédio dos mecanismos de retroalimentação (*feedback*) e podem causar mudanças no clima (Monteiro *et al.*, 2021).

Neste cenário dinâmico, a ciência climática demonstra que, no século XXI, as mudanças no clima da Terra ocorrerão a uma velocidade sem precedentes (Rosselló-Nadal, 2014).

Especificamente, num contexto de mudanças climáticas aceleradas, o aumento da temperatura e a redução da precipitação intensificam os episódios persistentes de clima excessivamente quente e seco. Tais condições críticas aumentam a disponibilidade da vegetação para arder e propagar o fogo (Alves *et al.,* 2023). Por consequência, a probabilidade de ocorrência de incêndios com gravidade superior à observada tende a ser maior, resultando em "grandes incêndios" ou "mega incêndios". Estes fenómenos estão associados a condições meteorológicas extremas e a uma difícil capacidade de controlo (Bento-Gonçalves, 2021; Alves *et al.,* 2023). A secura extrema é particularmente crítica, especialmente quando o teor de humidade dos combustíveis finos mortos é inferior a 5%, o que pressupõe um risco extremo de o incêndio apresentar características extremas no seu comportamento (Alves *et al.*, 2023).

Perante esta ameaça, a análise das projeções climáticas futuras é uma premissa fundamental e urgente para o planeamento e a gestão territorial. Com efeito, torna-se essencial contribuir para a delimitação de planos de atuação que procurem mitigar e adaptar o território às mudanças climáticas, a médio e a longo prazo (Lopes, 2021).

Para antecipar estes futuros e construir um território robusto e mais resiliente, é crucial recorrer a instrumentos de modelagem e projeção climática (Lopes, 2021).

Os relatórios internacionais, como os elaborados pelo IPCC, servem de alicerce para a tomada de decisões (Lopes, 2021). Durante as últimas décadas, o IPCC consolidou-se como o principal órgão científico responsável pela avaliação das mudanças climáticas e os seus impactes, e tem planeado e desenvolvido, em parceria com diversas agências de investigação pelo mundo, vários Modelos Climáticos Globais (MCG) (França *et al.*, 2023).

Neste contexto, o papel dos modelos climáticos e dos relatórios internacionais na antecipação de cenários futuros é absolutamente central. Os MCG são ferramentas excelentes para o estudo do futuro, permitindo analisar e interpretar diversos cenários e tentar compreender como estará o ambiente em que vivemos até ao final do século (França *et al.*, 2023).

Os modelos climáticos são as principais ferramentas disponíveis para investigar a resposta do sistema climático a diferentes forçamentos, para realizar simulações do clima a escalas de tempo que vão da sazonal à decenal e para fazer projeções de futuras mudanças climáticas (Bernardino & Espírito Santo, 2015).

O modelo climático ideal deveria descrever todos os processos com relevância para o clima e todos os fenómenos até às mais pequenas escalas temporal e espacial (Santos & Miranda, 2006). Os, MCG simulam o sistema climático terrestre, incluindo a atmosfera e os oceanos, por meio de uma malha tridimensional com uma resolução horizontal de cerca de 300 km e com 10 a 40 níveis verticais (Santos & Miranda, 2006).

No entanto, os MCG, devido à sua resolução espacial grosseira, apresentam deficiências na representação de processos climáticos em regiões menores e não incorporam detalhes cruciais como a orografia local, o contraste terra-mar ou as características microclimáticas das cidades (Feser *et al.,* 2011; França *et al.*, 2023).

A necessidade de modelação a escalas mais finas decorre também do facto de que as caraterísticas locais, como a complexa geometria das superfícies urbanizadas, a variedade de formas e orientação dos

edifícios, as diferentes propriedades térmicas dos materiais, e a intensa impermeabilização do solo, influenciam significativamente os mosaicos climáticos regionais e locais (Santos & Miranda, 2006).

Apesar da importância inegável destas projeções globais, a sua aplicação direta ao nível local ou sub-regional, como é o caso de Fafe, levanta desafios de resolução espacial (Scott *et al.*, 2015). A modelagem de Modelos Climáticos Regionais (RCM), frequentemente articulada através de iniciativas como o EURO-CORDEX, visa refinar estas projeções para a Europa (Scott *et al.*, 2015; Coppola *et al.*, 2020).

Os RCM são controlados por dados de modelos globais e utilizam detalhes topográficos de alta resolução para fornecer informação climática de alta resolução, preenchendo a lacuna de escala dos modelos globais (Feser *et al.,* 2015; França *et al.*, 2023).

O *downscaling* dinâmico dos RCM é, assim, uma metodologia essencial para adicionar valor e compreender as dinâmicas locais (Feser *et al.*, 2015). Assim, a principal função dos RCM é refinar as projeções climáticas geradas pelos MCGs para serem utilizadas em escalas regionais e locais (Feser *et al.,* 2015).

Para facilitar a comparação entre estudos e a comunicação dos resultados à comunidade científica, o IPCC solicitou o desenvolvimento de uma nova série de cenários, os *Representative Concentration Pathways* (RCPs) (Van Vuuren *et al.*, 2011; Scott *et al.*, 2015).

Os RCPs são um conjunto de quatro novas trajetórias desenvolvidas como base para experiências de modelagem de longo e curto prazo (Van Vuuren *et al.*, 2011).

Estes cenários incluem o RCP 2.6, que representa a projeção mais otimista e um cenário de mitigação rigorosa, o RCP 4.5 e RCP 6.0, considerados cenários intermédios de estabilização, e o RCP 8.5, que é a projeção mais pessimista, representando um cenário com emissões de GEE muito altas e pouco esforço para restringir as emissões (Van Vuuren *et al.*, 2011; França *et al.*, 2023).

Embora a modelação de alta resolução, através dos RCMs e do *downscaling*, seja fundamental para uma análise detalhada dos impactes locais, a sua utilização é frequentemente limitada pela disponibilidade de dados abertos para o *ensemble* completo de cenários e modelos (Coppola et al., 2020).

Assim, para a introdução e contextualização das tendências climáticas gerais na região de estudo, optou-se por analisar os dados de projeção provenientes do KNMI. Este instituto disponibiliza um subconjunto de resultados do *ensemble* de MCGs do CMIP6 — nomeadamente para os cenários RCP4.5 e RCP8.5 —

por serem a referência global mais robusta e acessível para a interpretação inicial das tendências de temperatura e precipitação até ao final do século XXI no contexto europeu (Van den Hurk *et al.*, 2014).

A utilização destas projeções, nomeadamente o CMIP6 (*Coupled Model Intercomparison Project Phase 6*), é crucial porque o KNMI baseia-se neste extenso conjunto de modelos globais para a construção dos seus cenários regionais, permitindo revisitar a decomposição das mudanças de temperatura e precipitação em componentes ligadas ao aquecimento global e à circulação atmosférica regional (Van den Hurk *et al.,* 2014).

O grande número de projeções disponíveis no CMIP6, que foi a base para o Sexto Relatório de Avaliação (AR6) do IPCC, permite avaliar o desempenho regional dos modelos e identificar desvios em diferentes cenários de emissão, contribuindo para a avaliação da fiabilidade dos modelos climáticos (Ferreiro-Lera *et al.,* 2024; Weigel *et al.,* 2021).

O gráfico abaixo (Figura 21) em análise ilustra as projeções de temperatura média para o município de Fafe, comparando os dados históricos com dois cenários futuros de emissões – RCP4.5 e RCP8.5.

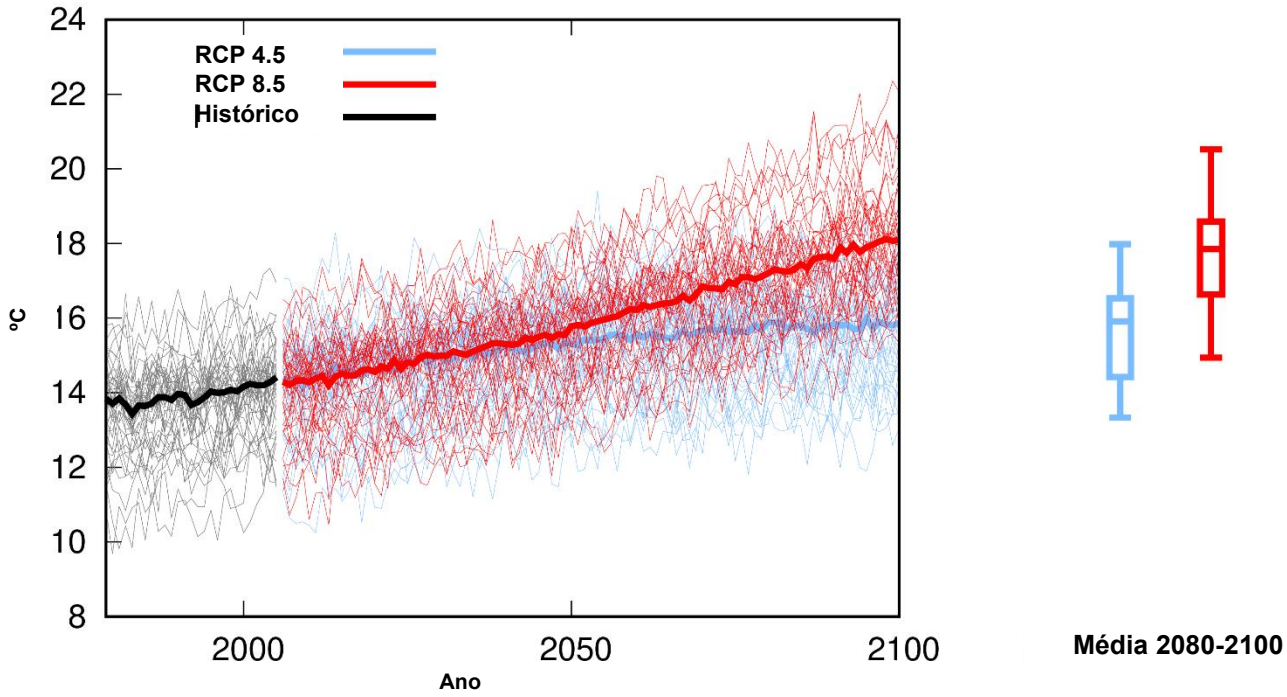


Figura 22. Evolução da temperatura para o município de Fafe até 2100 – Cenário RCP 4.5. e RCP 8.5.

Fonte: Dados modelados do KNIMI Climate Change Atlas, da Organização Meteorológica Mundial.

No período histórico, até cerca de 2005, a temperatura média anual manteve-se consistentemente na faixa de 13,5 a 14 °C. Para o futuro, ambos os cenários de emissões projetam um aumento inequívoco e contínuo da temperatura média até ao final do século XXI.

O cenário intermédio, o RCP4.5, no gráfico representado pelas linhas azuis, projeta um aquecimento significativo. A linha de tendência robusta azul indica que a temperatura média anual deverá estabilizar-se em torno de 15,5 a 16 °C no final do século. Isto representa um aumento de aproximadamente 1,5 a 2 °C em relação ao período histórico.

Já o cenário de elevadas emissões, o RCP8.5, representado pelas linhas vermelhas, mostra um aquecimento acelerado e contínuo, projetando que a temperatura média anual poderá atingir ou superar os 18 °C no ano 2100. Isto representa um aumento de cerca de 4 a 4,5 °C face à média histórica.

A análise da distribuição de temperatura para o final do século, 2081–2100, apresentada nos *boxplots* à direita, corrobora a diferença entre os cenários. No cenário RCP4.5 a distribuição é mais apertada e concentrada entre 14 e 18 °C, com a mediana em torno de 16 °C. No cenário RCP8.5, a distribuição é claramente deslocada para cima. A mediana encontra-se perto de 18 °C, e os valores podem atingir ou ultrapassar os 20 °C.

Em suma, as projeções para Fafe indicam que a região deverá enfrentar um aquecimento muito acentuado ao longo do século XXI. O aumento de temperatura será duas a três vezes maior sob o cenário de elevadas emissões, o RCP8.5, em comparação com o cenário intermédio, o RCP4.5. Este aquecimento tem implicações diretas no aumento da frequência e intensidade das ondas de calor e na evapotranspiração, agravando o risco de seca, corroborado pela projeção da precipitação, que a seguir se apresenta.

No que diz respeito à precipitação (Figura 22), no período histórico a precipitação média manteve-se consistentemente em torno de 3 mm/dia, embora com uma elevada variabilidade interanual, visível pelo grande ruído cinzento. Para o futuro, ambos os cenários de emissões projetam uma tendência de diminuição da precipitação média até ao ano 2100.

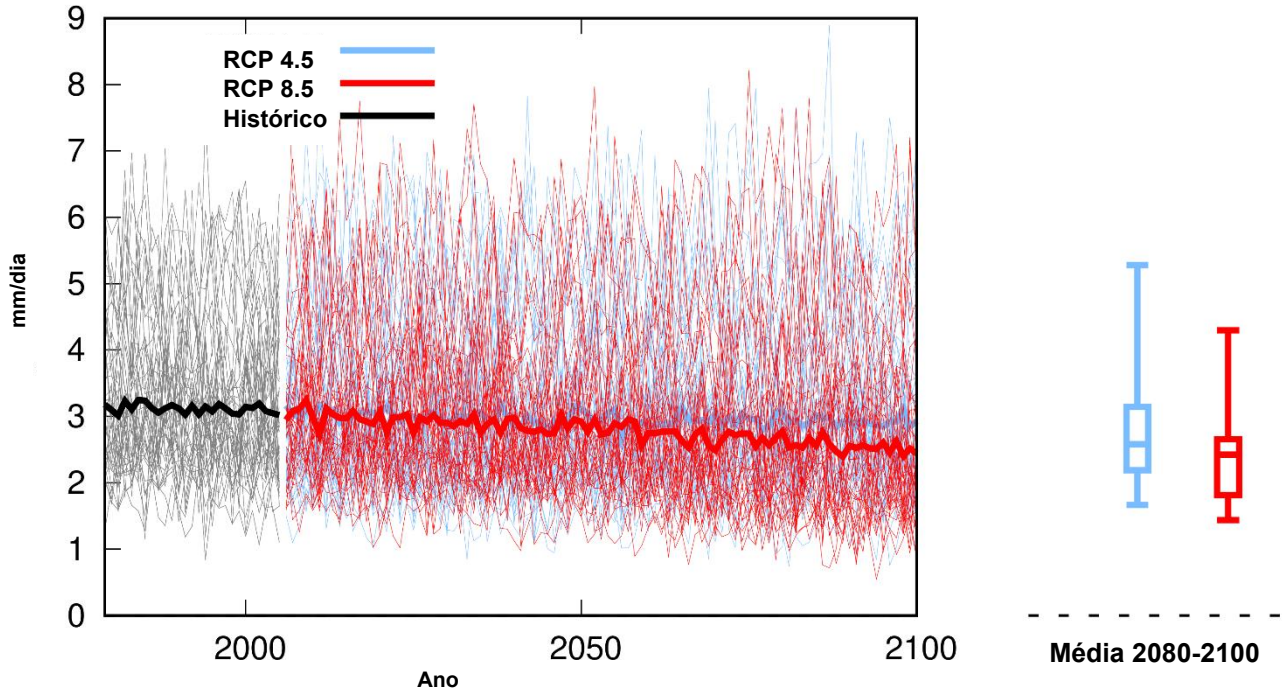


Figura 23. Evolução da precipitação para o município de Fafe até 2100 – Cenário RCP 4.5. e RCP 8.5.

