

Universidade do Minho
Instituto de Ciências Sociais

Filipa Manuela Sousa e Costa

As alterações climáticas e os impactes nas inundações: o caso do património hidráulico no rio Sousa (Lousada)

Outubro de 2025

As alterações climáticas e os impactes nas inundações: o caso do património hidráulico no rio Sousa (Lousada)
Filipa Manuela Sousa e Costa
UMinho | 2025

Universidade do Minho
Instituto de Ciências Sociais

Filipa Manuela Sousa e Costa

As alterações climáticas e os impactes nas inundações: o caso do património hidráulico no rio Sousa (Lousada)

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

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Francisco Silva Costa
Professor Doutor Hélder Tiago da Silva Lopes

Outubro de 2025

Direitos de autor e condições de utilização do trabalho por terceiros

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

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

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



Licença concedida aos utilizadores deste trabalho

Atribuição Não Comercial Sem Derivações

CC BY-NC-ND

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

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de expressar o meu sincero agradecimento aos meus professores orientadores, professor Doutor Francisco Silva Costa e professor Doutor Hélder Tiago da Silva Lopes, pela sua disponibilidade constante, pelas revisões cuidadosas e pelas valiosas orientações ao longo de todo o processo de realização desta dissertação. A sua dedicação e apoio foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho e para o meu crescimento académico e pessoal.

Aos meus pais, Ana Sousa e Jorge Costa, agradeço profundamente por toda a paciência, compreensão e apoio incondicional. Obrigada por me aturarem nos momentos de maior stress, por me ajudarem a manter o equilíbrio e por garantirem que não entrasse em pânico durante esta fase tão exigente. O vosso carinho e incentivo foram essenciais para manter o meu bem-estar psicológico e a motivação até ao fim.

À minha irmã, Letícia Costa, e ao meu cunhado, Tiago Alves, deixo um especial agradecimento pela ajuda imprescindível durante o trabalho de campo. A vossa disponibilidade e colaboração tornaram esta etapa muito mais fácil e até divertida.

Por fim, um agradecimento muito especial ao meu namorado, Daniel Silva, que foi o meu verdadeiro braço direito em todo este percurso. Obrigada por toda a ajuda — especialmente no trabalho de campo —, pela paciência infinita e por me apoiares em cada momento. A tua presença e incentivo foram determinantes para que conseguisse levar este projeto até ao fim.

A todos, o meu mais sincero obrigado.

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.

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco)

Resumo

Título: As alterações climáticas e os impactes nas inundações: o caso do património hidráulico no rio Sousa (Lousada)

A presente dissertação tem como objetivo avaliar os impactes das inundações e das alterações climáticas no património cultural e hidráulico existente ao longo do rio Sousa, no concelho de Lousada, integrando a análise do perigo natural com a caracterização do património edificado.

No plano metodológico, realizou-se um levantamento de campo exaustivo que permitiu inventariar 33 estruturas de património hidráulico — sobretudo moinhos e pontes de elevado valor histórico — e recolher informação detalhada sobre o seu estado de conservação, principais fatores de degradação e localização precisa. Estes dados foram organizados numa base georreferenciada.

Para caracterizar a evolução climática regional, recorreu-se a projeções CMIP6 (cenários SSP2-4.5 e SSP5-8.5), as quais revelam um aumento significativo da temperatura média anual, podendo atingir +4 °C no final do século em cenários de altas emissões, e uma precipitação anual com variabilidade mais acentuada, sugerindo maior frequência de episódios de chuva intensa. Estes resultados reforçam a probabilidade de eventos extremos com potencial para gerar cheias repentinas.

Paralelamente, foi desenvolvida uma modelação hidrológica e hidráulica para um período de retorno de 100 anos (T=100), da qual resultou um mapa de perigosidade, integrando matrizes de altura e velocidade de escoamento.

Mais de metade das estruturas inventariadas localizam-se em áreas de perigo alto ou muito alto, especialmente nas planícies aluviais adjacentes ao leito principal do rio Sousa, confirmando uma exposição significativa ao risco de inundação. A análise qualitativa identificou cinco fatores de degradação principais: ação da água, crescimento de vegetação, acumulação de sedimentos, cheias/inundações e falta de manutenção, frequentemente atuando de forma combinada.

A informação recolhida permitiu propor uma matriz de medidas de proteção, sensibilização e divulgação, com vista a apoiar a adaptação local às alterações climáticas e a preservação do património hidráulico.

Palavras-chave: Cheia, Inundação, Alterações climáticas, Perigo, Risco, Património Hidráulico.

Abstract

Title: Climate Change and the Impacts on Floods: The Case of Hydraulic Heritage along the Sousa River (Lousada)

This dissertation aims to assess the impacts of floods and climate change on the cultural and hydraulic heritage located along the Sousa River, in the municipality of Lousada, integrating the analysis of natural hazards with the characterization of the built heritage.

At the methodological level, an extensive field survey was conducted, allowing for the inventory of 33 hydraulic heritage structures — mainly mills and bridges of high historical value — and the collection of detailed information on their conservation status, main degradation factors, and precise location. These data were organized into a georeferenced database.

To characterize regional climate evolution, CMIP6 projections (scenarios SSP2-4.5 and SSP5-8.5) were used, revealing a significant increase in mean annual temperature — potentially reaching +4 °C by the end of the century under high-emission scenarios — and greater variability in annual precipitation, suggesting a higher frequency of intense rainfall events. These results reinforce the likelihood of extreme events with the potential to generate flash floods.

In parallel, a hydrological and hydraulic model was developed for a 100-year return period (T=100), resulting in a hazard map integrating height and flow velocity matrices.

More than half of the inventoried structures are in high or very high hazard areas, particularly in the alluvial plains adjacent to the main channel of the Sousa River, confirming significant exposure to flood risk. The qualitative analysis identified five main degradation factors: water action, vegetation growth, sediment accumulation, floods/inundations, and lack of maintenance — often acting in combination.

The information gathered enabled the proposal of a matrix of protection, awareness, and dissemination measures aimed at supporting local adaptation to climate change and the preservation of hydraulic heritage.

Keywords: Flood, Inundation, Climate Change, Hazard, Risk, Hydraulic Heritage.

Índice Geral

Direitos de autor e condições de utilização do trabalho por terceiros ..... **ii**

Agradecimentos ..... **iii**

Declaração de integridade ..... **iv**

Resumo ..... **vi**

Abstract ..... **vii**

Índice de Figuras ..... **x**

Índice de Tabelas ..... **xi**

Lista de acrónimos ..... **xii**

Introdução **1**

Objetivos **2**

Metodologia **2**

Capítulo 1 – Alterações climáticas, inundações e o património hidráulico **4**

1.1. Abordagem conceptual 4

1.1.1. Alterações climáticas 4

1.1.2. Cheia e inundação 7

1.1.3. O risco e o perigo de inundação 12

1.1.4. Exposição ao risco e ao perigo 16

1.1.5. Património cultural e hidráulico 17

1.2. Quadro legal 19

Capítulo 2 - Caraterização geográfica **22**

2.1. Município de Lousada e a relação com o rio Sousa 22

2.2. Rio Sousa 26

2.3. Cheias e inundações no município de Lousada 27

Capítulo 3 – Investigação e análise de dados **29**

3.1. Inventário do património hidráulico 29

3.2. Modelo de projeção de inundações para o período de retorno de 100 anos 41

3.2.1. Contexto climático 41

3.2.2. Metodologia de modelação 43

3.3. Áreas inundáveis e o património exposto 47

Capítulo 4 - Propostas medidas de proteção, sensibilização e divulgação que visem a preservação do património hidráulico **52**

Considerações finais **58**

Referências bibliográficas **62**

Anexos **72**

Ficha de campo – Moinho das poldras 1 72

Ficha de campo – Moinho das poldras 2 73

Ficha de campo – Ponte da Veiga 74

Ficha de campo – Moinho Novo (Cernadelo) 75

Ficha de campo – Moinho da Ponte 1 76

Ficha de campo – Moinho da Ponte 2 77

Ficha de campo – Moinho da Ponte 3 78

Ficha de campo – Moinho de Ribós 79

Ficha de campo – Moinho de Penão 80

Ficha de campo – Moinho da Quinta D'Azenha 81

Ficha de campo – Moinho de Barrimau 82

Ficha de campo – Ponte de Cartão 83

Ficha de campo – Moinho de Cartão 84

Ficha de campo – Moinho de Requião 85

Ficha de campo – Moinho Novo (Aveleda) 86

Ficha de campo – Ponte de Vilela 87

Ficha de campo – Moinho do Casal Novo 88

Ficha de campo – Moinho do Meio 89

Ficha de campo – Moinho do Padrinho 90

Ficha de campo – Moinho do Maneta 91

Ficha de campo – Moinho do Rio 92

Ficha de campo – Moinho de Pias 93

Ficha de campo – Moinho do Engenho 94

Ficha de campo – Ponte de Pias 95

Ficha de campo – Moinho do Covo 96

Ficha de campo – Moinho Novo (Meinedo) 97

Ficha de campo – Moinho de Casais 1 98

Ficha de campo – Moinho de Casais 2 99

Ficha de campo – Ponte de Casais 100

Ficha de campo – Moinho do Reguengo 101

Ficha de campo – Moinho de Espindo 1 102

Ficha de campo – Moinho de Espindo 2 103

Ficha de campo – Ponte de Espindo 104

Índice de Figuras

Figura 1 - Esquema síntese da metodologia da avaliação do risco do património do Rio Sousa. 3
Figura 2 - Aumento da temperatura média global em relação ao nível pré-industrial (1859-1900). 6
Figura 3 - Enquadramento geográfico e divisão administrativa do concelho de Lousada. 22
Figura 4 - Cursos de água e área inundável no município de Lousada. 23
Figura 5 - Extensão do Rio Sousa. 26
Figura 6 - Evidências fotográficas das cheias de 2012 e 2013 junto ao Moinho de Pias. 28
Figura 7 - Localização e estado de conservação das estruturas analisadas. 34
Figura 8 - Seleção de estruturas visitadas com a classificação de estado de conservação de Muito Bom, Bom e Razoável. A) Moinho do Casal Novo, em Pias; B) Moinho do Meio, em Pias; C) Ponte de Espinho, em Meinedo; D) Moinhos das Poldras 1, no Torno; E) Moinho da Ponte 3, em Macieira; F) Ponte de Vilela, em Aveleda; G) Ponte da Veiga, no Torno; H) Moinho Novo, em Cernadelo; I) Moinho da Quinta D'Azenha, em Vilar do Torno e Alentém. 37
Figura 9 - Seleção de estruturas visitadas com a classificação de estado de conservação de Mau e Destruído. J) Moinho das Poldras 2, no Torno; K) Moinho do Padrinho, em Pias; L) Moinho de Casais 1, em Meinedo; M) Moinho da Ponte 1, em Macieira; N) Moinho do Rio, em Pias. 38
Figura 10 - Projeção da precipitação média diária (mm/dia) para Lousada. 41
Figura 11 - Projeção da temperatura média anual (°C) para Lousada. 42
Figura 12 - Profundidade (m) da água num cenário de alterações climáticas e para o período de retorno de 100 anos (T=100) 44
Figura 13 - Velocidade (m/s) do escoamento num cenário de alterações climáticas e para o período de retorno de 100 anos (T=100). 45
Figura 14 - Níveis de perigo de inundação no rio Sousa, em Lousada. 46
Figura 15 - Cruzamento das áreas inundáveis com as estruturas inventariadas. 48
Figura 16 - Estruturas na área de perigo de inundação (em n.º) 49
Figura 17 - Distribuição das estruturas inventariadas por estado de conservação e nível de perigosidade de inundação 50
Figura 18 - Intervenção realizada nas margens do Rio Sousa, em Pias, Lousada. 52

Índice de Tabelas

Tabela I - Diferenciação entre cheia e inundação. 10
Tabela II - Legislação relacionada com o caso de estudo. 20
Tabela III - Instrumentos de planeamento relacionados com o caso de estudo. 21
Tabela IV - População em Lousada de 1991 a 2021, segundo o segundo o Recenseamento Geral da População e Habitação de 1991, 2001, 2011 e 2021. 25
Tabela V - Níveis do estado de conservação das estruturas analisadas. 32
Tabela VI - Inventário do património hidráulico analisado ao longo do rio Sousa, em Lousada. . 35
Tabela VII - Fatores identificados para o estado de conservação observado nas estruturas analisadas. 39
Tabela VIII - Descrição dos fatores identificados para o estado de conservação observados nas estruturas. 40
Tabela IX - Intervalos das classes de perigo e as suas respetivas descrições. 46
Tabela X - Matriz de correspondência entre o estado de conservação do património inventariado e a perigosidade de inundação. 50
Tabela XI - Matriz com propostas de medidas gerais de proteção, sensibilização e divulgação que visem a preservação do património hidráulico. 54
Tabela XII - Medidas específicas para cada estrutura inventariada. 56

Lista de acrónimos

ANEPC - Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil

APA - Agência Portuguesa do Ambiente

CAOP - Carta Administrativa Oficial de Portugal

CE - Comissão Europeia

COS - Carta de Ocupação do Solo

CMIP6 - Coupled Model Intercomparison Project Phase 6

DGT - Direção-Geral do Território

DL - Decreto-Lei

DQA – Diretiva – Quadro da Água

GEE - Gases com Efeito de Estufa

GPS - Global Positioning System

INE - Instituto Nacional de Estatística

MDT - Modelo Digital do Terreno

NUTS - Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos

OSM - Open Street Map

PGRH - Planos de Gestão de Região Hidrográfica

PGRI - Plano de Gestão dos Riscos de Inundações

PMEPCL - Plano Municipal de Emergência e Proteção Civil de Lousada

SIG - Sistemas de Informação Geográfica

SIPA - Sistema de Informação para o Património Arquitetónico

SNIRH - Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos

SSP - Shared Socioeconomic Pathways

UE - União Europeia

WCRP - World Climate Research Programme

WRF - Weather Research and Forecasting

Introdução

O impacte das alterações climáticas é cada vez mais evidente. Estas manifestam-se por profundas mudanças do clima, e está associada ao aumento da frequência de eventos climáticos extremos. Estas mudanças no clima têm sido acompanhadas pelo aumento da temperatura, nos padrões de precipitação, no degelo e na subida do nível do mar. Os eventos extremos incluem, por exemplo, as ondas de calor, as secas, os incêndios, as tempestades e as inundações (Comissão europeia, n.d.; CESE, s.d.). Este cenário de instabilidade climática representa uma ameaça direta a ecossistemas e estruturas sociais.

Neste contexto, as inundações emergem como um dos eventos extremos com maior potencial destrutivo, apresentando um impacte significativo no ambiente, na economia e, sobretudo, no património cultural. A sua intensificação, impulsionada pelas alterações climáticas, torna-se uma preocupação crescente.

No caso específico dos ambientes ribeirinhos, como o rio Sousa, as inundações podem afetar gravemente o património hidráulico, que inclui edifícios e infraestruturas historicamente ligados ao aproveitamento de recursos hídricos. A vulnerabilidade destes bens perante a subida e a força das águas torna a sua preservação uma questão de urgência crescente.

A perda do património, por consequência desses eventos, implica prejuízos para a memória e história do território, sendo necessário protegê-lo dos efeitos das inundações e das alterações climáticas, pelo valor que representam para a sociedade e para a identidade do país. Atendendo o papel relevante na promoção do turismo local e, por consequência, a capacidade de gerar algum lucro ao local, justifica a preservação e proteção do património cultural, sendo que este é vulnerável e insubstituível, exigindo ações de prevenção e mitigação para a sua conservação, perante estes cenários (Ribeiro, 2014; INBEC, s.d.).

É importante fazer uma gestão mais detalhada do património cultural, pois é necessário a adoção de estratégias de adaptação e mitigação, incluindo o planeamento urbano, a monitorização contínua e a promoção da consciencialização sobre a importância da preservação cultural (INBEB, s.d.; ICOMOS, 2022).

Este estudo pretende analisar o impacte das inundações e das alterações climáticas no património cultural ao longo dos cursos de água, sendo este o objetivo principal da proposta de dissertação.

Objetivos

Este estudo tem como objetivo principal: avaliar os impactes das inundações no património hidráulico no rio Sousa. Com vista à concretização deste objetivo, definem-se os seguintes objetivos específicos:

- Reconhecer a importância dos rios para a implementação de aproveitamentos hidráulicos e inventariar edifícios e infraestruturas associados com valor patrimonial;

- Avaliar a exposição ao perigo de inundação do património hidráulico, tendo em conta os impactes das alterações climáticas;

- Propor medidas de proteção, sensibilização e divulgação que visem a preservação deste património.

Metodologia

A investigação está dividida em quatro capítulos diferentes, tendo sido o primeiro baseado principalmente em pesquisa bibliográfica para definir conceitos e o segundo, exclusivamente para a caraterização geográfica do município escolhido.