Fonte: Dados modelados do KNIMI Climate Change Atlas, da Organização Meteorológica Mundial.

O cenário intermédio, RCP4.5, mais uma vez representado pelas linhas azuis, indica que a precipitação média anual se mantém relativamente próxima dos valores históricos, com uma ligeira tendência de decréscimo.

O cenário de elevadas emissões, o RCP8.5, representado pelas linhas vermelhas, projeta uma redução mais significativa e contínua da precipitação média. A linha de tendência robusta vermelha desce nitidamente, situando-se abaixo de 2,5 mm/dia no final do século.

A análise da distribuição de precipitação para o final do século, 2081-2100), ilustrada pelos *boxplots* à direita, confirma esta tendência. Ambos os cenários indicam um clima futuro mais seco em relação à média histórica, com a precipitação mediana projetada claramente abaixo dos 3 mm/dia.

Assim, estas projeções para Fafe indicam um futuro caracterizado por uma redução da disponibilidade hídrica, acentuada no cenário de elevadas emissões, o que implica um aumento potencial do risco de seca. No entanto, a manutenção de uma forte variabilidade interanula, visível pelo amplo ruído nas linhas finas, sugere que o município continuará a experienciar tanto anos muito secos quanto, ocasionalmente, anos muito chuvosos.

Estas projeções corroboram as vulnerabilidades climáticas futuras já identificadas no PMAC de Fafe. Este aumento térmico, juntamente com a redução significativa da precipitação média anual, intensifica a vulnerabilidade hídrica do território, o *stress* hídrico da vegetação e a suscetibilidade à desertificação (Município Fafe, 2023).

Além disso, as conclusões apontam para uma amplificação dos eventos extremos, como o aumento da frequência de ondas de calor e a consequente intensificação de riscos como os incêndios florestais, o surgimento de novas pragas e doenças na agricultura e floresta, e o aumento do risco meteorológico de incêndio com o alargamento da época crítica, exigindo medidas urgentes de adaptação a nível municipal e setorial (Município de Fafe, 2023).

4.3. Avaliação da capacidade adaptativa do município de Fafe

Com o intuito de avaliar a capacidade adaptativa do território de Fafe, procedeu-se à adaptação do Índice de Adaptação Urbana (UAI - *Urban Adaptation Index*), proposto por Neder *et al.* (2021). O UAI é uma ferramenta de apoio à decisão concebida para avaliar a capacidade institucional potencial de uma cidade para lidar com os impactes das mudanças climáticas, sendo composto por 26 indicadores quantitativos, organizados em cinco dimensões principais de políticas públicas que influenciam a resiliência urbana (Neder *et al.,* 2021). Nascendo da realidade brasileira, este índice pode ser facilmente adaptado utilizando a informação disponibilizada pelos diferentes municípios noutras realidades (Neder *et al.,* 2021).

Este índice avalia a presença ou ausência de uma estrutura jurídica e regulatória de apoio à adaptação, o que pode ser particularmente revelador do potencial de sustentabilidade e adaptação num determinado município, embora não avalie os resultados e a eficácia das políticas públicas no plano prático (Neder *et al.,* 2021).

O UAI estrutura-se em cinco dimensões estratégicas: a Habitação, que avalia planos e fundos para reduzir a vulnerabilidade em áreas de risco; a Mobilidade Urbana, focada em transportes sustentáveis e infraestruturas cicláveis; e a Produção de Alimento, que analisa o apoio à agricultura familiar e biológica. A estas somam-se a Gestão Ambiental, dedicada ao saneamento, biodiversidade e resíduos; e a Gestão de Riscos Climáticos, que monitoriza a capacidade operacional e de planeamento (sistemas de alerta e mapeamento) para mitigar eventos extremos e assegurar a continuidade dos serviços municipais (Di Giulio *et al.,* 2025; Neder *et al.,* 2021).

O índice utiliza uma escala binária, onde se atribui 1 para a presença e 0 para a ausência de uma determinada lei, plano ou instrumento regulatório, e cada uma das cinco dimensões tem o mesmo peso de 20% na média final, resultando num valor que varia entre 0 e 1 (Di Giulio *et al.,* 2025; Jacaún, 2025; Neder *et al.,* 2021).

A capacidade adaptativa do município pode ser classificada como muito baixa, quando classificada entre 0 e 0,2 pontos; baixa, se se classificar entre os 0,2 e 0,4 pontos; média, entre os 0,4 e 0,6 pontos; alta, entre os 0,6 e 0,8 pontos; ou muito alta, se tiver entre 0,8 e 1 ponto (Jacaún, 2025).

É importante destacar que o UAI mede a prontidão institucional, ou seja, a existência de estruturas legais para apoiar intervenções, mas não visa avaliar a eficácia real ou os resultados práticos dessas políticas no terreno (Jacaún, 2025; Neder *et al.*, 2021). Desta forma, um município pode ter uma pontuação elevada por possuir todos os planos e leis, mas a implementação dessas medidas pode ser precária, insuficiente, ou não beneficiar equitativamente as populações mais vulneráveis (Di Giulio *et al.,* 2025).

Posto isto, e partindo da base teórica de Neder *et al.* (2021), a metodologia foi adaptada para o contexto específico da gestão florestal e da DFCI no município de Fafe. O objetivo passou pela criação de um sistema de indicadores capaz de medir a prontidão institucional do território, verificando se o município dispõe dos instrumentos legais, operacionais e de planeamento necessários para a adaptação e mitigação perante os cenários climáticos.

As seis dimensões e os 20 indicadores propostos no Quadro 15 resultaram de um processo de seleção baseado na revisão da literatura sobre a integração de medidas de adaptação climática nas políticas florestais e de DFCI, apresentada no capítulo 1 desta dissertação, assim como na verificação da coerência com as diretrizes do Relatório Setorial das Florestas da ENAAC.

Tal como preconizado por Neder *et al.* (2021), o desenvolvimento deste índice teve em conta duas características fundamentais do contexto local: (i) as projeções climáticas, nomeadamente o aumento do risco de incêndio e episódios de calor extremo, e (ii) o sistema de governação municipal. Embora o UAI original se foque em áreas setoriais como Habitação e Mobilidade, esta adaptação transpõe essa lógica para a floresta, mantendo o enfoque nas políticas públicas de escala local.

Desta forma, o Quadro 15 resume as seis dimensões do Índice: o Planeamento e Gestão Florestal; a Organização e Gestão Conjunta da Propriedade; a Capacidade Operacional; a Resiliência Ecológica; a Agricultura Sustentável; e a Gestão de Risco Ambiental e Climático. Para cada dimensão, é apresentada a respetiva fundamentação teórica que conecta o indicador à adaptação climática, os indicadores

específicos utilizados e as fontes de verificação, como o ICNF ou portais municipais, que comprovam a presença (1) ou ausência (0) das respetivas medidas no município de Fafe.

Quadro 15. Proposta de dimensões e indicadores para o Índice da Capacidade Adaptativa do Município de Fafe

Dimensões	Conexão com a Adaptação às Mudanças Climáticas	Indicadores	Fonte de verificação
Planeamento e Gestão Florestal	O planeamento e a gestão florestal, através de instrumentos como o PMDFCI, são essenciais para a redução da vulnerabilidade, permitindo uma intervenção estruturada na defesa da floresta contra incêndios (Município de Fafe, 2021a). A existência de equipas técnicas dedicadas ao planeamento local é um fator determinante para a eficácia das políticas de adaptação e para a mitigação dos riscos naturais (Silva *et al.,* 2025).	1. Existência de um PMDFCI em vigor e atualizado	ICNF; Município
		2. Existência de plano operacional anual de prevenção e DFCI com metas definidas	Município
		3. Existência de equipa técnica municipal dedicada à floresta/DFCI	Município
Organização e Gestão Conjunta da Propriedade	A gestão coletiva do território, através de modelos como as ZIF, é essencial para superar a fragmentação da propriedade e aumentar a resiliência climática. O patamar local é estratégico para a concretização de medidas, exigindo a articulação direta entre agentes e a mobilização ativa dos proprietários para garantir uma gestão partilhada e sustentável a longo prazo (Dias *et al.*, 2013).	4. Existência de ZIF ou entidades de gestão florestal ativa no município	ICNF; Município
		5. Existência de Plano(s) de Gestão Florestal (PGF) em vigor	ICNF; Município
		6. Existência de área florestal certificada (FSC/PEFC)	Organizações certificadoras
Capacidade Operacional	A eficácia das medidas de proteção e defesa da floresta depende da existência de meios operacionais capacitados e articulados, que permitam uma atuação preventiva e de vigilância adequada às novas exigências climáticas (Dias *et al.*, 2013). É necessário adaptar os modelos operacionais de Proteção Civil para a preparação, adaptação e mitigação, avaliando o nível de conhecimento e preparação dos Serviços Municipais (Silva *et al.*, 2025).	7. Existência de Equipas Próprias de Sapadores Florestais	ICNF; Município
		8. Existência de sistemas de vigilância e deteção precoce	ICNF; Município
		9. Realização de, pelo menos, um simulacro de Proteção Civil por ano	Município; Programa Aldeia Segura
Resiliência Ecológica e Qualidade	A resiliência florestal inclui a capacidade do sistema de manter a sua identidade funcional através de mecanismos de	10. Existência de uma política municipal específica para a	Município

Dimensões	Conexão com a Adaptação às Mudanças Climáticas	Indicadores	Fonte de verificação
do Coberto Florestal	resistência, recuperação e reorganização após perturbações causadas pelo clima (Falk *et al.*, 2022). A interação entre as mudanças climáticas e a perda de habitat exige políticas de conservação específicas para prevenir o declínio da biodiversidade florestal (Roshani *et al.*, 2022).	diversificação do coberto florestal	
		11.Existência de um Plano/ Projeto Municipal de Controlo de Espécies Invasoras	Município
		12. Existência de medidas de proteção do solo e linhas de água em áreas florestais	Município
Agricultura Sustentável	A promoção de práticas agrícolas resilientes e a diversificação de culturas são essenciais para reduzir a vulnerabilidade económica face a fenómenos climáticos extremos (Dias *et al.*, 2013). O abandono da agricultura associado ao êxodo rural contribuiu para que a relação entre as pequenas aldeias e as florestas fosse desaparecendo, abrindo progressivamente espaço para a ocorrência de grandes incêndios florestais (Ferreira-Leite *et al.*, 2016).	13. Existência de programas ou ações para estimular a agricultura biológica	Município
		14. Existência de programas ou ações de apoio à agricultura familiar	Município
		15. Existência de programas ou ações que previnam problemas climáticos na agricultura	Município
Gestão de Risco Ambiental e Climático	A integração da adaptação nas várias políticas setoriais e o desenvolvimento de instrumentos de planeamento municipal são cruciais para assegurar que a biodiversidade e os recursos protegidos perante o aumento da frequência de fenómenos extremos (Dias *et al.*, 2013). A preparação para todos os tipos de fenómenos climático-atmosféricos, especialmente episódios de calor extremo causados pelas mudanças climáticas, deve estar no centro da discussão e da preocupação dos governos locais e nacionais (Silva *et al.*, 2025).	16.Existência de Plano Municipal de Ação Climática Aprovado com medidas específicas direcionadas para a Floresta e DFCI	Município
		17. Existência de instrumentos municipais relacionados com a conservação de áreas protegidas	Município
		18. Existência instrumentos municipais relacionados com a qualidade do ar	Município
		19. Existência de instrumentos municipais relacionados com a proteção da biodiversidade	Município

Fonte: Elaboração Própria. Adaptado de Neder *et al.* (2021).

O Quadro de pontuações referente ao Índice da Capacidade Adaptativa do Município de Fafe encontra-se detalhado no Anexo I da presente dissertação, tendo o município obtido uma classificação global de 0,65, o que o posiciona num nível de capacidade adaptativa alta (Figuras 23 e 24).

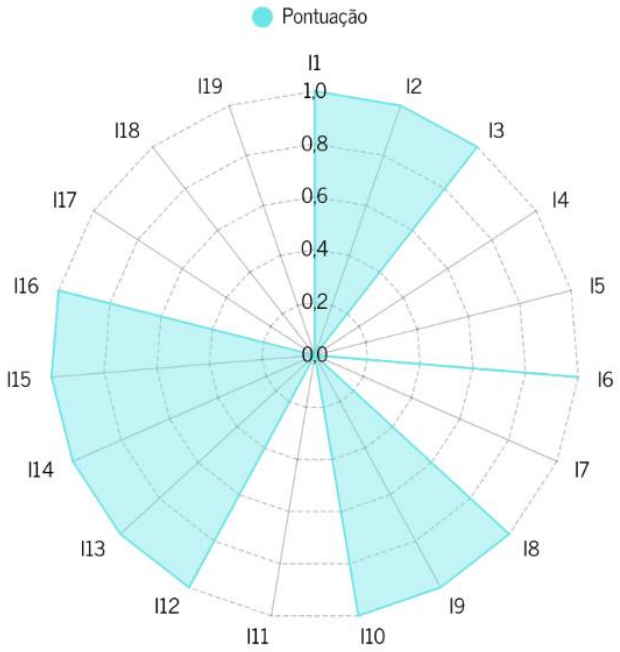


Figura 24. Pontuação dos indicadores analisados

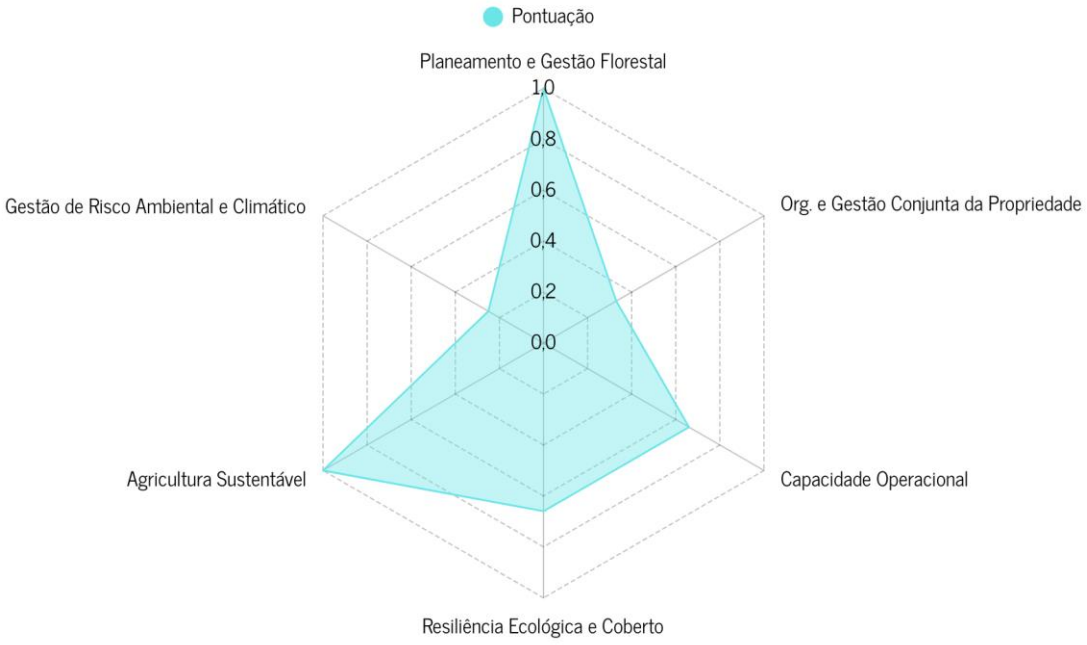


Figura 25. Pontuação global das dimensões

Na dimensão de Planeamento e Gestão Florestal, o município registou a pontuação máxima de 1 ponto, verificando-se a existência de todos os indicadores analisados. O PMDFCI de Fafe é um instrumento de terceira geração e encontra-se em vigor até 25 de novembro de 2031, conforme atesta a listagem pública de planos disponível no portal do ICNF (ICNF, 2026)[5]. A respetiva execução operacional é garantida pelo Plano Operacional Municipal (POM), um instrumento de periodicidade anual cuja versão mais recente foi aprovada em abril de 2025. Este plano define os meios e recursos mobilizáveis no município para as fases de vigilância, deteção, intervenção, combate e rescaldo, conforme divulgado pelos canais oficiais do Município de Fafe (2025)[6]. A gestão desta estrutura é assegurada por uma equipa técnica municipal permanente, integrada no Gabinete Técnico Florestal e nos Serviços Municipais de Proteção Civil (Município de Fafe, 2023)[7].

No que concerne à dimensão da Organização e Gestão Conjunta da Propriedade, a análise revela que, apesar da existência de notícias datadas de 2022 sobre a formalização do núcleo fundador da Zona de Intervenção Florestal (ZIF) de Moreira de Rei e Várzea-Cova (Correio do Minho, 2022), esta entidade ainda não se encontra formalmente constituída. Tal facto é corroborado pela lista oficial de Zonas de Intervenção Florestal (ZIF) constituídas do ICNF (2025)[8], atualizada a 31 de dezembro de 2025, onde a referida ZIF não consta como ativa nem em fase de publicitação, o que resultou na atribuição de 0 pontos a este indicador.

A análise desta dimensão considerou igualmente a obrigatoriedade de elaboração de Planos de Gestão Florestal (PGF), inserindo-se na área do Programa Regional de Ordenamento Florestal de Entre Douro e Minho (PROF EDM). De acordo com o Decreto-Lei n.º 16/2009, na sua redação atual, o PGF é obrigatório para explorações com área igual ou superior a 25 hectares, terrenos públicos ou baldios, propriedades integradas em ZIF ou para o acesso a fundos públicos de investimento florestal. No levantamento efetuado, registou-se a aprovação passada de dois PGF no município: o da Freguesia de S. Miguel do Monte (2012) e o da Quinta do Confurco (2010), cujos registos históricos constam na base de dados do ICNF (2026)[9]. Contudo, este Decreto-Lei estabelece que os PGF mantêm a sua vigência vinculada ao respetivo PROF. Com a revogação do anterior PROF EDM e a entrada em vigor do novo programa através da Portaria n.º 58/2019, estes dois planos caducaram. Atendendo a que não foram publicados novos PGF adaptados para estas áreas, o indicador foi pontuado com 0 pontos.

[5] Consultar a listagem atualizada de PMDFCI em: https://fogos.icnf.pt/infopmdfci/pmdfci_publicolist.asp
[6] Informação disponível na página oficial de Facebook do Município: facebook.com/municipiofafe
[7] Detalhes sobre a orgânica municipal em: https://www.cm-fafe.pt
[8] Consultar a listagem de Zonas de Intervenção Florestal constituídas a 31 de dezembro de 2025: https://www.icnf.pt/api/file/doc/738de667cf6cae77
[9] Consultar Planos de Gestão Florestal abrangidos pela DRCNF Norte: https://www.icnf.pt/florestas/pgf/pgfnorte

Por outro lado, o indicador relativo à Certificação Florestal obteve pontuação positiva, uma vez que foi verificada a existência de áreas certificadas no município de Fafe pelos sistemas FSC e PEFC. Esta informação foi validada através das plataformas de consulta de certificados de ambas as entidades (PEFC Portugal, 2026; FSC Connect, 2025)[10]. Face ao desempenho nestes diferentes indicadores, a pontuação global da dimensão da Organização e Gestão Conjunta da Propriedade fixou-se em 0,33 pontos.

A dimensão da Capacidade Operacional foi verificada através de indicadores como a existência de equipas próprias de Sapadores Florestais. Neste indicador, atribuiu-se a pontuação 0 ao Município de Fafe. Embora a estrutura orgânica municipal preveja a coordenação de equipas através do GTF, a listagem oficial de equipas de Sapadores Florestais do ICNF (atualizada a 15 de julho de 2025) [11]confirma que o município não figura como entidade detentora de equipas próprias. A equipa que opera no município pertence à COFAFE – Cooperativa dos Produtores Agrícolas de Fafe, CRL, o que, para efeitos deste índice de capacidade adaptativa direta da autarquia, justifica a pontuação de ausência (ICNF, 2025).

Por outro lado, o indicador referente à existência de sistemas de vigilância e deteção precoce obteve a pontuação máxima de 1 ponto. Esta classificação sustenta-se na análise do PMDFCI, o qual identifica formalmente a rede de postos de vigia e as estruturas de patrulhamento móvel que asseguram a cobertura do município (ICNF, 2021a). Adicionalmente, a prontidão operacional do sistema é validada pelo indicador relativo à realização de, pelo menos, um simulacro de Proteção Civil por ano. Estas ações encontram-se devidamente calendarizadas e previstas no Anexo II ao Plano Municipal de Emergência e Proteção Civil, documento que define o programa de medidas para a prevenção, mitigação de riscos e garantia da manutenção operacional do dispositivo municipal (Município de Fafe, 2024). Em resultado da ponderação destes indicadores, esta dimensão auferiu uma pontuação global de 0,67.

Na dimensão da Resiliência Ecológica e Qualidade do Coberto Florestal, o primeiro indicador, existência de uma política municipal específica para a diversificação do coberto florestal, foi verificado através do projeto "Florestar Fafe", que estabelece a meta de plantação de 50 mil árvores de espécies autóctones até 2025 (Diário do Minho, 2021). Adicionalmente, o PMDFCI de Fafe prevê ações de rearborização ou sementeiras adequadas às características biofísicas dos locais (Município de Fafe, 2021a). Relativamente ao segundo indicador, existência de um Plano/Projeto Municipal de Controlo de Espécies Invasoras,

[10] Para a consulta de áreas e entidades certificadas em Portugal, ver os motores de busca oficiais: https://www.pefc.pt/encontre-certificados e https://connect.fsc.org/certification/forest-management-certification.
[11] A listagem das equipas de Sapadores Florestais operacionais a 15 de julho de 2025 pode ser consultada aqui: https://www.icnf.pt/api/file/doc/9ac81b3a767bd8dc

atribuiu-se a pontuação 0. Esta avaliação justifica-se pelo facto de, embora o PMDFCI de Fafe preconizar ações de controlo de vegetação invasora, não ter sido identificado um programa específico do município que responda de forma autónoma a este indicador. Quanto ao terceiro indicador, existência de medidas de proteção do solo e linhas de água em áreas florestais, o município apresenta o projeto de "Reabilitação e Valorização dos Rios Vizela, Bugio e Ferro no Concelho de Fafe" (Município de Fafe, 2021b), o que valida a atribuição de pontuação neste parâmetro. Esta dimensão auferiu uma pontuação global de 0,67.

Na dimensão da Agricultura Sustentável, o primeiro indicador, existência de programas ou ações para estimular a agricultura biológica, obteve a pontuação 1. Esta classificação justifica-se pela existência do "Mercado BIO", uma iniciativa com atividade regular documentada que visa estimular o modo de produção biológico no município (Município de Fafe, 2022). Quanto ao segundo indicador, referente à existência de programas ou ações de apoio à agricultura familiar, a pontuação atribuída fundamenta-se na verificação de apoios concedidos pelo município a pequenas explorações agropecuárias de natureza familiar (Município de Fafe, 2021c). Estes mecanismos de apoio direto reforçam a viabilidade das unidades produtivas de pequena escala no território.

Relativamente ao terceiro indicador, existência de programas ou ações que previnam problemas climáticos na agricultura, atribuiu-se a pontuação 1 devido à presença de ações de adaptação específicas para o setor agrícola no PMAC de Fafe (Município de Fafe, 2023). Em resultado da conformidade verificada em todos os indicadores analisados, o município de Fafe obteve nesta dimensão a pontuação global máxima de 1 ponto.

Na dimensão da Gestão de Risco Ambiental e Climático, o município de Fafe registou pontuação positiva apenas no indicador referente à existência de um PMAC aprovado com medidas específicas direcionadas para a floresta e DFCI. Esta avaliação fundamenta-se na presença de ações de adaptação especificamente delineadas para o setor florestal no Plano Municipal de Ação Climática de Fafe (Município de Fafe, 2023).

Relativamente ao indicador sobre a existência de instrumentos municipais relacionados com a conservação de áreas protegidas, a pontuação atribuída foi nula. Embora o PMAC identifique que a Paisagem do Carvalhal de Fafe integra a Rede Regional de Áreas Protegidas, este é um instrumento da Comunidade Intermunicipal do Ave (Município de Fafe, 2023), e verificou-se que o município não possui nenhum instrumento que trace medidas concretas e operacionais relacionadas com a conservação de áreas protegidas no seu território.

De igual modo, no que diz respeito aos indicadores referentes à existência de instrumentos municipais relacionados com a qualidade do ar e à existência de instrumentos municipais relacionados com a proteção da biodiversidade, não se registou a presença de instrumentos ou regulamentos concretos nestas matérias. Desta forma, a pontuação global da dimensão foi de apenas 0,25 pontos.

A análise multidimensional efetuada permite concluir que o Município de Fafe apresenta uma trajetória consolidada no que respeita ao planeamento formal, refletindo-se na obtenção de uma pontuação global de 0,65. O desempenho máximo atingido em dimensões como o Planeamento e Gestão Florestal ou a Agricultura Sustentável evidencia uma conformidade institucional robusta com os quadros normativos vigentes. Contudo, a variação registada em dimensões como a Organização e Gestão Conjunta da Propriedade (0,33) ou a Gestão de Risco Ambiental e Climático (0,25) sinaliza áreas onde a ausência de instrumentos específicos limita o potencial de adaptação do território.

É, todavia, fundamental salvaguardar que o índice aqui aplicado foca-se na aferição da prontidão institucional e na existência de bases legais e estruturais que suportem as intervenções (Jacaún, 2025; Neder *et al.*, 2021). Embora a classificação de Capacidade Adaptativa Alta valide a robustez do edifício regulamentar e estratégico de Fafe, importa notar que a posse de planos e normativos não garante, por si só, a eficácia da sua execução prática nem a justiça na distribuição dos seus benefícios (Di Giulio *et al.*, 2025). Assim, a alta pontuação institucional deve ser interpretada como uma pré-condição favorável, cuja tradução em adaptação efetiva dependerá da continuidade operacional e da capacidade de implementação das medidas no terreno.

5. Medidas de mitigação e adaptação

Este capítulo estabelece as bases para a resiliência climática de Fafe, distinguindo, primeiramente, as medidas de mitigação das medidas de adaptação às mudanças climáticas. Em seguida, sublinha-se que a transição para um território resiliente exige mais do que apenas políticas técnicas: esta depende crucialmente da Governança Local Adaptativa. Esta abordagem destaca a importância do envolvimento da comunidade e dos cidadãos no processo decisório, na implementação de medidas e na partilha de responsabilidades, garantindo que as ações sejam contextualmente relevantes, justas e sustentáveis a longo prazo.