Relativamente ao terceiro capítulo, a metodologia utilizada para avaliar o risco do património do Rio Sousa em Lousada, inclui a criação de um conjunto de dados de exposição que incorpora informações sobre os bens patrimoniais do município. Os principais passos da metodologia que se sustenta na utilização de dados qualitativos e quantitativos e fontes primárias e secundárias, apresentados na Figura 1.

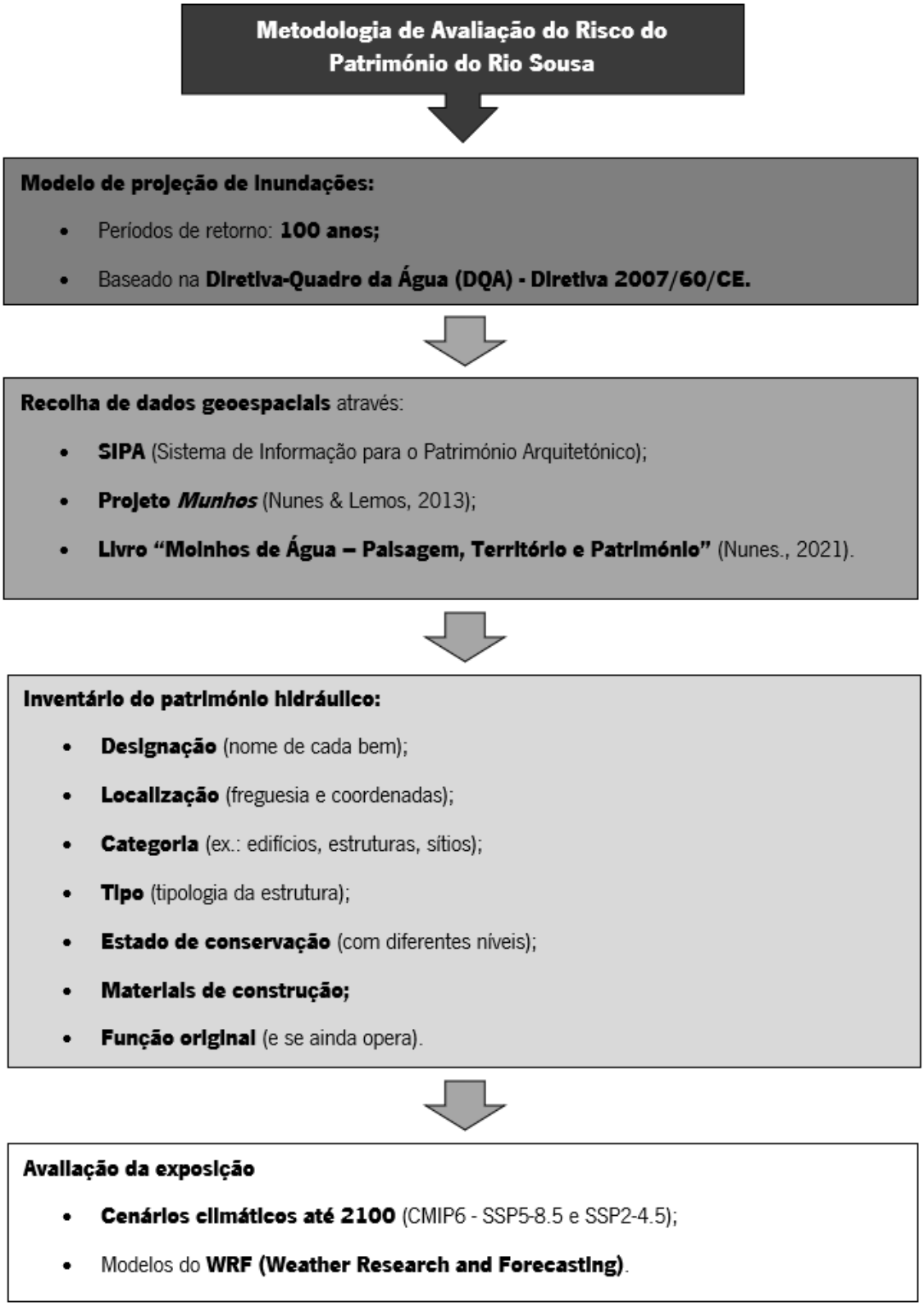


Figura 1 - Esquema síntese da metodologia da avaliação do risco do património do Rio Sousa.
Fonte: Elaboração própria.

O quarto e último capítulo passa pela elaboração de uma matriz com propostas de medidas de proteção, sensibilização e divulgação que visem a preservação do património hidráulico.

Capítulo 1 – Alterações climáticas, inundações e o património hidráulico

1.1. Abordagem conceptual

O impacte das alterações climáticas tornou-se claramente percetível no aumento dos eventos climáticos extremos como as inundações, que ameaçam elementos essenciais da sociedade, como por exemplo o património (INBEC, s.d.; ICOMOS, 2022). A destruição do património não é apenas uma perda física, é também histórica, perdendo-se memórias e valores culturais (INBEC, s.d.; ICOMOS, 2022)

Por isso, é crucial compreender os conceitos envolvidos: cheia, inundação, risco de inundação, alterações climáticas, exposição ao perigo e ao risco, património cultural e património hidráulico.

1.1.1. Alterações climáticas

Os termos "alterações climáticas" e "mudanças climáticas" são frequentemente utilizados como sinónimos, embora possuam significados distintos. As mudanças climáticas referem-se a variações no clima resultantes de processos naturais, enquanto as alterações climáticas dizem respeito a variações provocadas pela ação humana, direta ou indireta (Lopes, 2023).

O Glossário de Proteção Civil (2009) menciona as alterações climáticas como variações estatisticamente significativas, tanto no estado médio do clima como na sua variabilidade, que persistem ao longo de períodos extensos, tipicamente de décadas ou mais. Estes fenómenos podem resultar de processos naturais internos do sistema climático, de forçamentos externos ou de atividades humanas persistentes que alteram a composição da atmosfera, como a emissão contínua de gases com efeito de estufa. As alterações climáticas são definidas pela United Nations Framework Convention on Climate Change (Nações Unidas, 1992) como mudanças no clima atribuídas direta ou indiretamente à atividade humana, que alteram a composição da atmosfera global, distinguindo-se da variabilidade climática natural observada ao longo de períodos de tempo comparáveis. Esta definição evidencia que as alterações climáticas não são fenómenos naturais isolados, mas sim resultado de intervenções humanas persistentes, nomeadamente a emissão de gases com efeito de estufa, que têm impacto direto nos padrões climáticos globais.

As alterações climáticas constituem um dos maiores desafios globais do século XXI, afetando de forma significativa sistemas naturais e humanos. Este fenómeno traduz-se em variações

persistentes na temperatura, na precipitação e no nível médio do mar, mantendo-se por décadas ou mais (União Europeia, 2020; IPCC, 2022). Estas mudanças têm implicações profundas nos ecossistemas, na saúde, no funcionamento dos sistemas socioeconómicos e no bem-estar humano (Ferro et al., 2018). O seu combate exige uma resposta coordenada a nível internacional, acompanhada de medidas eficazes à escala local, que incluam a redução das emissões de gases com efeito de estufa (GEE) e a adoção de estratégias de adaptação (APA, 2024).

As causas das alterações climáticas podem ser naturais ou antropogénicas (IPCC, 2022; Lopes, 2023). Entre as causas naturais destacam-se os ciclos solares, a variação dos parâmetros que definem a órbita da Terra em torno do sol e as erupções vulcânicas. Contudo, as atividades humanas têm desempenhado um papel substancialmente mais relevante, sobretudo pela alteração da composição atmosférica, associada ao aumento das concentrações de GEE e às alterações das propriedades físicas, químicas e ecológicas do sistema terrestre (IPCC, 2022; Lopes, 2023). Entre os principais fatores de origem humana incluem-se a queima de combustíveis fósseis (particularmente na indústria e nos transportes), a desflorestação, a agricultura intensiva com elevado uso de fertilizantes químicos e a pecuária, que contribuem para emissões significativas de dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O) e metano (CH_4) (Florestas.pt, 2020; ONU, 2025; Comissão Europeia, s.d.).

Desde a Revolução Industrial, o aumento das concentrações de GEE tem acelerado o aquecimento global, conduzindo a alterações na temperatura média global, nos regimes de precipitação e na frequência e intensidade de eventos extremos (ONU, 2025; LGA, s.d.; ENEL, s.d.). Comparativamente aos níveis pré-industriais, a temperatura média global registou um aumento expressivo (Figura 2), tendo 2024 sido o ano mais quente alguma vez registado, ultrapassando pela primeira vez de forma clara o limite de 1,5 °C acima da média de 1850-1900 (Parlamento Europeu, 2018).