Como visto anteriormente, o município de Fafe, no âmbito do seu PMAC, reconhece que os principais riscos resultantes das projeções climáticas incluem o aumento da frequência e intensidade das ondas de calor, que exacerbam o risco de incêndio rural, e a intensificação de fenómenos de precipitação extrema, que potenciam o risco de inundações (Município de Fafe, 2023). O Plano articula a ação em eixos estratégicos, como a proteção da floresta, a gestão de recursos hídricos e a saúde humana, demonstrando a assunção, por parte da autarquia, da liderança necessária para converter a análise de risco em medidas de adaptação e mitigação (Município de Fafe, 2023). A relevância das medidas de governança e participação comunitária reside na necessidade de implementar localmente as ações definidas neste instrumento estratégico.

As políticas locais de governação podem integrar a resiliência socioecológica contra futuras incertezas de incêndios florestais através de uma mudança de paradigma, passando de uma ênfase reativa na supressão para estratégias proativas de Mitigação e Adaptação, alicerçadas em mecanismos de resiliência socioecológica e governança adaptativa (Canadas *et al.,* 2023).

As políticas de adaptação visam reduzir a exposição e vulnerabilidade das pessoas e dos seus bens, dependendo frequentemente de uma liderança forte dos governos locais (Canadas *et al.*, 2023). O progresso na mitigação está fortemente correlacionado com o financiamento de políticas e o dinamismo socioeconómico local, o que indica o papel essencial do apoio público (Canadas *et al.*, 2023). No entanto, o domínio da adaptação é geralmente menos consolidado e menos financiado, realçando a necessidade de mais intervenção governamental e financiamento público para superar desvantagens territoriais, especialmente em regiões demográfica e economicamente deprimidas (Canadas *et al.*, 2023).

Para a eficácia a longo prazo contra incertezas futuras, as políticas devem visar mecanismos que promovam a resiliência a longo prazo, e não apenas respostas a curto prazo a ameaças conhecidas (Turner *et al.,* 2022). A resiliência socioecológica é a capacidade de um sistema manter os resultados desejados face a perturbações e mudanças, amortecendo choques, adaptando-se ou transformando-se em resposta à mudança (Turner *et al.*, 2022). A integração da resiliência começa pela gestão da paisagem para criar sistemas menos inflamáveis e mais diversos, em contraste com a homogeneidade da paisagem que pode exacerbar os riscos (Canadas *et al.*, 2022). A estratégia de mais longa duração para apoiar paisagens resilientes é promover a mistura de usos do solo, o que inclui evitar a homogeneidade da paisagem (Canadas *et al.*, 2022). As políticas devem promover mecanismos ecológicos que lidam com a incerteza futura, como a diversidade de resposta e a heterogeneidade da paisagem (Turner *et al.*, 2022).

Para lidar com incertezas futuras, as políticas locais devem adotar uma governança adaptativa (capacidade de navegar pela mudança), que promova a resiliência a longo prazo (Turner *et al.,* 2022). As políticas locais de governação podem integrar a resiliência socioecológica contra futuras incertezas de incêndios florestais através de uma mudança de paradigma, passando de uma ênfase reativa na supressão para estratégias proativas de Mitigação e Adaptação, alicerçadas em mecanismos de resiliência socioecológica e governança adaptativa (Canadas *et al.*, 2022). Assim, a governação adaptativa deve envolver a participação ativa da comunidade local na tomada de decisões, através de uma abordagem ascendente (*bottom-up*), sendo formas descentralizadas ou colaborativas de governação mais propícias à construção de resiliência (Turner *et al.*, 2022). A governança multinível é fundamental para lidar com a complexidade, incerteza e dinâmicas dos sistemas socioecológicos que enfrentam riscos globais, como as mudanças climáticas (Dias *et al.*, 2022).

A inclusão de múltiplos tipos de conhecimento no processo de tomada de decisão é fundamental para a construção da resiliência. A falta de diversidade de conhecimento e o excesso de dependência de fontes externas é contrário ao que é necessário para construir a resiliência (Turner *et al.*, 2022). A participação cidadã e a colaboração dos diversos intervenientes trazem vantagens significativas, especialmente no contexto da definição de políticas de adaptação territorial e resiliência face a desafios complexos como as mudanças climáticas e a gestão urbana (Braun, 2010). A participação ativa das comunidades e dos diversos agentes territoriais é crucial para garantir que as estratégias e políticas implementadas sejam eficazes, sustentáveis e relevantes para o contexto local (Lopes, 2021). Quando as regras e intervenções carecem de relevância cultural, não são compreendidas nem seguidas, resultando num sistema menos

resiliente. A participação ativa da comunidade assegura que os valores locais são explicitamente tidos em conta, o que contribui para manter sistemas mais saudáveis e resistentes (Turner *et al.,* 2022). As ações que favorecem o envolvimento local na elaboração e implementação de estratégias são fulcrais para o enraizamento das ações concretizadas no território, tornando os seus efeitos mais sustentáveis (Lopes, 2021). Através de processos participativos, lança-se a agenda para a literacia climática e reforça-se a ideia de que o contributo individual é importante para aumentar a qualidade de vida (Lopes, 2021).

Para garantir a transparência e a monitorização, é necessário criar um banco de dados de experiências bem-sucedidas de prevenção/recuperação e das causas dos incêndios nas zonas de interface, o que sintetiza as lições aprendidas pelos habitantes. A transparência nos procedimentos e a monitorização das políticas de incêndios através de indicadores-chave são também cruciais (Pandey *et al.*, 2023).

A integração bem-sucedida da resiliência socioecológica requer que as políticas locais não só abordem a gestão física da paisagem, mas também promovam a capacidade da comunidade de se adaptar e aprender em face de futuros incertos, apoiadas por uma governança que acolha a diversidade e o conhecimento local (Turner *et al.*, 2022).

Posto isto, pode-se pensar na política local de resiliência como um colete à prova de fogo de malha fina, onde a mitigação é a trama do tecido, que resiste ao calor imediato, a adaptação é a capacidade de quem veste o colete de saber para onde correr e a governança adaptativa é a capacidade de alterar o tecido ou os planos à medida que os incêndios se tornam mais quentes ou imprevisíveis. Não basta ter um bom tecido se as pessoas não sabem fugir, nem adianta saber fugir se o fogo as apanhar de surpresa. A verdadeira resiliência reside na coordenação e no aprimoramento contínuo de todos os elementos local (Turner *et al.*, 2022).

Tendo por base o diagnóstico realizado nos capítulos anteriores, bem como a análise das políticas nacionais e municipais em matéria de mudanças climáticas e de defesa da floresta contra incêndios, identificou-se um conjunto de medidas consideradas prioritárias para o município de Fafe (Quadro 16). Estas medidas, sintetizadas no quadro seguinte, não pretendem criar novos instrumentos ou obrigações legais, mas antes operacionalizar e articular, à escala local, disposições já previstas nos principais programas e planos em vigor. A sua organização em medidas de mitigação e de adaptação visa evidenciar, por um lado, as ações orientadas para a redução do risco e da perigosidade de incêndio rural e, por outro, aquelas que reforçam a capacidade do território e das comunidades para se ajustarem a um clima mais quente e mais seco, com maior incidência de eventos extremos.

Quadro 16. Medidas de mitigação e adaptação da floresta de Fafe face às mudanças climáticas e ao risco de incêndio rural

Categoria (Mitigação e Adaptação)	*Task force* principal	Tipologia da medida	Ação concreta (síntese)	Horizonte temporal sugerido
Mitigação	GTF Fafe; ICNF; Juntas de Freguesia	Operacional	Implementação sistemática de faixas e mosaicos de gestão de combustíveis em torno de aglomerados, infraestruturas críticas e ao longo da rede viária, priorizando freguesias com maior recorrência de incêndios e interface urbano-rural.	Curto prazo (1–3 anos) e manutenção contínua
Mitigação	ICNF; Organizações de Produtores Florestais; proprietários	Operacional Planeamento	Reconversão progressiva de povoamentos contínuos de eucalipto/pinheiro-bravo em mosaicos com espécies autóctones mais resilientes (quercíneas, folhosas) nas zonas de maior perigosidade, articulada com os instrumentos de gestão da paisagem.	Médio/longo prazo (4–15 anos)
Mitigação	Município de Fafe; ICNF; associações florestais	Operacional	Criação e reforço de equipas de Sapadores Florestais e brigadas municipais para ações permanentes de gestão de combustíveis, vigilância e apoio à execução de fogo controlado.	Curto/médio prazo (1–5 anos)
Mitigação	Município; GTF; ICNF	Operacional Técnico	Implementação de programas de fogo controlado em áreas estratégicas, integrados no PMDFCI, para redução de carga combustível fora da época crítica.	Médio prazo (3–7 anos), com repetição

Categoria (Mitigação e Adaptação)	*Task force* principal	Tipologia da medida	Ação concreta (síntese)	Horizonte temporal sugerido
Mitigação	Município; GTF; proprietários privados; cooperativas agrícolas	Económica	Criação de incentivos municipais (redução de taxas, apoios financeiros, apoio técnico) para gestão ativa de áreas ardidas e de abandono agrícola, promovendo recuperação com espécies de maior resiliência ao fogo e usos agroflorestais.	Curto/médio prazo (1–6 anos)
Mitigação	Município; ICNF; instituições de ensino	Educativa Sensibilização	Programas educativos contínuos em escolas e associações locais sobre uso responsável do fogo, boas práticas de gestão florestal e redução de ignições, articulados com campanhas nacionais.	Curto prazo (1–3 anos) e contínuo
Mitigação	Município; Proteção Civil; ICNF	Planeamento	Integração explícita de objetivos de redução de área ardida e de alteração da composição florestal nos instrumentos de planeamento municipal (PMDFCI, PMAC, PDM), em coerência com as metas nacionais de clima e energia.	Curto/médio prazo (1–5 anos)
Mitigação	Município; ICNF; associações locais	Económica Social	Desenvolvimento de projetos-piloto de valorização económica da biomassa florestal residual (energia, compostagem, biomateriais), reduzindo a acumulação de combustível e criando rendimento local em freguesias rurais mais vulneráveis.	Médio prazo (3–8 anos)

Categoria (Mitigação e Adaptação)	*Task force* principal	Tipologia da medida	Ação concreta (síntese)	Horizonte temporal sugerido
Adaptação	Município; Infraestruturas de Portugal; concessionárias de energia	Infraestruturas de segurança	Reforço de infraestruturas de segurança contra incêndios: pontos de água estratégicos, acessos florestais transitáveis, faixas de proteção a linhas elétricas e edificações isoladas, priorizando freguesias com maior perigosidade e interface urbano-rural.	Curto/médio prazo (1–6 anos)
Adaptação	Município; Juntas de Freguesia; associações de moradores	Educativa	Programas de comunidade preparada em áreas de interface urbano-rural, com formação em autoproteção, planos familiares de evacuação e realização de simulacros periódicos envolvendo a população.	Curto prazo (1–3 anos) e contínuo
Adaptação	Município; ICNF; GTF	Planeamento Ecológica	Definição de rede de áreas de refúgio ecológico e corredores verdes menos inflamáveis (mistura de usos, galerias ripícolas, áreas agrícolas) para atenuar a propagação do fogo e atenuar efeitos de ondas de calor.	Médio/longo prazo (4–15 anos)
Adaptação	Município; Serviços Sociais; IPMA; Proteção Civil	Operacional Social	Sistemas de alerta precoce e planos de atuação em ondas de calor (identificação de grupos vulneráveis, espaços climatizados de abrigo, redes de apoio a idosos e população isolada).	Curto prazo (1–3 anos)

Categoria (Mitigação e Adaptação)	*Task force* principal	Tipologia da medida	Ação concreta (síntese)	Horizonte temporal sugerido
Adaptação	Município; escolas; ONGs ambientais	Educativa	Programas de literacia climática e florestal focados em Fafe (projetos de ciência cidadã para registo de fenómenos extremos, monitorização de pragas, participação em ações de plantação e manutenção).	Curto prazo (1–3 anos) e contínuo
Adaptação	Município; ICNF; GTF; proprietários	Operacional Recuperação pós-incêndio	Planos de recuperação pós-incêndio que privilegiem restauro ecossistémico (controlo de erosão, substituição de espécies altamente inflamáveis, diversificação estrutural) e integração com mecanismos de remuneração de serviços de ecossistema.	Médio/longo prazo (4–15 anos)
Adaptação	Município; Comissão Municipal de Proteção Civil; AGIF (quando aplicável)	Governança	Consolidação de estrutura de governança adaptativa para fogos rurais, assegurando articulação entre PMDFCI e PMAC, com instrumentos nacionais como o PTP, com a participação de juntas de freguesia, proprietários e associações locais.	Curto/médio prazo (1–5 anos)

As medidas apresentadas resultam da combinação entre o enquadramento teórico sobre mitigação, adaptação e capacidade adaptativa e o diagnóstico empírico da realidade de Fafe, que evidenciou a forte recorrência de incêndios rurais, a expansão das áreas florestais e da interface urbano-rural e a projeção de cenários climáticos mais quentes e secos para o final do século XXI. Esta listagem não tem como objetivo propor novos instrumentos, mas sim sistematizar ações que, em grande medida, já se encontram previstas na legislação nacional e nos programas setoriais, designadamente a ENAAC, o

PNGIFR, o PTP e a Lei de Bases do Clima, mas cuja concretização à escala municipal é condição necessária para reduzir a vulnerabilidade do território e das populações.

No eixo da mitigação, salientam-se as medidas associadas à gestão de combustíveis, que respondem diretamente à elevada carga combustível identificada nas freguesias com maior perigosidade e recorrência de incêndio, bem como às orientações nacionais de redução da área ardida e de diversificação da composição florestal. Complementarmente, a criação de incentivos municipais, o reforço de equipas de sapadores e a integração explícita destes objetivos nos instrumentos de planeamento procuram colmatar fragilidades operacionais e de governança detetadas na avaliação da capacidade adaptativa do concelho.

No eixo da adaptação, destacam-se as medidas que reforçam a proteção de pessoas e bens num contexto de agravamento das ondas de calor e de maior probabilidade de ocorrência de grandes incêndios rurais, como o reforço de infraestruturas de segurança, os programas de comunidade preparada e os sistemas de alerta precoce dirigidos a grupos vulneráveis. A definição de áreas de refúgio ecológico e de corredores verdes menos inflamáveis, os programas de literacia climática e os planos de recuperação pós-incêndio orientados para o restauro ecológico contribuem para aumentar a resiliência ecológica do coberto florestal e para promover uma relação mais sustentável entre as comunidades locais e a floresta.

Em síntese, as medidas selecionadas procuram articular instrumentos já existentes, reforçando a coerência entre políticas climáticas e de defesa da floresta contra incêndios e traduzindo-as em ações concretas para o território de Fafe, num horizonte temporal faseado que vai do curto ao longo prazo (Quadro 16).

Conclusões

A presente dissertação estruturou-se em torno da análise da capacidade adaptativa do território de Fafe perante a convergência de dois dos maiores desafios contemporâneos: as mudanças climáticas e o risco de incêndio rural.

O percurso desta investigação iniciou-se com um amplo levantamento e revisão das políticas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas, traçando a evolução legislativa em Portugal desde a sua integração na Comunidade Económica Europeia (CEE), em 1986, até aos atuais compromissos no âmbito do Pacto Ecológico Europeu. Esta base teórica permitiu também compreender como as políticas de DFCI foram evoluindo e sendo progressivamente integradas nas estratégias climáticas, progredindo de uma lógica de combate para uma abordagem de resiliência baseada na gestão da paisagem.

A investigação focou-se de seguida na caracterização geográfica e biofísica do município de Fafe, onde a análise das dinâmicas de ocupação do solo revelaram as vulnerabilidades resultantes do abandono agrícola e da expansão das áreas florestais.

Posteriormente, o cruzamento de dados meteorológicos, entre 2014 e 2024, permitiu correlacionar a ocorrência de ondas de calor com a incidência de incêndios, evidenciando como os valores extremos de temperatura potenciam a deflagração de incêndios, demonstrando o impacte imediato destes eventos extremos. Este exercício permitiu compreender que uma parte importante das ignições e da área ardida se concentra em períodos de temperaturas extremas, confirmando a importância desta dimensão no agravamento do perigo de incêndio. Estes resultados corroboram a relevância de integrar os indicadores climáticos, em particular a frequência e intensidade das ondas de calor, na avaliação da capacidade adaptativa da floresta, reforçando a necessidade de políticas locais que articulem a gestão florestal com a gestão do risco climático.

O capítulo dedicado à modelação climática permitiu projetar cenários futuros (RCP 4.5 e 8.5), denotando-se o agravamento da severidade climática para as próximas décadas. Estes dados permitiram prever o agravamento da perigosidade de incêndio, decorrente da subida das temperaturas e da redução da precipitação, que agudizam a vulnerabilidade local.

O estudo culminou na aplicação de uma metodologia adaptada do Índice de Adaptação Urbana (UAI), designado como Índice da Capacidade Adaptativa do Município de Fafe, que avaliou a prontidão institucional do município através de dimensões como o planeamento, a gestão de risco e a agricultura sustentável, fornecendo um diagnóstico quantitativo sobre a existência de um quadro de políticas de

adaptação às mudanças climáticas no município. Desta forma, a investigação percorreu um caminho que uniu a análise política, a modelação climática e a avaliação da das políticas e mecanismos locais, fundamentando as reflexões finais que se apresentam em seguida.

Síntese dos principais resultados

Em primeiro lugar, o estudo logrou analisar a evolução das políticas de mitigação e adaptação em Portugal e a sua relação com as diretrizes da UE, demonstrando que o país tem operado uma transição convergente com o paradigma comunitário. Através do quadro comparativo apresentado no subcapítulo 1.1., demonstrou-se que os instrumentos nacionais, desde a integração na CEE em 1986 até ao atual Pacto Ecológico Europeu, têm acompanhado o percurso europeu, integrando as diretrizes da UE no ordenamento jurídico português. Esta base permitiu cumprir o segundo objetivo de relacionar as políticas de mitigação e adaptação em Portugal com os incêndios rurais.

A análise de conteúdo e coerência realizada no subcapítulo 1.4. revelou que, a gestão do risco em Portugal tem operado uma transição estratégica de uma lógica de supressão para o atual Sistema de Gestão Integrada de Fogos Rurais (SGIFR), onde a adaptação climática é progressivamente integrada na gestão ativa da paisagem e na valorização dos serviços dos ecossistemas.

No que concerne ao terceiro objetivo, a caracterização do território de Fafe face aos incêndios rurais permitiu identificar que a vulnerabilidade local é alimentada por fatores estruturais. A análise das dinâmicas de ocupação do solo demonstrou que a elevada suscetibilidade do território é exacerbada pelo abandono agrícola e pela expansão de manchas florestais contínuas, criando as condições de carga de combustível necessárias para os padrões de recorrência observados. A análise da cartografia de áreas ardidas revelou uma elevada incidência de fogo em áreas com classificação de uso do solo de Matos e Floresta, e a cartografia de recorrências evidenciou que vastas áreas arderam repetidamente no período analisado, com especial incidência nas freguesias do Norte e Nordeste do município, confirmando que a acumulação de combustível fino em áreas de declive acentuado cria padrões de fogo recorrente que desafiam a resiliência do território.

Este diagnóstico foi o pilar para analisar os impactes diretos e indiretos das mudanças climáticas, cumprindo o quarto objetivo. A análise histórica demonstrou que as ondas de calor podem contribuir para incêndios severos no município, enquanto a modelação climática para os cenários RCP 4.5 e 8.5 projetou um agravamento drástico da severidade climática e da perigosidade de incêndio até ao final do século, resultante da subida das temperaturas e da redução acentuada da precipitação.

O fulcro da investigação residiu no cumprimento do quinto objetivo: avaliar a capacidade adaptativa do município de Fafe. Através do Índice da Capacidade Adaptativa do Município de Fafe, o município obteve uma classificação global de 0,65, considerada em uma capacidade adaptativa alta. Contudo, a análise detalhada das dimensões revelou disparidades críticas na prontidão institucional, designadamente as seguintes:

- As dimensões Planeamento e Gestão Florestal e Agricultura Sustentável registaram a pontuação máxima, refletindo a existência de instrumentos como o PMDFCI, o POM e de iniciativas como o "Mercado BIO" e os apoios à agricultura familiar;
- A dimensão Capacidade Operacional e Resiliência Ecológica e Qualidade do Coberto Florestal apresentaram um desempenho positivo, sustentado por projetos como o "Florestar Fafe", embora limitado pela ausência de equipas de sapadores próprias da autarquia e de um plano municipal autónomo para controlo de espécies invasoras;
- As maiores fragilidades foram identificadas na Organização e Gestão Conjunta da Propriedade, onde se verificou a inexistência de formas de gestão coletiva do território florestal, nomeadamente através de ZIF, mesmo em áreas marcadas por uma elevada recorrência de incêndios, somando-se a ausência de um planeamento florestal atualizado ao nível da exploração, e na Gestão de Risco Ambiental e Climático, onde a falta de instrumentos municipais para a proteção da biodiversidade e qualidade do ar limita o potencial de adaptação.

Conclui-se que a classificação "Alta" de Fafe valida a robustez do seu edifício regulamentar e estratégico. Contudo, a resiliência efetiva depende da capacidade de transpor este planeamento para o terreno, superando o hiato identificado nas dimensões de gestão da propriedade e conservação ambiental, garantindo que a prontidão institucional se traduza numa paisagem preparada para a severidade climática do século XXI.

Implicações e possíveis áreas para investigações futuras

Os resultados obtidos nesta investigação evidenciam que a resiliência do município de Fafe face às mudanças climáticas depende da transição da prontidão institucional e regulamentar para a sua efetiva operacionalização no território.

Entre as limitações identificadas neste estudo, destaca-se o facto de a análise da correlação entre dados meteorológicos e eventos de fogo se ter concentrado no período pós-2014. Esta opção metodológica deveu-se à disponibilidade de informação cartográfica detalhada por parte do ICNF, que apenas a partir

dessa data sistematiza as datas de início das ignições, permitindo o cruzamento preciso com as ondas de calor. Reconhece-se, todavia, que o recurso a séries temporais mais extensas, embora exigisse uma análise documental exaustiva de relatórios históricos, permitiria consolidar as tendências de longo prazo da relação entre extremos térmicos e a magnitude dos incêndios no território.

No que respeita aos instrumentos de gestão territorial e climática analisados, identifica-se uma necessidade premente de aprofundar a análise da coerência dos seus conteúdos. Verificou-se que existe ainda um longo caminho a percorrer na harmonização transversal de todos os instrumentos, desde os planos de âmbito nacional até aos municipais, de forma a verificar se as metas de adaptação climática não são meras intenções teóricas, mas antes diretrizes operacionais integradas. Esta investigação revelou que a maior lacuna não reside na ausência de planos, mas na dificuldade de aferir a sua efetivação no território. Investigações futuras deverão, por isso, auditar a execução real destas medidas.

Adicionalmente, a aplicação do índice de capacidade adaptativa, adaptado do UAI, e designado nesta investigação como Índice da Capacidade Adaptativa do Município de Fafe, revelou a necessidade de aprofundar e consolidar esta ferramenta metodológica. Tratando-se de uma adaptação dirigida ao contexto florestal, existe ainda um percurso a trilhar na refinação dos seus indicadores e na calibração das suas métricas para que este instrumento possa ser replicado com maior robustez noutros contextos territoriais.

Paralelamente, a investigação futura deverá transitar da análise puramente institucional para o estudo da dimensão social da adaptação. Torna-se imperativo avaliar o efetivo envolvimento da comunidade e os esforços realizados na mudança de comportamentos, uma vez que a eficácia destas estratégias depende da adesão ativa das populações e dos proprietários locais. A conversão da capacidade institucional numa real dinâmica de aumento da resiliência do território às mudanças climáticas exigirá, assim, uma compreensão mais profunda da literacia climática e do papel dos atores locais face aos desafios atuais e futuros.

Referências Bibliográficas

Administração Interna, Modernização do Estado e da Administração Pública, Ambiente e Ação Climática e Agricultura. (2020). Portaria n.º 301/2020, de 24 de dezembro. Procede à primeira alteração à Portaria n.º 260/2017, de 23 de agosto, que fixa a estrutura da Comissão Nacional de Gestão Integrada de Fogos Rurais. *Diário da República, 1.ª série, n.º 249, 3–14*. https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/portaria/301-2020-152197939

Aguiar, F. C., Bentz, J., Silva, J. M. N., Fonseca, A. L., Swart, R., Santos, F. D., & Penha-Lopes, G. (2018). Adaptation to climate change at local level in Europe: An overview. *Environmental Science & Policy*, *86*, 38–63. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.04.010

Alves, D., Almeida, M., & Viegas, D. (2023). *Meteorologia e Incêndios Florestais*. https://doi.org/10.47907/Incendios/ProtecaoAmbiental/AlteracoesClimaticas/2023/4

Ambiente e Transição Energética e Agricultura, Florestas e Desenvolvimento Rural. (2019). Portaria n.º 58/2019: Aprova o Programa Regional de Ordenamento Florestal de Entre Douro e Minho (PROF EDM). *Diário da República.* https://diariodarepublica.pt/dr/legislacao-consolidada/portaria/2019-122086341-122080119

Andersen, M. S., & Liefferink, D. (1997). *European environmental policy: The pioneers*. Manchester: Manchester University Press [eBook]. Retirado de https://www.researchgate.net/publication/312175033_European_environmental_policy_The_pioneers

Andrade, J. (2019). Das estações meteorológicas às normais climatológicas. *Apontamentos para aulas de Geografia Física*. http://hdl.handle.net/10174/26076

Assembleia da República. (2021). Lei n.º 98/2021, de 31 de dezembro. Aprova a Lei de Bases do Clima. *Diário da República*, 1.ª série, n.º 253, 5–32. https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/lei/98-2021-176907481

Beisner, B. E., Haydon, D. T., & Cuddington, K. (2003). Alternative stable states in ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *1*(7), 376-382. https://doi.org/10.1890/1540-9295(2003)001[0376:ASSIE]2.0.CO;2

Bento-Gonçalves, A., Vieira, A., & Ferreira-Leite, F. (2011). *A floresta e as mudanças climáticas no Ave: Adaptação aos efeitos derivados das alterações climáticas*. AMAVE - Associação de Municípios do Vale do Ave.

Bento-Gonçalves, A., & Vieira, A. (2020). Wildfires in the wildland-urban interface: Key concepts and evaluation methodologies. *Science of the Total Environment*, 707, 135592. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135592

Bento-Gonçalves, A. (2007). *Geografia dos incêndios em espaços silvestres de montanha: O caso da Serra da Cabreira* [Tese de doutoramento, Universidade do Minho]. RepositoriUM. https://hdl.handle.net/1822/6508

Bento-Gonçalves, A. (2021). *Os Incêndios Florestais em Portugal.* Lisboa: Fundação Francisco Manuel dos Santos.

Bento-Gonçalves, A. (2023). Riscos Naturais em Portugal. Em P. Chamusca & A. Bento-Gonçalves (Eds.), *Os Desafios (Geográficos) da Governação Territorial* (pp. 61-75). UMinho Editora/Centro de Estudos de Comunicação e Sociedade. https://doi.org/10.21814/uminho.ed.70

Bernardino, M., & Espírito Santo, F. (2015). Identificação de metodologias para a definição de cenários climáticos no contexto das alterações climáticas no sector do turismo: Estado da arte: cenários clima (Documento referente à tarefa 1.2). IPMA; LNEC. https://adapt-act.lnec.pt/pdfs/AdaPT_ACT-Task1-02-Estado_da_arte_cenários_clima_v00.pdf

Bond, W. J., & Van Wilgen, B. W. (2012). *Fire and plants*. Springer Science & Business Media.