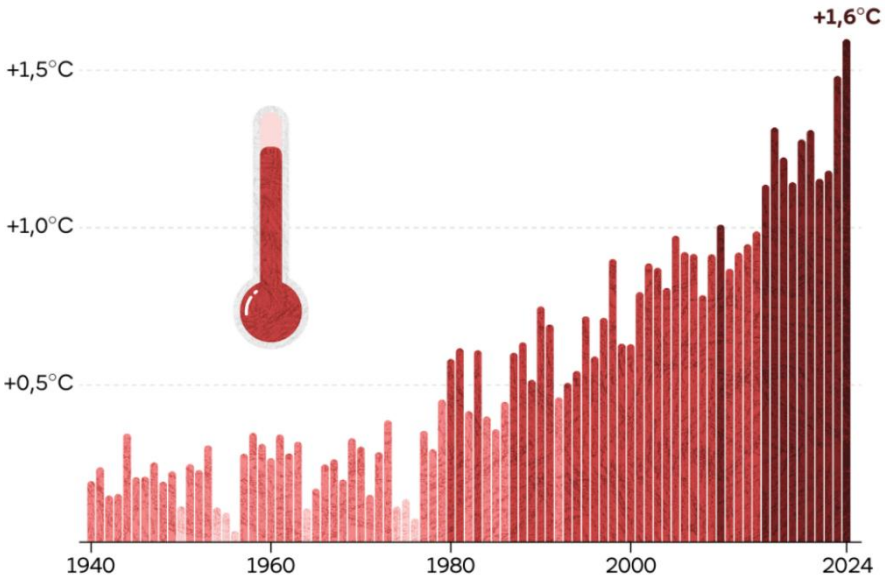


Figura 2 - Aumento da temperatura média global em relação ao nível pré-industrial (1859-1900).
Fonte: Parlamento Europeu (2018).

Este aquecimento tem prolongado e intensificado a "época" dos incêndios florestais, bem como aumentado a ocorrência de fenómenos meteorológicos extremos, como ciclones e inundações, muitas vezes fora das épocas habituais (Dahlman, 2025; ENEL, s.d.). Considerando que o aumento do risco de inundação está diretamente relacionado com estas mudanças, compreender o papel da atividade humana nas alterações climáticas é essencial para avaliar a vulnerabilidade das populações e implementar estratégias de mitigação e adaptação eficazes, minimizando impactes sobre a sociedade e o ambiente.

Como mencionado, as alterações climáticas estão a alterar de maneira significativa os padrões de precipitação a nível global, tornando-os mais imprevisíveis e intensos. A principal razão para estas mudanças está relacionada com o aumento das emissões de GEE, que aquecem a atmosfera e aumentam a sua capacidade de reter vapor de água (ONU, 2025).

Um dos efeitos mais evidentes é o aumento da variabilidade da precipitação, que tem sido observada desde o início do século XX. Sobretudo na Europa, Austrália e leste da América do Norte, a variabilidade da chuva aumentou significativamente, a uma taxa aproximada de 1,2% por década (Campos, 2024). Este aumento da irregularidade significa que o ciclo hidrológico se intensificou: registam-se episódios mais frequentes de chuvas intensas, capazes de provocar inundações e deslizamentos, seguidos por períodos secos prolongados, que agravam a escassez de água e aumentam o risco de seca (Campos, 2024; ONU, 2025; Comissão Europeia, s.d.).

Nas cidades, o impacto destas alterações é ainda mais grave. A impermeabilização do solo faz com que a água da chuva escoe rapidamente, sobrecarregando os sistemas de drenagem, provocando cheias súbitas e, muitas vezes, contaminação das águas. Este fenómeno tem sido identificado como um dos maiores desafios para a gestão da água em áreas urbanas perante as alterações climáticas (Silva, 2017).

Dado que as alterações climáticas alteram significativamente padrões de precipitação, aumentam a frequência de eventos extremos e intensificam fenómenos hidrológicos como as inundações, torna-se fundamental analisar como estas mudanças afetam a exposição das populações e dos sistemas naturais e construídos ao risco e ao perigo. Compreender a relação entre alterações climáticas e exposição permite avaliar de forma mais precisa a vulnerabilidade das comunidades, a probabilidade de ocorrência de impactes e a magnitude das perdas potenciais, fornecendo a base para estratégias de mitigação, adaptação e gestão do risco mais eficazes.

1.1.2. Cheia e inundação

As cheias distinguem-se pela sua magnitude, duração e frequência. Segundo Costa (2020), o conceito de cheia apresenta-se como polimórfico, podendo ser considerado quando a "bacia hidrográfica é sujeita a uma alimentação de água de tal forma intensa e prolongada que o caudal que daí advém e que aflui à rede hidrográfica excede a capacidade normal de transporte ao longo desta rede" (p.73 e 74), tal como um evento hidrológico excecional, temporário e de frequência variável, provocado por fatores que aumentam o caudal e elevam as águas, podendo transbordar ou não. Pode ser também considerado quando há "ocorrência de um valor muito elevado de caudal num curso de água, resultante da ocorrência de precipitação intensa" (Rocha, 1995: p. 11). A cheia é, principalmente, provocada por precipitação intensa ao nível de uma bacia hidrográfica, originando caudais superiores ao escoamento do leito menor do rio, normalmente associados a elevados períodos de retorno (Ferreira, 2016). É um risco natural que ocorre quando existe uma subida acentuada e rápida do nível da água num curso de água, lago ou região costeira, resultando no transbordo do seu leito ordinário e provocando o alagamento temporário dos terrenos circundantes, com impactes no uso do solo (ANPC, 2009; Ramos, 2013; e ANEPC, 2023).

Para além desta definição hidrológica, é importante salientar que as cheias podem ser classificadas de acordo com a sua génese e evolução temporal:

- As cheias rápidas (ou repentinas) ocorrem de forma súbita, geralmente em bacias de pequena dimensão e com forte declive, sendo consequência de precipitações intensas num curto espaço de tempo. Estas manifestam-se frequentemente em áreas urbanizadas, onde a impermeabilização do solo intensifica o escoamento superficial e reduz a infiltração (Ramos, 2013; Costa, 2020).

- As cheias lentas desenvolvem-se de forma mais gradual, resultando de períodos prolongados de precipitação moderada que saturam progressivamente o solo e elevam o nível dos cursos de água, podendo afetar extensas áreas ribeirinhas (Ferreira, 2016).

Do ponto de vista dos impactes, as cheias constituem um dos riscos naturais mais destrutivos, não só pelos danos materiais e económicos que provocam, mas também pelas repercussões sociais e ambientais associadas (ANPC, 2009; ANEPC, 2023). Entre os principais impactes destacam-se a destruição de infraestruturas, a contaminação de solos e águas, a perda de biodiversidade e o deslocamento de populações. Em contexto urbano, a magnitude das cheias é frequentemente agravada pela ocupação indevida das áreas inundáveis e pela deficiente gestão do território (Ramos, 2013). Assim, a compreensão do fenómeno e das suas causas assume um papel fundamental na prevenção, mitigação e planeamento de medidas de adaptação face à crescente frequência destes eventos extremos, associada, em parte, às alterações climáticas (Costa, 2020; ANEPC, 2023).

Tratando-se de um fenómeno hidrológico extremo, de frequência variável, pode ser causada por fatores naturais ou por fatores humanos, caracterizando-se pelo transbordo de um curso de água além do seu leito ordinário (Ramos, 2013; Ferreira, 2016). As causas incluem precipitações moderadas e permanentes ou repentinas e muito intensas, derretimento de calotes de gelo ou rutura de barragens, provocando o aumento rápido do caudal dos rios, bem como de obstáculos ao escoamento fluvial (Ramos, 2013). Ainda entre os fatores naturais, destacam-se, além do clima, as características dos solos, a cobertura vegetal e as propriedades das bacias hidrográficas. Já entre os fatores de origem humana, assumem particular relevância a impermeabilização dos solos, a desflorestação e a obstrução, ocupação ou alteração das linhas de água, que condicionam o escoamento e potenciam a ocorrência de eventos de inundação (Ferreira, 2016).