Braun, R. (2010). Social participation and climate change. *Environment, Development and Sustainability*, *12*, 777–806. https://doi.org/10.1007/s10668-009-9224-1

Bunting, E. L., Tolmanov, V., & Keellings, D. (2024). What is a heat wave: A survey and literature synthesis of heat wave definitions across the United States. *PLOS Climate*, *3*(9), artigo e0000468. https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000468

Canadas, M. J., Leal, M., Soares, F., Novais, A., Ribeiro, P. F., Schmidt, L., Delicado, A., Moreira, F., Bergonse, R., Oliveira, S., Madeira, P. M., & Santos, J. L. (2023). Wildfire mitigation and adaptation: Two locally independent actions supported by different policy domains. *Land Use Policy, 124*, Artigo 106444. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106444

Candeias, S. A. G. (2020). *O Mecanismo Europeu de Proteção Civil e Portugal* [Dissertação de mestrado, Universidade Autónoma de Lisboa]. Repositório Institucional da UAL. https://repositorio.grupoautonoma.pt/entities/publication/288f6f21-0f55-4be7-8b2d-9de97119ce65

Colaço, M. C. A. (2017). *Bases para uma educação ambiental orientada para a diminuição do risco e aumento da resiliência das comunidades aos incêndios florestais em Portugal* [Tese de doutoramento, Universidade de Santiago de Compostela]. Minerva - Repositorio Institucional da USC. http://hdl.handle.net/10347/15949

Comissão Europeia (2021). "Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões – Criar uma Europa Resiliente às Alterações Climáticas – a nova Estratégia da UE para a Adaptação às Alterações Climáticas". COM/2021/82 final. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0082

Coppola, E., Nogherotto, R., Ciarlo, J. M., Giorgi, F., van Meijgaard, E., Kadygrov, N., et al. (2020). Assessment of the European Climate Projections as Simulated by the Large EURO-CORDEX Regional and Global Climate Model Ensemble. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, *126*(1), e2019JD032356. https://doi.org/10.1029/2019JD032356

Correio do Minho (2022, 17 de julho). *Fafe: Zona de Intervenção Florestal em avanço*. https://correiodominho.pt/noticias/fafe-zona-de-intervencao-florestal-em-avanco/140441

Costa, F. S. (2010). *Águas públicas e sua utilização no concelho de Fafe: Um contributo do ponto de vista histórico-geográfico*. Câmara Municipal de Fafe.

Costa, J. C. C. (2000). *Fafe e a alternativa florestal: A floresta, um instrumento de revitalização dos espaços rurais marginais* [Dissertação de mestrado, Universidade do Porto]. Repositório Aberto da Universidade do Porto. http://hdl.handle.net/10216/14746

Cunha, L. (2012). Riscos climáticos no Centro de Portugal. Uma leitura geográfica. *Geonorte*, *3*(7), 1184-1200. https://hdl.handle.net/10316/20391

Daveau, S. (1977). Études sur le climat et les rivières du Portugal. *Finisterra, 12*(24), 281–288. https://doi.org/10.18055/Finis1931

Daveau, S. (1985). *Mapas climáticos de Portugal: Nevoeiro e nebulosidade, contrastes térmicos*. Centro de Estudos Geográficos.

Davis, M. B., Shaw, R. G., & Etterson, J. R. (2005). Evolutionary responses to changing climate. *Ecology, 86*(7), 1704–1714. https://doi.org/10.1890/03-0788

Diário do Minho. (2021, 14 de maio). *"Florestar Fafe" prepara plantação de 50 mil árvores autóctones até 2025*. https://www.diariodominho.pt/noticias/regiao/florestar-fafe-prepara-plantacao-de-50-mil-arvores-autoctones-ate-2025-232176

Dias, A. P., Franco, A., Araújo, A. P. R., Ferreira, C., Santos, E., Silva, E., Borges, F., Lima, F., Goes, F., Lopes, G., Faria, J., Pinho, J., Figueiredo, J. C., Rodrigues, J. M., Calaím, L., Pereira, M., & Calado, N. (2013). *Adaptação das florestas às alterações climáticas: Trabalho no âmbito da Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas*. Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas. https://www.icnf.pt/api/file/doc/bf78496d0ba6c276

Dias, E. M. S., Pessoa, Z. S., & Teixeira, R. L. P. (2022). Governança adaptativa e segurança hídrica em contexto de mudanças climáticas no semiárido. *Mercator*, *21*, e21025. https://doi.org/10.4215/rm2022.e21025

Di Giulio, G. M., Serrao-Neumann, S., Lindoso, D. P., Perez, G. G., Neder, E. A., & Torres, R. R. (2025). Advancing adaptation of highly heterogeneous urban contexts for improved distributive climate justice: An analysis of specific and generic adaptive capacities of Brazilian cities. *Sustainable Cities and Society*, *130*, Artigo 106665. https://doi.org/10.1016/j.scs.2025.106665

Direção-Geral do Território (2024). *Carta de Ocupação do Solo Conjuntural de Portugal Continental para 2024 (COSc 2024)*. Sistema Nacional de Informação Geográfica. https://snig.dgterritorio.gov.pt/

Direção-Geral do Território (2021). *Série histórica de Cartas de Ocupação do Solo (COS) de Portugal Continental: 1995, 2007, 2010, 2015 e 2018*. Sistema Nacional de Informação Geográfica. https://snig.dgterritorio.gov.pt/rndg/srv/por/catalog.search#/metadata/1eaaacee-4aaa-44c6-9c06-eda52c315524

Di Virgilio, G., Evans, J. P., Blake, S. A. P., Armstrong, M., Dowdy, A. J., Sharples, J., & McRae, R. (2019). Climate change increases the potential for extreme wildfires. *Geophysical Research Letters*, *46*(14), 8517–8526. https://doi.org/10.1029/2019GL083699

dos Santos, S. M. B., Bento-Gonçalves, A., Vieira, A., & Teixeira, G. (2023). Large wildfires in Northwest Portugal: Exploring spatial patterns between 2001 and 2020, based on Landsat data. *Sociedade & Natureza, 35*(1), Artigo e68265. https://doi.org/10.14393/sn-v35-2023-68265x

Falk, D. A. (2017). Restoration ecology, resilience, and the axes of change. *Annals of the Missouri Botanical Garden, 102*(2), 201–216. https://doi.org/10.3417/2017003

Falk, D. A., van Mantgem, P. J., Keeley, J. E., Gregg, R. M., Guiterman, C. H., Tepley, A. J., Young, D. J. N., & Marshall, L. A. (2022). Mechanisms of forest resilience. *Forest Ecology and Management, 512*, Artigo 120129. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120129

Fernandes, D. (2022). *Políticas nacionais de combate às alterações climáticas: Contributos da Polícia de Segurança Pública* [Trabalho Individual Final do 5.º Curso de Comando e Direção Policial]. Instituto Superior de Ciências Policiais e Segurança Interna.

https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/46039/1/B9%20-%20Daniela%20Fernandes%20-%20Pol%C3%ADticas%20Nacionais%20de%20Combate%20%C3%A0s%20Altera%C3%A7%C3%B5es%20Clim%C3%A1ticas.pdf

Fernandez-Anez, N., Krasovskiy, A., Muller, M., Vacik, H., Baetens, J., Atanassova, I., Glushkova, M., Bogunovic, I., Fajkovic, H., Djuma, H., Boustras, G., Adamek, M., Devetter, M., Hrabalikova, M., Huska, D., Barroso, P. M., Vaverkova, M. D., Zumr, D., Jõgiste, K., & Metslaid, M. (2021). Current wildland fire patterns and challenges in Europe: A synthesis of national perspectives. *Air, Soil and Water Research, 14*, 1–19. https://doi.org/10.1177/11786221211028185

Ferreiro-Lera, G.-B., Penas, Á., & del Río, S. (2024). Unveiling deviations from IPCC temperature projections through Bayesian downscaling and assessment of CMIP6 General Circulation Models in a climate-vulnerable region. *Remote Sensing, 16*(11), Artigo 1831. https://doi.org/10.3390/rs16111831

Ferreira-Leite, F., Bento-Gonçalves, A., Vieira, A., Nunes, A., & Lourenço, L. (2016). Incidence and recurrence of large forest fires in mainland Portugal. *Natural Hazards, 84*(2), 1035–1053. https://doi.org/10.1007/s11069-016-2474-y

Ferreira-Leite, F., Bento-Gonçalves, A., Vieira, & Martins, C. O. (2010). A recorrência dos incêndios na Serra da Cabreira (Vieira do Minho, Noroeste de Portugal) como medida da manifestação do risco de incêndio florestal. *Territorium*, (17), 93-98. https://www.google.com/url?sa=E&source=gmail&q=http://hdl.handle.net/1822/10664

Feser, F., Rockel, B., von Storch, H., Winterfeldt, J., & Zahn, M. (2015). Regional climate models add value to global model data: A review and selected examples. *Bulletin of the American Meteorological Society, 92, 9*. https://doi.org/10.1175/2011BAMS3061.1

França, L. M. de A., Galvíncio, J. D., & Mendiondo, E. M. (2023). Global Climate Models: A Review. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing*, *13*(3), 418–431. https://doi.org/10.29150/jhrs.v13.3.p418-431

FSC Portugal (2025). *Gestão florestal certificada em Portugal*. https://www.pt.fsc.org/pt-pt/gestao-florestal-0 (consultado em 18/03/2026).

Gagnon, P. R., Passmore, H. A., Platt, W. J., Myers, J. A., Paine, C. E. T., & Harms, K. E. (2010). Does pyrogenicity protect burning plants? *Ecology*, *91*(12), 3481–3486. https://doi.org/10.1890/10-0104.1

Ganho, N. (2019). Mudanças climáticas e mudanças na valoração do clima, em Portugal, nos últimos 50 anos. *Acta Geográfica, 13*(33), 196–208. https://doi.org/10.5654/acta.v13i33.4882

Ganteaume, A., Barbero, R., Jappiot, M., & Maillé, E. (2021). Understanding future changes to fires in southern Europe and their impacts on the wildland-urban interface. *Journal of Safety Science and Resilience, 2(1), 20-29*. https://doi.org/10.1016/j.jnlssr.2021.01.001

Geerlings, H., & Stead, D. (2003). The integration of land use planning, transport and environment in European policy and research. *Transport Policy*, *10*(3), 187–196. https://doi.org/10.1016/S0967-070X(03)00020-9

Higgs, E., Falk, D. A., Guerrini, A., Hall, M., Harris, J., Hobbs, R. J., Jackson, S. T., Rhemtulla, J. M., & Throop, W. (2014). The changing role of history in restoration ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment, 12*(9), 499–506. https://doi.org/10.1890/130171

ICNF (2024). *Áreas ardidas (2000-2024)* [Conjunto de dados geográficos]. GeoCatalogo. https://geocatalogo.icnf.pt/metadados/area_ardida.html (consultado em 18/03/2026).

ICNF (2026). *Listagem de Planos Municipais de Defesa da Floresta contra Incêndios (PMDFCI)*. https://fogos.icnf.pt/infopmdfci/pmdfci_publicolist.asp (consultado em 18/03/2026).

ICNF (2026). *Planos de Gestão Florestal (PGF): Região Norte*. https://www.icnf.pt/florestas/pgf/pgfnorte (consultado em 18/03/2026).

ICNF (2025). *Listagem de Equipas de Sapadores Florestais Operacionais*. https://www.icnf.pt/api/file/doc/9ac81b3a767bd8dc (consultado em 18/03/2026).

ICNF (2025). *ZIF - Zonas de Intervenção Florestal: Listagem de entidades gestoras*. https://www.icnf.pt/api/file/doc/738de667cf6cae77 (consultado em 18/03/2026).

INE (2022). *Censos 2021: Resultados definitivos – Portugal*. https://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpgid=censos21_dados_finais&xpid=CENSOS21&xlang=pt (consultado em 18/03/2026).

IPMA (2026). *Portal do Clima: Histórico simulado 1971-2000 (Dataset PT02)*. https://www.portaldoclima.pt/ (consultado em 18/03/2026).

IPMA (2011). *Ficha Climatológica: 1971-2000 – Braga (Posto Agrário)*. https://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/1971-2000/normalclimate7100.jsp (consultado em 18/03/2026).

IPMA (2024). *Normal Climatológica – Braga / Merelim (1991-2020)* (Versão 1.0). https://www.ipma.pt/bin/file.data/climate-normal/cn_91-20_BRAGA_MERELIM.pdf (consultado em 18/03/2026).

IPMA (2014). *Boletim climatológico mensal: Maio de 2014*. https://www.ipma.pt/pt/publicacoes/boletins.jsp?cmbDep=cli&cmbTema=pcl&idDep=cli&idTema=pcl&curAno=-1 (consultado em 18/03/2026).

IPMA. (2015). *Boletim climatológico mensal: Abril de 2015*. https://www.ipma.pt/pt/publicacoes/boletins.jsp?cmbDep=cli&cmbTema=pcl&idDep=cli&idTema=pcl&curAno=-1 (consultado em 18/03/2026).

IPMA (2016a). *Boletim climatológico mensal: Agosto de 2016*. https://www.ipma.pt/pt/publicacoes/boletins.jsp?cmbDep=cli&cmbTema=pcl&idDep=cli&idTema=pcl&curAno=-1 (consultado em 18/03/2026).

IPMA. (2016b). *Boletim climatológico mensal: Outubro de 2016*. https://www.ipma.pt/pt/publicacoes/boletins.jsp?cmbDep=cli&cmbTema=pcl&idDep=cli&idTema=pcl&curAno=-1 (consultado em 18/03/2026).

IPMA (2016c). *Boletim climatológico mensal: Setembro de 2016*. https://www.ipma.pt/pt/publicacoes/boletins.jsp?cmbDep=cli&cmbTema=pcl&idDep=cli&idTema=pcl&curAno=-1 (consultado em 18/03/2026).

IPMA (2017a). *Boletim climatológico mensal: Abril de 2017*. https://www.ipma.pt/pt/publicacoes/boletins.jsp?cmbDep=cli&cmbTema=pcl&idDep=cli&idTema=pcl&curAno=-1 (consultado em 18/03/2026).

IPMA (2017b). *Boletim climatológico mensal: Junho de 2017*. https://www.ipma.pt/pt/publicacoes/boletins.jsp?cmbDep=cli&cmbTema=pcl&idDep=cli&idTema=pcl&curAno=-1 (consultado em 18/03/2026).

IPMA (2017c). *Boletim climatológico mensal: Maio de 2017*. https://www.ipma.pt/pt/publicacoes/boletins.jsp?cmbDep=cli&cmbTema=pcl&idDep=cli&idTema=pcl&curAno=-1 (consultado em 18/03/2026).

IPMA (2018). *Boletim climatológico mensal: Setembro de 2018*. https://www.ipma.pt/pt/publicacoes/boletins.jsp?cmbDep=cli&cmbTema=pcl&idDep=cli&idTema=pcl&curAno=-1 (consultado em 18/03/2026).

IPMA (2019). *Boletim climatológico mensal: Março de 2019*. https://www.ipma.pt/pt/publicacoes/boletins.jsp?cmbDep=cli&cmbTema=pcl&idDep=cli&idTema=pcl&curAno=-1 (consultado em 18/03/2026).

IPMA (2020). *Boletim climatológico mensal: Julho de 2020*. https://www.ipma.pt/pt/publicacoes/boletins.jsp?cmbDep=cli&cmbTema=pcl&idDep=cli&idTema=pcl&curAno=-1 (consultado em 18/03/2026).

IPMA (2022a). *Boletim climatológico mensal: Julho de 2022*. https://www.ipma.pt/pt/publicacoes/boletins.jsp?cmbDep=cli&cmbTema=pcl&idDep=cli&idTema=pcl&curAno=-1 (consultado em 18/03/2026).

IPMA (2022b). *Boletim climatológico mensal: Maio de 2022*. https://www.ipma.pt/pt/publicacoes/boletins.jsp?cmbDep=cli&cmbTema=pcl&idDep=cli&idTema=pcl&curAno=-1 (consultado em 18/03/2026).

IPMA (2023a). *Boletim climatológico mensal: Abril de 2023*. https://www.ipma.pt/pt/publicacoes/boletins.jsp?cmbDep=cli&cmbTema=pcl&idDep=cli&idTema=pcl&curAno=-1 (consultado em 18/03/2026).

IPMA (2023b). *Boletim climatológico mensal: Outubro de 2023*. https://www.ipma.pt/pt/publicacoes/boletins.jsp?cmbDep=cli&cmbTema=pcl&idDep=cli&idTema=pcl&curAno=-1 (consultado em 18/03/2026).

IPMA (2024). *Boletim climatológico mensal: Abril de 2024*. https://www.ipma.pt/pt/publicacoes/boletins.jsp?cmbDep=cli&cmbTema=pcl&idDep=cli&idTema=pcl&curAno=-1 (consultado em 18/03/2026).

IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, & B. Rama, Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York. https://doi.org/10.1017/9781009325844

Jacaún, T. da S. (2025). A Região Metropolitana na floresta e os desafios da política climática na Amazônia. *Ciência & Cultura*, *71* (4), 1–21. https://doi.org/10.48207/2317-6660.20250037

Johnstone, J. F., Allen, C. D., Franklin, J. F., Frelich, L. E., Harvey, B. J., Higuera, P. E., Mack, M. C., Meentemeyer, R. K., Metz, M. R., Perry, G. L. W., Schoennagel, T., & Turner, M. G. (2016). Changing disturbance regimes, ecological memory, and forest resilience. *Frontiers in Ecology and the Environment, 14*(7), 369–378. https://doi.org/10.1002/fee.1311

Jones, M. W., Veraverbeke, S., Andela, N., Doerr, S. H., Kolden, C., Mataveli, G., Pettinari, M. L., Le Quéré, C., Rosan, T. M., van der Werf, G. R., van Wees, D., & Abatzoglou, J. T. (2024). Global rise in forest fire emissions linked to climate change in the extratropics. *Science, 386*(6719), 1–12. https://doi.org/10.1126/science.adl5889

Kashwan, P. (2021). Climate justice in the Global North: An introduction. *Case Studies in the Environment, 5*(1), Artigo 1125003. https://doi.org/10.1525/cse.2021.1125003

Kolström, M., Lindner, M., Vilén, T., Maroschek, M., Seidl, R., Lexer, M. J., Netherer, S., Kremer, A., Delzon, S., Barbati, A., Marchetti, M., & Corona, P. (2011). Reviewing the science and implementation of climate change adaptation measures in European forestry. *Forests, 2*(4), 961–982. https://doi.org/10.3390/f2040961

Kurrer, C., & Lipcaneanu, N. (2023). *Environment policy: General principles and basic framework - legal basis origins and development*. European Agency for Safety and Health at Work. https://policycommons.net/artifacts/4486902/environment-policy/5289521/

Locatelli, B., Brockhaus, M., Buck, A., & Thompson, I. (2010). Forests and adaptation to climate change: Challenges and opportunities. In G. Sjostedt (Ed.), *Forests and Society — Responding to Global Drivers of Change* (pp. 159–172). International Union of Forest Research Organizations (IUFRO). https://www.researchgate.net/publication/284821882_Forests_and_Adaptation_to_Climate_Change_Challenges_and_Opportunities

Lopes, H. T. da S. (2021). *A influência do clima e da morfologia urbana na atividade turística da Área Metropolitana do Porto: Perceções e simulação do conforto bioclimático dos turistas* [Tese de Doutoramento, Universidade do Minho; Universitat de Barcelona]. https://hdl.handle.net/1822/77584

Lopes, H. S., Remoaldo, P., Ribeiro, V., & Martín-Vide, J. (2022). The use of collaborative practices for climate change adaptation in the tourism sector until 2040—A case study in the Porto Metropolitan Area (Portugal). *Applied Sciences, 12*(12), 5835. https://doi.org/10.3390/app12125835

Lopes, H. S., Silva, P. F., Almeida, M., Ribeiro, I., & Remoaldo, P. (2025). Are residents prepared for the effects of climate change? A survey-based study in Tâmega e Sousa (Mainland Portugal). *Environmental Sciences Europe*, *37*(1), Artigo 221. https://doi.org/10.1186/s12302-025-01254-y

Lopes, H. S., Silva, P. F., Pinto, B. G., Cuevas, P. D., Ribeiro, V., & Remoaldo, P. (2025). Urban heat stress in the context of socioeconomic and environmental challenges: Heat risk analysis and online surveys in northwestern Portugal. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *120*, 105384. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2025.105384

Lourenço, L. (2018). Forest fires in continental Portugal: Result of profound alterations in society and territorial consequences. *Méditerranée, 131*, 105–124. https://doi.org/10.4000/mediterranee.9958

Lynch, A. J., Thompson, L. M., Beever, E. A., Cole, D. N., Engman, A. C., Hawkins Hoffman, C., Jackson, S. T., Krabbenhoft, T. J., Lawrence, D. J., Limpinsel, D., Magill, R. T., Melvin, T. A., Morton, J. M., Newman, R. A., Peterson, J. O., Porath, M. T., Rahel, F. J., Schuurman, G. W., Sethi, S. A., & Wilkening, J. L. (2021). Managing for RADical ecosystem change: Applying the Resist-Accept-Direct (RAD) framework. *Frontiers in Ecology and the Environment, 19*(8), 461–469. https://doi.org/10.1002/fee.2377

Marando, F., Salvatori, E., Sebastiani, A., Fusaro, L., & Manes, F. (2019). Regulating Ecosystem Services and Green Infrastructure: Assessment of Urban Heat Island effect mitigation in the municipality of Rome, Italy. *Ecological Modelling*, *392*, 92–102. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.11.011

Mateus, P., & Fernandes, P. M. (2014). Forest fires in Portugal: Dynamics, causes and policies. In F. Reboredo (Ed.), *Forest context and policies in Portugal: Present and future challenges* (pp. 97–115). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-08455-8_4

Millar, C. I., Stephenson, N. L., & Stephens, S. L. (2007). Climate change and forests of the future: Managing in the face of uncertainty. *Ecological Applications, 17*(8), 2145–2151. https://doi.org/10.1890/06-1715.1

Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. (2005). *Decreto-Lei n.º 127/2005: Estabelece o regime jurídico da criação das zonas de intervenção florestal (ZIF)*. Diário da República: 1.ª série, n.º 150. [Texto consolidado em 2009]. https://diariodarepublica.pt/dr/legislacao-consolidada/decreto-lei/2009-106555669

Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território (2013). *Estratégia de adaptação da agricultura e das florestas às alterações climáticas: Portugal Continental*. Agência Portuguesa do Ambiente. https://apambiente.pt/sites/default/files/_Clima/Adapta%C3%A7%C3%A3o/Relat_Setor_ENAAC_Agricultura.pdf

Ministério do Ambiente e da Transição Energética (2019a). *Plano Nacional de Energia e Clima 2021-2030 (PNEC 2030): Documento para consulta pública*. República Portuguesa. https://www.portugalenergia.pt/setor-energetico/bloco-3/

Ministério do Ambiente e Transição Energética (2019b). *Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC2050)*. Ministério do Ambiente e Transição Energética, Lisboa. Retirado de https://apambiente.pt/clima/roteiro-para-neutralidade-carbonica-2050

Miranda, A., Carvalho, A., Gomes, P., Copena, D., & Lopes, L. (2018). *Associativismo em áreas comunitárias*. BALADI – Federação Nacional dos Baldios.

Monteiro, A. F. M., Yamamoto, A. L. C., Silva, P. do N., & Reboita, M. S. (2021). Conhecer a complexidade do sistema climático para entender as mudanças climáticas. *Terræ Didatica*, *17*(0). https://doi.org/10.20396/td.v17i0.8663763

Município de Fafe (2026). *Organograma dos Serviços Municipais*. https://www.cm-fafe.pt/municipio/organograma (consultado em 18/03/2026).

Município de Fafe (2021a). *Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios de Fafe: Caderno II - Plano de Defesa da Floresta*. ICNF. https://fogos.icnf.pt/pmdfci/03_Braga/0307/3G/Caderno_II/PMDFCI_0307_Fafe_Caderno_II.pd (consultado em 18/03/2026).

Município de Fafe (2021b). *Projeto de reabilitação e valorização dos rios Vizela, Bugio e Ferro no Concelho de Fafe*. https://content.cm-fafe.pt/rz5lagu7c23n2zxoz624myqdn74f (consultado em 18/03/2026).

Município de Fafe (2021c). *Edital: Apoios a pequenas explorações agropecuárias de natureza familiar*. https://content.cm-fafe.pt/ets0nn75d3v3lu6ry8lxrwd6xbn1 (consultado em 18/03/2026).

Município de Fafe (2022, 12 de abril). *O "Mercado Bio" está de volta*. https://cm-fafe.pt/noticia/o-mercado-bio-esta-de-volta (consultado em 18/03/2026).

Município de Fafe (2023, 11 de julho). *Floresta e Proteção Civil: Aprovado o Plano Operacional Municipal de Fafe* [Post de Facebook]. Facebook. https://www.facebook.com/municipiofafe/posts/1079678187526930/ (consultado em 18/03/2026).

Município de Fafe (2023). *Plano Municipal de Ação Climática*. https://content.cm-fafe.pt/rails/active_storage/blobs/proxy/eyJfcmFpbHMiOnsiZGF0YSI6ImQ1OGFkZDYxLWVjYmUtNGM3Yy05Njg4LWMzN2FhOWFiOWM1YiIsInB1cil6ImJsb2JfaWQifX0=–c39865320a0aada6c5903b4bb34a88f0ba029555/PMAC%20FAFE.pdf (consultado em 18/03/2026).

Município de Fafe (2024). *Anexo II: Programa de medidas a implementar para a prevenção e mitigação dos riscos identificados e para a garantia da manutenção da operacionalidade do Plano*. Plano Municipal de Emergência e Proteção Civil. https://content.cm-fafe.pt/rails/active_storage/blobs/proxy/eyJfcmFpbHMiOnsiZGF0YSI6IjM2NzA1NWU2LTVjMGQtNGEyMy1iZjBhLTlkODA2MTRjYTg0MSIsInB1cil6ImJsb2JfaWQifX0=–19c728722ef9cd751c83998c58f25d124a77c20e/Anexo%20II%20-%20Programa%20de%20Medidas%20a%20Implementar%20para%20a%20Preven%C3%A7%C3%A3o%20e%20Mitiga%C3%A7%C3%A3o%20dos%20Riscos%20Identificados%20e%20para%20a%20Garantia%20da%20Manuten%C3%A7%C3%A3o%20Operacionalidade%20do%20Plano.pdf (consultado em 18/03/2026).

Neder, E. A., Moreira, F. de A., Fontana, M. D., Torres, R. R., Lapola, D. M., Vasconcellos, M. da P. C., Bedran-Martins, A. M. B., Philippi Junior, A., Lemos, M. C., & Di Giulio, G. M. (2021). Urban adaptation index: Assessing cities readiness to deal with climate change. *Climatic Change, 166*(16), Artigo 31. https://doi.org/10.1007/s10584-021-03113-0

Nilsson, M., Zamparutti, T., Petersen, J. E., Nykvist, B., Rudberg, P., & McGuinn, J. (2012). Understanding policy coherence: Analytical framework and examples of sector–environment policy interactions in the EU. *Environmental Policy and Governance*, *22*(6), 395–423. https://doi.org/10.1002/eet.1589

Nunes, A., Lourenço, L., Bento-Gonçalves, A., & Vieira, A. (2015). Três décadas de incêndios florestais em Portugal: incidência regional e principais fatores responsáveis. *Cadernos de Geografia, 32*, 133–143. https://doi.org/10.14195/0871-1623_32

Oliveira, A. C., Pinho, J., Alves, R., Tavares, A., & Polónia-Gomes, J. (2018). *Coletânea de legislação florestal (Portugal Continental)*. Associação de Estudos de Direito Regional e Local. https://www.icnf.pt/api/file/doc/ef672a71a116c853

Oliveira, F. P. M. (2023). A influência do direito numa gestão atenta aos incêndios e às alterações climáticas: Reflexão a partir da lei de bases do clima e dos direitos dos cidadãos. In *Floresta e Legislação V.* Instituto Jurídico da Faculdade de Direito da Universidade de Coimbra. https://doi.org/10.47907/incendios/protecaoambiental/alteracoesclimaticas/2023/8

Oliveira, S., Oehler, F., San-Miguel-Ayanz, J., Camia, A., & Pereira, J. M. C. (2012). Modeling spatial patterns of fire occurrence in Mediterranean Europe using Multiple Regression and Random Forest. *Forest Ecology and Management, 275, 117–129*. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.03.003

Oliveira, T. M. (2017). *A transição florestal e a governança do risco de incêndio em Portugal nos últimos 100 anos* [Tese de doutoramento, Universidade de Lisboa]. Repositório da Universidade de Lisboa. http://hdl.handle.net/10451/31599

Pandey, P., Huidobro, G., Lopes, L. F., Ganteaume, A., Ascoli, D., Colaco, C., Xanthopoulos, G., Giannaropoulos, T., Gazzard, R., Boustras, G., Steelman, T., Charlton, V., Ferguson, E., Kirschner, J., Little, K., Stoof, C., Nikolakis, W., Fernández-Blanco, C. R., Ribotta, C., & Lambrechts, H. (2023). A global outlook on increasing wildfire risk: Current policy situation and future pathways. *Trees, Forests and People, 14*, Artigo 100431. https://doi.org/10.1016/j.tfp.2023.100431

Parlamento Europeu & Conselho da União Europeia (2021). *Regulamento (UE) 2021/1119 de 30 de junho de 2021: Lei europeia em matéria de clima*. Jornal Oficial da União Europeia, L 243, 1–17. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32021R1119

Parlamento Europeu (2019). *Resolução do Parlamento Europeu, de 28 de novembro de 2019, sobre a emergência climática e ambiental (2019/2930(RSP))*. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52019IP0078(01

PEFC Portugal (2025). *Encontre certificados: Pesquisa de certificados de gestão florestal sustentável*. https://www.pefc.pt/encontre-certificados (consultado em 18/03/2026).