Inundação é definida como a cobertura temporária de áreas fora dos limites de um curso de água, normalmente não cobertas por água (Mandych, 2010; Silva *et al.*, 2009; Costa, 2020; & APA, 2021). É um fenómeno de origem natural ou causado pela ação humana, podendo ocorrer em diferentes períodos de tempo. Segundo Costa (2020: p.75), acontece quando uma área

normalmente emersa acaba coberta por água além dos seus limites normais, sendo muitas vezes associada a condições meteorológicas extremas. Uma inundação ocorre, assim, quando existem chuvas fortes ou contínuas e o solo não consegue absorver a água, mas também quando os rios, ribeiros e áreas costeiras não conseguem conter o volume acumulado, levando ao transbordo para áreas vizinhas (Costa, 2020: p.76). Trata-se da consequência da abundância anormal de água em determinados locais e/ou instalações, "promovendo o alagamento desse mesmo espaço" (ANPC, 2009: p.112 e 113). Também Taveira-Pinto & Cunha (2011) falam sobre os diferentes processos físicos em que podem resultar inundações, como as precipitações prolongadas e intensas, degelo ou chuvas fortes em terrenos planos com baixa capacidade de drenagem superficial. Quando as chuvas são frequentes e intensas num curto intervalo de tempo, a capacidade de retenção do solo e do leito dos rios é ultrapassada, provocando transbordos que originam as chamadas planícies de inundação, áreas naturalmente associadas à expansão temporária das águas dos cursos fluviais.

Diferentes autores definem e diferenciam os conceitos de "cheia" e "inundação" nos seus estudos, considerando que muitas vezes são utilizados (erradamente) como sinónimos (Ramos, 2013). Uma cheia e uma inundação não são equivalentes: enquanto uma cheia pode provocar uma inundação, nem todas as inundações são causadas por cheias, bastando que uma área geralmente seca seja temporariamente submersa para que se verifique o fenómeno de inundação (Ramos, 2013; Rodrigues, 2017). Segundo Strahler (1975), ocorre uma cheia quando a descarga de um rio excede as suas margens normais, afetando áreas adjacentes. Rocha (1995) e Caramez & Porciuncula (2020) associam a cheia a um aumento do caudal do curso de água devido a chuvas intensas, e que só resulta numa inundação quando há transbordo. Almeida (2006) descreve a cheia natural como um escoamento intenso que leva à inundação temporária de áreas.

De acordo com Salomon (1997), a inundação deve ser entendida como um "fenómeno ocasional", que poderá cobrir áreas próximas do leito de inundação ou da planície aluvial após uma cheia muito intensa, fazendo com que a água transborde. Estes episódios podem causar danos materiais, perdas de vidas, deslocamento de populações e prejuízos económicos significativos, dependendo da intensidade do evento e da vulnerabilidade do território afetado. Desta forma, os conceitos de "cheia" e "inundação" são distintos, ainda que comumente associados (Ramos, 2013; Costa, 2020). As cheias, definidas como o aumento significativo do nível de água de um rio que ultrapassa as suas margens, podem ou não resultar em inundações, que se caracterizam pela submersão temporária de áreas geralmente secas (Caramez & Porciuncula, 2020). Esta

diferenciação, presente na Tabela I, é essencial para a compreensão dos impactes ambientais e sociais dessas consequências, visto que nem toda a cheia implica necessariamente uma inundação, embora ambas possam provocar danos materiais e afetar o uso do solo e as atividades humanas nas áreas circundantes (Ramos, 2013; Costa, 2020).

Tabela I - Diferenciação entre cheia e inundação.

Evento	Cheia	Inundação
Definição	Subida acentuada do nível da água num curso de água, lago ou região costeira.	Cobertura temporária de áreas normalmente secas.
Origem	Precipitação intensa ou prolongada, derretimento de gelo, rutura de barragens.	Cheias, precipitação, tempestades, marés, ação humana.
Duração/frequência	Temporária, frequência variável.	Variável, de horas a semanas.
Impacte direto	Aumento do caudal, podendo ou não transbordar.	Alagamento de terrenos, danos materiais e humanos.
Relação	Pode causar uma inundação.	Pode ser causada por cheias ou outros eventos.

Fonte: Elaboração própria, tendo em consideração vários autores.

Relativamente à tipologia das inundações, diversos autores propõem classificações que procuram compreender a origem e a dinâmica deste fenómeno. Em Portugal, Costa (1986) e Costa (2020) destacam três principais tipos de inundações. O primeiro autor identifica:

- Inundações urbanas, que advêm de chuvas fortes (alguns minutos) e da impermeabilização dos terrenos;
- Inundações progressivas, resultantes de grandes rios;
- Inundações repentinas, provenientes de pequenos cursos de água (algumas horas de precipitação intensa).

Já Costa (2020) apresenta uma tipologia mais detalhada:

- Inundações progressivas ou graduais, que ocorrem lentamente ao longo do tempo, geralmente devido ao aumento contínuo do nível de água em rios ou cursos de água, como resultado de longos períodos de chuva, podendo prolongar-se por várias semanas ou até meses;
- Inundações repentinas (*flash floods*), eventos de ocorrência rápida causados por precipitação intensa e concentrada num curto período de tempo (em algumas horas). Este tipo de inundação acontece de forma súbita, devido à rápida acumulação de água, superando a capacidade de escoamento do solo e dos sistemas de drenagem, resultando em enxurradas violentas que afetam áreas urbanas e rurais;

- Inundações urbanas, que ocorrem em áreas densamente povoadas, sendo muitas vezes resultantes da impermeabilização do solo causada pela pavimentação e construção de infraestruturas, que "impedem a absorção de água e o adequado armazenamento de águas pluviais, diminuindo a capacidade de drenagem" (p.102).

As classificações de Costa (1986) e Costa (2020) revelam diferenças significativas. Enquanto o primeiro se concentra na origem e na periodicidade dos eventos, o segundo introduz uma abordagem mais abrangente, considerando a influência combinada de fatores naturais e humanos na evolução das inundações. As inundações progressivas são descritas como eventos de longa duração associados a períodos prolongados de precipitação, ao passo que as inundações repentinas são caracterizadas pela rápida resposta hidrológica das bacias e pelos impactes imediatos sobre o território. Nas inundações urbanas, Costa (2020) salienta que, além da impermeabilização do solo, a inadequação dos sistemas de drenagem e a ocupação desordenada das áreas inundáveis são fatores que agravam significativamente os efeitos destes eventos.

A Agência Portuguesa do Ambiente (APA, 2018) complementa esta abordagem, identificando quatro tipos de inundações:

- Inundações de origem fluvial, geradas pela precipitação prolongada ou intensa;
- Inundações repentinas, causadas pelo rápido aumento do nível da água, afetando leitos secos ou áreas urbanas, geralmente como resultado de chuvas intensas;
- Inundações pluviais, "eventos de precipitação intensa que saturam o sistema de drenagem, passando o excesso de água a fluir para as ruas e estruturas próximas" (p.17);
- Inundações marítimas em áreas costeiras, geradas pela subida temporária do nível do mar associada a sobre-elevação marítima, ondas, ventos fortes ou tsunamis.

Esta distinção tipológica evidencia que o fenómeno da inundação é multifacetado, dependendo de fatores físicos, climáticos e antrópicos. A compreensão das suas diferentes formas de manifestação é fundamental para a análise do risco e para o desenvolvimento de estratégias eficazes de ordenamento do território e mitigação de impactes (Ramos, 2013; APA, 2018; Costa, 2020).

Assim, as inundações, enquanto expressão visível das cheias e dos desequilíbrios hidrológicos, representam um dos riscos naturais mais relevantes no contexto atual das alterações climáticas. A sua frequência e intensidade crescentes têm contribuído para o aumento da vulnerabilidade das

populações e infraestruturas, exigindo uma abordagem integrada que combine o conhecimento técnico-científico com estratégias de adaptação e resiliência (Costa, 2020; APA, 2021).

Dada a crescente ocorrência de riscos naturais, como ondas de calor, inundações, incêndios e tantos outros eventos climáticos extremos que indicam as consequências das alterações climáticas, é vital que reforcemos a resiliência das comunidades para evitar tais ocorrências. A perceção do risco desempenha um papel na forma como o perigo é percebido por diferentes pessoas e como elas respondem. Portanto, o que é exatamente o "risco", o "perigo", o "perigo de inundação" e o "risco de inundação"? Várias regiões no mundo têm tentado lidar com esse evento, já que têm acontecido com maior frequência e intensidade devido às alterações climáticas (Planelles, 2024; WMO, s.d.).