Pereira, D. C. M. (2018). *Efeitos dos incêndios florestais de baixa severidade nos solos, no município de Fafe* [Dissertação de mestrado, Universidade do Minho]. RepositóriUM. http://hdl.handle.net/1822/55295

Pereira, M. G., Trigo, R. M., da Camara, C. C., Pereira, J. M. C., & Leite, S. M. (2005). Synoptic patterns associated with large summer forest fires in Portugal. *Agricultural and Forest Meteorology, 129(1-2), 11–25*. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2004.12.007

Peterson, T. C., Folland, C., Gruza, G., Hogg, W., Mokssit, A., & Plummer, N. (2001). *Report on the activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs 1998–2001* (Relatório No. WMO-TD No. 1071, WCDMP-No. 47). World Meteorological Organisation. https://etccdi.pacificclimate.org/docs/wgccd.2001.pdf

Pinho, J., & Mateus, P. (2018). Retrato a carvão: A gestão do fogo no âmbito da administração florestal e do ordenamento florestal do território. Subsídios para uma perspetiva histórica e de futuro. *Territorium, 26*(II), 61–88. https://doi.org/10.14195/1647-7723_26-2_5

Presidência do Conselho de Ministros. (2006). Resolução do Conselho de Ministros n.º 65/2006, de 26 de maio. Aprova o Plano Nacional de Defesa da Floresta Contra Incêndios (PNDFCI). *Diário da República*, 1.ª série-B, n.º 102, 3511–3540. https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/resolucao-conselho-ministros/65-2006-286680

Presidência do Conselho de Ministros. (2010). Resolução do Conselho de Ministros n.º 24/2010, de 1 de abril. Aprova a Estratégia Nacional para as Alterações Climáticas (ENAAC 2020). *Diário da República*, 1.ª série, n.º 64, 1090–1106. https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/resolucao-conselho-ministros/24-2010-612654

Presidência do Conselho de Ministros. (2015). Resolução do Conselho de Ministros n.º 6-B/2015, de 4 de fevereiro. Aprova a Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAAC 2020). *Diário da República*, 1.ª série, n.º 24, 696-(2) a 696-(14). https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/resolucao-conselho-ministros/6-b-2015-66432466

Presidência do Conselho de Ministros. (2015). Resolução do Conselho de Ministros n.º 56/2015, de 30 de julho. Aprova o Quadro Estratégico para a Política Climática. *Diário da República*, 1.ª série, n.º 147, 5114–5168. https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/resolucao-conselho-ministros/56-2015-69905665

Presidência do Conselho de Ministros. (2019a). Resolução do Conselho de Ministros n.º 121/2019: Cria o Programa de Transformação da Paisagem. *Diário da República: 1.ª série, n.º 144/2019, 3–14*. https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/resolucao-conselho-ministros/121-2019-123578709

Presidência do Conselho de Ministros. (2019b). Resolução do Conselho de Ministros n.º 130/2019, de 2 de agosto. Aprova a Estratégia Nacional de Educação Ambiental 2020 (ENEA 2020). *Diário da República*, 1.ª série, n.º 147, 10–45. https://diariodarepublica.pt/dr/analise-juridica/resolucao-conselho-ministros/130-2019-123666112

Presidência do Conselho de Ministros. (2020a). Resolução do Conselho de Ministros n.º 45-A/2020: Aprova a Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Fogos Rurais 2020-2030. *Diário da República: 1.ª série, n.º 115/2020, Suplemento, 4-(2)–4-(73).* https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/resolucao-conselho-ministros/45-a-2020-135843143

Presidência do Conselho de Ministros. (2020b). Resolução do Conselho de Ministros n.º 49/2020, de 24 de junho. Aprova a Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Fogos Rurais 2020-2030. *Diário da República*, 1.ª série, n.º 121, 16–31. https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/resolucao-conselho-ministros/49-2020-136476384

Prahl, A., & Hofmann, E. (2014). *European climate policy – History and state of play*. Climate Policy Info Hub. https://climatepolicyinfohub.eu/european-climate-policy-history-and-state-play.html

Ranabhat, S., Ghate, R., Bhatta, L. D., Agrawal, N. K., & Tankha, S. (2018). Policy coherence and interplay between climate change adaptation policies and the forestry sector in Nepal. *Environmental Management, 61*(6), 968–980. https://doi.org/10.1007/s00267-018-1027-4

Rego, F. C., & Skulska, I. (2019). Evolução histórica do regime florestal em Portugal. In M. J. Antunes & D. Lopes (Coords.), *Florestas e legislação: Que futuro?* (pp. 9–32). Instituto Jurídico da Faculdade de Direito da Universidade de Coimbra.

Rocha, J. M. F. (2024). *Dinâmicas do solo em áreas ardidas: alterações nas propriedades físico-químicas e no uso do solo, a curto e longo prazo, no noroeste de Portugal* [Tese de doutoramento, Universidade do Minho]. RepositóriUM. http://hdl.handle.net/1822/93663

Rodrigues, E. E. C. (2016). *Sistema de gestão da segurança contra incêndio e pânico nas edificações: Fundamentação para uma regulamentação nacional* [Tese de doutoramento, Universidade de Coimbra; Universidade Federal do Rio Grande do Sul]. Estudo Geral. https://hdl.handle.net/10316/32048

Rosselló-Nadal, J. (2014). How to evaluate the effects of climate change on tourism. *Tourism Management*, *42*, 334–340. https://doi.org/10. 1016/j.tourman.2013.11.011

Rusche, T. (2010). The European climate change program: An evaluation of stakeholder involvement and policy achievements. *Energy Policy, 38*(10), 6349–6359. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.06.026

Santos, F. D., & Miranda, P. (Eds.). (2006). *Alterações climáticas em Portugal: Cenários, impactos e medidas de adaptação (Projeto SIAM II)*. Gradiva.

Scott, D., Hall, C. M., & Gössling, S. (2015). A review of the IPCC Fifth Assessment and implications for tourism sector climate resilience and decarbonization. *Journal of Sustainable Tourism*. http://dx.doi.org/10.1080/09669582.2015.1062021

Silva, P. F., Dantas, R., Lopes, H. S., & Remoaldo, P. (2025). Knowledge and preparation of the Civil Protection Services in the climate change adaptation in mainland Portugal. Em W. Leal Filho et al. (Eds.), *Composing Worlds: Humanities, Health and Wellbeing in the XXI Century Towards a More Sustainable World* (World Sustainability Series, pp. 289–310). Springer Nature Switzerland AG. https://doi.org/10.1007/978-3-031-87108-5_19

Skulska, I., Montiel-Molina, C., Germano, A., & Rego, F. C. (2021). Evolution of Portuguese community forests and their governance based on new institutional economics. *European Journal of Forest Research, 140*(4), 913–930. https://doi.org/10.1007/s10342-021-01375-y

Torres, P. H. C., Urbinatti, A. M., Gomes, C., Schmidt, L., Leonel, A. L., Momm, S., & Jacobi, P. R. (2021). Justiça climática e as estratégias de adaptação às mudanças climáticas no Brasil e em Portugal. *Estudos Avançados, 35*(102), 159–176. https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2021.35102.010

Turner, B., Devisscher, T., Chabaneix, N., Woroniecki, S., Messier, C., & Seddon, N. (2022). The Role of Nature-Based Solutions in Supporting Social-Ecological Resilience for Climate Change Adaptation. *Annual Review of Environment and Resources*, *47*, 123–148. https://doi.org/10.1146/annurev-environ-012220-010017

União Europeia (2019). Decisão (UE) 2019/420 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 13 de março de 2019, que altera a Decisão n.º 1313/2013/UE relativa a um Mecanismo de Proteção Civil da União Europeia. *Jornal Oficial da União Europeia*, L 77I, 1–15. http://data.europa.eu/eli/dec/2019/420/oj

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2009). *2009 UNISDR terminology on disaster risk reduction*. https://www.undrr.org/publication/2009-unisdr-terminology-disaster-risk-reduction (consultado em 18/03/2026).

UNDRR. (2022). *Global assessment report on disaster risk reduction 2022: Our world at risk: Transforming governance for a resilient future*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Geneve. https://www.undrr.org/gar/gar2022-our-world-risk-gar

Valente, S., Coelho, C., Ribeiro, C., & Soares, J. (2013). Forest Intervention Areas (ZIF): A new approach for non-industrial private forest management in Portugal. *Silva Lusitana, 21*(2), 137–161.

Van den Hurk, B., van Oldenborgh, G. J., Lenderink, G., Hazeleger, W., Haarsma, R., & de Vries, H. (2014). Drivers of mean climate change around the Netherlands derived from CMIP5. *Climate Dynamics*, *42*, 1683–1697. https://doi.org/10.1007/s00382-013-1707-y

Van Vuuren, D. P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., Hurtt, G. C., Kram, T., Krey, V., Lamarque, J.-F., Masui, T., Meinshausen, M., Nakicenovic, N., Smith, S. J., & Rose, S. K. (2011). The representative concentration pathways: an overview. *Climatic Change*, *109*(1), 5–31. https://doi.org/10.1007/s10584-011-0148-z

Yang, H., Lee, T., & Juhola, S. (2021). The old and the climate adaptation: Climate justice, risks, and urban adaptation plan. *Sustainable Cities and Society, 67*, Artigo 102755. https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102755

Weigel, K., Bock, L., Gier, B. K., Lauer, A., Righi, M., Schlund, M., et al. (2021). Earth System Model Evaluation Tool (ESMValTool) v2.0 – diagnostics for extreme events, regional and impact evaluation, and analysis of Earth system models in CMIP. *Geoscientific Model Development*, *14*(6), 3159–3184. https://doi.org/10.5194/gmd-14-3159-2021

Weather Underground. (2026). *Historical Weather Data: Braga, Portugal*. https://www.wunderground.com/weather/pt/braga (consultado em 02/04/2026).

ANEXOS

Anexo I - Grelha de Avaliação da Capacidade Adaptativa

Índice da Capacidade Adaptativa do Município de Fafe			
Dimensão	**Indicador**	**Resposta (Sim = 1; Não = 0)**	**Comprovação**
Planeamento e Gestão Florestal	1. Existência de um PMDFCI em vigor e atualizado	1	https://sl1nk.com/2pPA9
	2. Existência de plano operacional anual de prevenção e DFCI com metas definidas	1	https://l1nk.dev/zOjdF
	3. Existência de equipa técnica municipal dedicada à floresta/DFCI	1	https://l1nq.com/dfmxb
	Pontuação Gestão Florestal	1	-
Organização e Gestão Conjunta da Propriedade	4. Existência de ZIF ou entidades de gestão florestal ativa no concelho	0	-
	5. Existência de Plano(s) de Gestão Florestal em vigor	0	https://www.icnf.pt/florestas/pgf/pgfnorte
	6. Existência de área florestal certificada (FSC/PEFC)	1	https://l1nq.com/hJzc2
	Pontuação Gestão Conjunta da Propriedade	0,33	-
Capacidade Operacional	7. Existência de Equipas Próprias de Sapadores Florestais	0	https://www.icnf.pt/api/file/doc/9ac81b3a767bd8dc
	8. Existência de sistemas de vigilância e deteção precoce	1	https://l1nq.com/2pPA9
	9. Realização de pelo menos um simulacro de Proteção Civil por ano	1	https://l1nq.com/X7ZZ8
	Pontuação da Capacidade Operacional	0,67	-
Resiliência Ecológica e Qualidade do Coberto Florestal	11. Existência de uma política municipal específica para a diversificação do coberto florestal	1	https://l1nq.com/z7ZI0
	12.Existência de um Plano/ Projeto Municipal de Controlo de Espécies Invasoras	0	-
	13. Existência de medidas de proteção do solo e linhas de água em áreas florestais	1	https://content.cm-fafe.pt/rz5lagu7c23n2zxoz624myqdn74f
	Pontuação da Resiliência Ecológica	0,67	-
Agricultura Sustentável	14. Existência de programas ou ações para estimular a agricultura biológica	1	https://l1nk.dev/2Mcgp

	15. Existência de programas ou ações de apoio à agricultura familiar	1	https://l1nq.com/Wilfn
	16. Existência de programas ou ações que previnam problemas climáticos na agricultura	1	https://l1nq.com/VRG4v
	Pontuação Agricultura Sustentável	1	-
Gestão de Risco Ambiental e Climático	17.Existência de Plano Municipal de Ação Climática Aprovado com medidas específicas direcionadas para a Floresta e DFCI	1	https://l1nq.com/VRG4v
	18. Existência de instrumentos municipais relacionados com a conservação de áreas protegidas	0	-
	19. Existência instrumentos municipais relacionados com a qualidade do ar	0	-
	20. Existência de instrumentos municipais relacionados com a proteção da biodiversidade	0	-
	Pontuação Risco Climático	0,25	-
		0,65	-