1.1.3. O risco e o perigo de inundação

Alonso *et al.* (2014) definem o risco como um evento perigoso e incerto, suscetível de caracterização probabilística quanto à ocorrência e magnitude. O risco resulta da interação entre a ameaça, a vulnerabilidade dos elementos expostos e o grau de exposição, traduzindo a probabilidade de ocorrência de perdas ou danos efetivos (Costa, 2020). O conceito de risco, contudo, tem sido amplamente debatido na literatura científica, uma vez que não existe uma definição universalmente acordada (Aven, 2012). Determinadas definições baseiam-se em aspetos probabilísticos e estatísticos, enquanto outras centram-se na perceção social e na incerteza associada aos eventos. Para Aven (2012), o risco pode assumir uma dimensão objetiva, quando associado a dados quantitativos e a valores esperados, ou subjetiva, quando dependente do conhecimento, da perceção e da experiência dos avaliadores. Esta dualidade entre o risco entendido como fenómeno mensurável e o risco percebido enquanto construção social tem implicações diretas na forma como as comunidades se preparam e respondem a eventos extremos. Almeida (2010) enfatiza que o risco não é apenas um valor numérico a calcular, mas um conceito dinâmico, dependente de incertezas, da qualidade dos dados e das escolhas metodológicas, políticas e sociais que orientam as decisões de aceitação, mitigação ou transferência do risco. Essa perspetiva reforça a importância de compreender o risco como um fenómeno multidimensional, que combina fatores físicos, sociais e institucionais, essenciais para uma gestão integrada e resiliente do território.

De forma mais ampla, o risco corresponde à probabilidade de ocorrência de consequências adversas — humanas, materiais, económicas ou ambientais — resultantes da interação entre um

fenómeno perigoso (de origem natural, antrópica ou tecnológica) e a vulnerabilidade dos elementos expostos. Assim, pode ser entendido como o valor expectável de perdas determinado pela combinação entre a perigosidade do evento, o grau de vulnerabilidade dos sistemas afetados e o nível de exposição numa determinada área e período de tempo. O risco aumenta proporcionalmente à intensificação de qualquer um destes fatores — perigosidade, vulnerabilidade ou exposição (ANPC, 2009).

Faugères (1990) propõe que o perigo deve ser compreendido como uma situação de desregulação de um sistema, que se torna percetível e desencadeia um conjunto de respostas de defesa ou mecanismos de alerta. Nesta ótica, o perigo não é apenas um valor estatístico, mas também um sinal de desequilíbrio que exige intervenção. De forma complementar, Lourenço & Amaro (2018) definem o perigo como o momento de desencadear da manifestação da crise, enfatizando o carácter dinâmico e temporal da ameaça, assim como a necessidade de uma resposta organizada e imediata para prevenir danos maiores. O conceito de perigo refere-se à ameaça representada por um fenómeno com potencial para originar um desastre ou uma catástrofe. Esta ameaça pode ser caracterizada tanto pela probabilidade de ocorrência como pela magnitude do evento, sendo, por conseguinte, uma medida que combina frequência e intensidade. Em termos operacionais, o perigo corresponde à probabilidade de ocorrência de um fenómeno suscetível de provocar danos, calculada para um determinado período de tempo e circunscrita a uma área específica. Esta definição é particularmente relevante na avaliação do risco de inundações, pois permite quantificar e espacializar a ameaça, constituindo uma base sólida para o planeamento de estratégias de gestão e mitigação (ANPC, 2009).

Dessa forma, o perigo não deve ser visto apenas como um fenómeno isolado, mas como um elemento central na compreensão e gestão do risco. No caso específico das inundações, a avaliação do perigo permite identificar áreas de maior vulnerabilidade, antecipar eventos críticos e implementar medidas de prevenção e mitigação adaptadas ao contexto local, integrando-se de forma complementar com a análise da vulnerabilidade e da exposição dos elementos em risco. Este entendimento holístico reforça a importância de uma abordagem multidimensional, que combine informação científica, monitorização contínua e capacidade de resposta institucional para reduzir os impactes de eventos extremos (ANPC, 2009; Faugères, 1990; Lourenço & Amaro, 2018).

Tendo em conta os conceitos gerais de risco e perigo apresentados anteriormente, torna-se evidente que estes fundamentos teóricos são essenciais para compreender fenómenos específicos como as inundações. O risco e o perigo de inundação representam a aplicação prática destes conceitos ao contexto hidrológico, permitindo identificar áreas vulneráveis, prever impactes e desenvolver estratégias de mitigação.

O risco de inundação surge da interação entre o processo natural de transbordo das águas e a vulnerabilidade humana e infraestrutural presente nas áreas afetadas, podendo os seus impactes variar de acordo com o grau de exposição e a capacidade de adaptação e resposta da comunidade (Fernandez, 2012; Costa, 2020; LGA, s.d.). Como sublinha Costa (2020), "se não houver seres humanos, não haverá risco, mas apenas processos naturais" (p.82). É definido como a conjugação da probabilidade de ocorrência de inundações com as suas potenciais consequências para a saúde humana, o ambiente, o património cultural e as atividades económicas (APA, 2021).

Para identificar e avaliar o risco de inundação, é necessário considerar elementos fundamentais como:

- Perigo, como ameaça potencial para o Homem e para as suas atividades;
- Severidade, tendo em conta a suscetibilidade, a probabilidade de ocorrência e a sua intensidade;
- Vulnerabilidade, considerando a exposição de bens e pessoas, a sensibilidade ou fragilidade dos bens e pessoas, e a capacidade de antecipação e resposta (Costa, 2020).

O cálculo do risco de inundação pode ser definido de acordo com a Equação 1, proposta por Costa (2020):

Risco = (probabilidade de ocorrência) X (consequência da inundação) (Equação 1).

O risco de inundação resulta, portanto, da probabilidade de ocorrência do evento e dos efeitos associados para a saúde, o ambiente e as atividades económicas, sendo intensificado por fatores climáticos e alterações do território. Para reduzir este risco, é essencial integrar monitorização, planeamento do território, estruturas de proteção e aumento da consciência pública, fortalecendo a resiliência das comunidades. Embora o risco não possa ser eliminado totalmente, uma gestão eficaz pode reduzir significativamente os impactes (LGA, s.d.).

A intensificação de eventos climáticos extremos — como precipitações intensas, degelo e subida do nível do mar — aliada ao crescimento urbano desordenado, tem aumentado a frequência e magnitude das inundações, tornando prioritária a implementação de estratégias de monitorização, planeamento territorial e educação pública para reduzir vulnerabilidades (Glaus *et al.*, 2020;

Planelles, 2024; LGA, s.d.). Neste contexto, as inundações representam o risco natural mais comum a nível mundial, causando anualmente grandes perdas de vidas e danos materiais (WMO, s.d.).

Segundo Ramos (2013), o risco de inundação compreende a combinação da probabilidade de ocorrência e das consequências prejudiciais para pessoas, património e atividades económicas. Costa (2020) acrescenta que as alterações climáticas intensificam este risco ao aumentar a intensidade e duração das chuvas, a variabilidade dos padrões meteorológicos e a frequência de eventos extremos. Fatores de origem antrópica, como impermeabilização do solo, ocupação inadequada de áreas suscetíveis e redução de áreas florestais, contribuem ainda para agravar a vulnerabilidade e os danos das inundações (Santana, 2024).

O risco de inundação pode ser entendido como a combinação de dois elementos essenciais:
- Exposição, que inclui pessoas, bens e infraestruturas localizadas em áreas vulneráveis;
- Perdas potenciais, resultantes do impacte do evento.

Dado que este risco está intrinsecamente ligado à incerteza, torna-se imprescindível investir em conhecimento, monitorização e previsão dos fenómenos hidrológicos, de modo a reduzir vulnerabilidades e aumentar a capacidade de resposta. Quanto maior o nível de previsão e preparação, menor a probabilidade de perdas humanas e materiais (Taveira-Pinto & Cunha, 2011).

Em Portugal, o risco de inundação é definido no Decreto-Lei n.º 115/2010, de 22 de outubro, como "a combinação da probabilidade de inundações, tendo em conta a sua magnitude, e das suas potenciais consequências prejudiciais para a saúde humana, o ambiente, o património cultural, as infraestruturas e as atividades económicas, sendo as suas consequências prejudiciais avaliadas através da identificação do número e tipo de atividade afetada, podendo por vezes ser apoiada numa análise quantitativa". Esta definição evidencia a importância de uma abordagem integrada, combinando conhecimento científico, avaliação do risco e gestão territorial para reduzir vulnerabilidades e promover comunidades mais resilientes.

O perigo de inundação refere-se à ameaça representada pelo transbordo das águas, capaz de provocar danos em pessoas, bens, infraestruturas e ecossistemas. Diferentemente do risco, que integra vulnerabilidade e exposição, o perigo concentra-se na frequência e intensidade do fenómeno natural em si (ANPC, 2009; Fernandez, 2012).

Em termos operacionais, o perigo de inundação pode ser definido como a probabilidade de ocorrência de um evento hidrológico que ultrapassa os limites normais de um curso de água, associado à sua magnitude e velocidade de escoamento. Esta avaliação é essencial para identificar áreas potencialmente afetadas, delinear áreas de inundação e antecipar impactes em áreas urbanas e rurais (Costa, 2020; APA, 2021).

Ao contrário do risco, que integra vulnerabilidade e consequências, o perigo de inundação representa o potencial do evento gerar danos, independentemente da exposição ou da capacidade de adaptação das comunidades. A sua avaliação permite o planeamento de sistemas de alerta precoce, definição de áreas de risco, elaboração de mapas de inundação e implementação de medidas estruturais e não estruturais de proteção (Fernandez, 2012; LGA, s.d.).

Portanto, compreender o perigo de inundação é crucial para a gestão do risco, pois fornece a base para quantificar a ameaça, antecipar eventos críticos e orientar estratégias preventivas e mitigadoras, reduzindo impactes sobre a sociedade, as infraestruturas e o ambiente (Costa, 2020; APA, 2021).

É importante reconhecer que estes fenómenos estão cada vez mais influenciados pelas alterações climáticas. As mudanças nos padrões de precipitação, o aumento da frequência de eventos extremos e elevação do nível do mar estão a intensificar as inundações, exigindo novas estratégias de gestão, adaptação e mitigação (Costa, 2020; Planelles, 2024; UNEP, 2021).

1.1.4. Exposição ao risco e ao perigo

A exposição ao perigo e ao risco, em particular ao risco de inundação em áreas urbanas e densamente povoadas, tem-se tornado uma preocupação crescente nas últimas décadas. Os elementos expostos, como pessoas, infraestruturas, património cultural e atividades económicas, desempenham um papel determinante na definição da magnitude dos danos causados por um evento de inundação. Assim, a análise cuidada destes elementos é fundamental para formular estratégias de mitigação, adaptação e gestão do risco mais eficazes, capazes de proteger a população, os bens materiais e os ecossistemas (Sá *et al.*, 2016).

O conceito de exposição varia consoante o contexto e a abordagem adotada. Para Alonso *et al.* (2014), trata-se de um "evento perigoso e incerto, mas suscetível de ser caraterizado em termos probabilísticos no que concerne à respetiva ocorrência potencial e magnitude física" (p.35). Outros autores reforçam esta perspetiva. A exposição corresponde ao "conjunto de bens pessoais,

materiais ou ambientais suscetíveis de serem atingidos ou danificados pelo impacto resultante do evento perigoso em causa" e, em certos casos, é considerada sinónimo de vulnerabilidade (Alonso *et al.*, 2014: p.33 - 48). Lourenço (2003), define-a como os "elementos presentes nas zonas de risco – as pessoas e os seus bens e haveres – que, por motivo, ficam sujeitos a eventuais perdas" (p. 65). Segundo o *Documento de Boas Práticas da Gestão do Risco de Inundação* (2016), a exposição corresponde ao "grau com que uma pessoa, organização ou parte interessada está sujeito a um evento" (p. 4). O mesmo documento define risco como o "efeito da incerteza nos objetivos" (p. 4), considerando a probabilidade de ocorrência de um evento e as suas consequências. Harmuch (2009) acrescenta a possibilidade de o risco realmente acontecer e o impacte que ele pode causar no caso de ocorrer, ou seja, estar em contacto, direta ou indiretamente, a um perigo que pode causar danos pessoais e/ou materiais. A exposição refere-se ainda a "pessoas, propriedades, sistemas, ou funções expostas aos perigos, com consequente risco de perda" e também ao "processo de calcular ou medir a intensidade, frequência, e duração de exposição a um agente. Idealmente, descreve as fontes, desenvolvimento, magnitude e duração de exposição, as características da população exposta e as incertezas na avaliação" (ANPC, 2009: p.22).

Em termos gerais, a exposição ao perigo traduz a presença física de pessoas e bens em áreas suscetíveis a fenómenos adversos, enquanto a exposição ao risco exprime a probabilidade efetiva de ocorrência de danos quando o fenómeno se manifesta (Alonso *et al.*, 2014). No contexto do rio Sousa, esta distinção é particularmente relevante: entre os elementos mais vulneráveis encontram-se não apenas a população e as atividades económicas, mas também o património cultural e hidráulico, cuja preservação é essencial para a resiliência das comunidades face a episódios de cheia.

Compreender a exposição ao perigo e ao risco permite, assim, priorizar intervenções, melhorar o planeamento territorial e estrutural e aumentar a capacidade de resposta das comunidades, sendo um passo essencial para a gestão eficaz do risco de inundação em contextos urbanos e periurbanos (ANPC, 2009; Alonso *et al.*, 2014; Sá *et al.*, 2016).

1.1.5. Património cultural e hidráulico

De acordo com o artigo 2.º da Lei n.º 107/2001, o património cultural inclui todos os bens que, pelo seu valor histórico ou cultural, merecem proteção especial. Estes bens, considerados testemunhos relevantes da civilização, podem apresentar diferentes tipos de interesse, como

"histórico, paleontológico, arqueológico, arquitetónico, linguístico, documental, artístico, etnográfico, científico, social, industrial ou técnico". O seu valor cultural é determinado por critérios como antiguidade, autenticidade, originalidade, raridade e importância para a memória coletiva. A lei abrange também bens imateriais — como tradições, língua e saberes — que integram a identidade e a memória de uma comunidade.

Assim, o conceito de património cultural engloba bens materiais e imateriais que refletem a história, arte e cultura de uma sociedade, reforçando a sua identidade e coesão social. A sua preservação é essencial para manter a ligação com o passado e garantir que as futuras gerações possam conhecer, valorizar e aprender com esse legado. Neste sentido, considera-se património cultural todo o conjunto de bens de reconhecido valor e interesse cultural que carecem de proteção e valorização (DRCN, 2023).

Entre os elementos do património cultural, destacam-se diversas estruturas associadas à cultura material e à gestão da água, conhecidas como património hidráulico. Estas incluem pontes, moinhos, aquedutos, açudes, nascentes, chafarizes, poços, diques, represas, canais, hidrovias, rodas d'água, cisternas, portos e percursos navegáveis (Blanco *et al.*, 2019; Teixeira, 2018). Ao longo da história, estas estruturas desempenharam um papel essencial na gestão de recursos naturais e energéticos.

O património hidráulico português evidencia a relevância histórica, social e económica da água, não apenas como recurso vital, mas também como elemento estruturante do território e da identidade local. Embora algumas destas infraestruturas tenham caído em desuso, permanecem como testemunhos da relação estreita entre as comunidades e a água (Teixeira, 2018).

A preservação e valorização do património hidráulico torna-se fundamental não apenas para salvaguardar o legado histórico e cultural, mas também como componente estratégica na gestão do risco de inundações. Estas estruturas, que refletem séculos de aproveitamento sustentável dos recursos hídricos pelas comunidades, resgatam memórias de épocas em que a água desempenhava um papel central na vida quotidiana. Ao mesmo tempo, a sua integração no planeamento territorial e nas políticas de adaptação climática contribui para reduzir a exposição ao risco, reforçando a resiliência das populações.

Considerando que as alterações climáticas aumentam a frequência e intensidade de eventos extremos, como cheias e inundações, a conservação do património hidráulico assume uma dupla

função: proteger a memória cultural e, simultaneamente, potenciar soluções de mitigação e adaptação, promovendo uma abordagem integrada que combina preservação histórica, proteção ambiental e segurança das comunidades.

1.2. Quadro legal

As alterações climáticas estão associadas à recorrência e intensidade dos eventos climáticos extremos como inundações, representando um dos maiores desafios globais. Isso afeta não só a segurança das pessoas e infraestruturas, mas também a preservação do património cultural. A proteção desse património, essencial para a identidade cultural e histórica, torna-se uma prioridade além-fronteiras (Alem, 2021; Aguiar *et al*, 2024; Jesus, 2024).

A necessidade de salvaguardar o ambiente, proteger a vida humana e conservar o património encontra-se refletida na legislação nacional e internacional, que desempenha um papel crucial na mitigação de riscos e na implementação de medidas de prevenção e resposta relacionadas com estes temas (Alem, 2021). Neste contexto, também a Proteção Civil desempenha um papel estratégico, coordenando ações preventivas de forma a aumentar a resiliência das comunidades.

As Tabelas II e III evidenciam diversas normas aplicáveis ao tema desta dissertação, integrando os diferentes níveis a que são aplicadas, uma curta descrição e a sua relevância quanto ao tema das alterações climáticas, das inundações e do património cultural e hidráulico. Para maior clareza, nesta análise organizou-se a informação em dois "grupos": um dedicado à legislação, que inclui diretivas, resoluções, decretos e leis; e outro, aos instrumentos de planeamento, que compreendem planos e documentos de apoio.

Tabela II - Legislação relacionada com a temática em estudo.

Norma	Ano	Escala	Descrição	Relevância ao tema	Fonte
Diretiva 2007/60/CE	2007	Europeu	Estabelece a avaliação e gestão dos riscos de inundações na União Europeia, com o objetivo de diminuir as suas consequências.	Exige que os Estados-Membros avaliem e gerenciem os riscos associados a inundações, incluindo a proteção de bens culturais em áreas vulneráveis.	EUR-Lex
Resolução do Conselho sobre o Plano de Trabalho da União Europeia (UE) para a Cultura 2023-2026	2022	Europeu	Estabelece diretrizes para a cooperação cultural na União Europeia durante esse período.	Define quatro ações concretas: salvaguarda do património cultural contra desastres, luta contra tráfico ilícito, preservação na Ucrânia e ação climática cultural.	EUR-Lex
Decreto-Lei n.º 321/83	1983	Nacional	Cria a Reserva Ecológica Nacional.	Visa proteger áreas indispensáveis para a estabilidade ecológica e mitigação de riscos ambientais.	Diário da República
Lei n.º 107/2001	2001	Nacional	Estabelece as bases da política e do regime de proteção e valorização do património cultural.	Fundamental para a proteção e valorização do património cultural.	Diário da República
Lei n.º 27/2006	2006	Nacional	Estabelece o enquadramento geral da prevenção e resposta a situações de perigo coletivo, como cheias, inundações, incêndios, acidentes tecnológicos, entre outros.	Define os conceitos de perigo, risco, vulnerabilidade e catástrofe. É a lei central quando se fala de perigo em contexto territorial ou ambiental.	Diário da República
Decreto-Lei n.º 75/2007	2007	Nacional	Aprova a orgânica da Autoridade Nacional de Proteção Civil.	Define bases para a organização e execução de medidas de proteção civil, prevenção e resposta a riscos.	Diário da República
Decreto-Lei n.º 115/2010	2010	Nacional	Estabelece um quadro para a avaliação e gestão dos riscos de inundações, transpõe a Diretiva 2007/60/CE.	Regulamenta a gestão e uso sustentável da água e redução de riscos hídricos.	Diário da República
Resolução do Conselho de Ministros n.º 51/2016	2016	Nacional	Aprova os Planos de Gestão dos Riscos de Inundações das principais bacias hidrográficas.	Define medidas de avaliação e gestão dos riscos de inundações, protegendo a saúde, ambiente e património.	Diário da República
Lei n.º 98/2021	2021	Nacional	"Lei de Bases do Clima", define princípios e obrigações para ação climática sustentável.	Cria quadro jurídico para mitigar impactos climáticos e fortalecer resiliência a cheias e inundações.	Diário da República

Fonte: Elaboração própria, tendo em consideração o enquadramento legal.

Nota: O Decreto-Lei (DL) nº 321/83 foi aprofundado pelo DL 93/90, de 19 de março, e posteriormente revisto pelo DL 166/2008, de 22 de Agosto e DL 239/2012.

A nível europeu, as normas estabelecem os princípios orientadores e impõem a necessidade de avaliação e mitigação de riscos. A nível nacional, a legislação transforma essas diretrizes em medidas concretas, envolvendo diversas entidades públicas e promovendo a cooperação interinstitucional.

A nível municipal, os planos locais garantem a operacionalização das políticas, adaptando as estratégias às especificidades de cada território e promovendo ações concretas de prevenção, monitorização e resposta a emergências, conforme o que se evidencia na Tabela III.

Tabela III - Instrumentos de planeamento relacionados com o caso de estudo.

Norma	Ano	Escala	Descrição	Relevância ao tema	Fonte
Documento de apoio a boas práticas de Gestão do Risco de Inundação	2016	Nacional	Conjunto de boas práticas para a gestão do risco de inundação.	Ferramenta essencial para prevenção e mitigação de impactos de inundações, incluindo proteção cultural e natural.	ANEPC
Plano Diretor Municipal de Lousada	2012	Municipal	Documento estratégico que regula a ocupação, uso e transformação do solo.	Importante para a prevenção de inundações e ordenamento do território.	Câmara Municipal de Lousada
Plano Municipal de Emergência e Proteção Civil de Lousada (PMEPCL)	2020	Municipal	Define orientações de atuação em caso de emergência.	Prevê cenários de catástrofes e estabelece respostas de proteção civil no concelho.	Câmara Municipal de Lousada
Plano de Gestão dos Riscos de Inundações (PGRI)	2023	Municipal	Plano para prevenção, proteção, preparação e previsão de inundações.	Reduz riscos em áreas suscetíveis a inundações, protegendo pessoas, património e ambiente.	APA

Fonte: Elaboração própria, tendo em consideração o enquadramento legal e planos e programas nacionais, regionais e locais.

Esta abordagem multinível – europeia, nacional e municipal – desempenha um papel fundamental na gestão dos riscos de inundação e na proteção do património em Portugal. A efetividade destes quadros normativos (*vide* Tabelas II e III) depende da coordenação entre os diferentes níveis, da disponibilidade de recursos adequados e do envolvimento das organizações.

Capítulo 2 - Caraterização geográfica

2.1. Município de Lousada e a relação com o rio Sousa

O concelho de Lousada localiza-se no distrito do Porto, integrado na NUTS III do Tâmega e Sousa, pertencente à NUTS II do Norte. Possui uma área de 94,89 km² e está, atualmente, dividido em 15 freguesias (Figura 3) (Nunes *et al.*, 2021; APA, 2025; Carvalho, 2025).

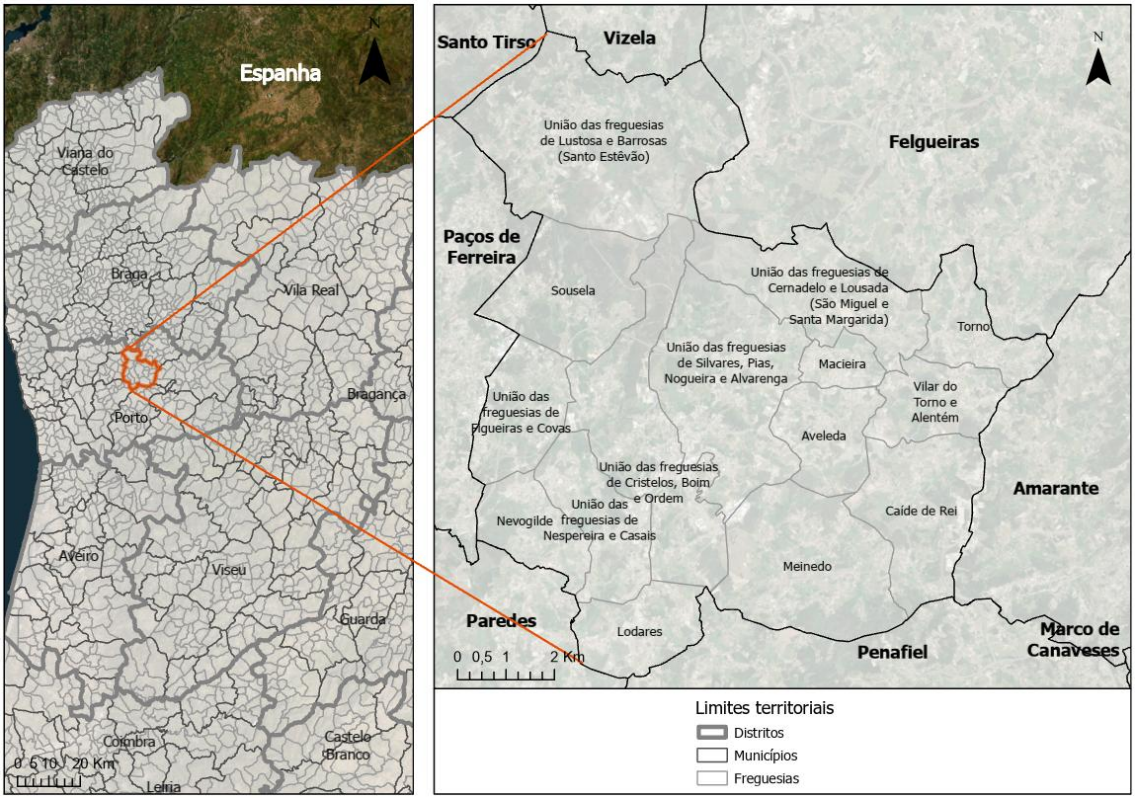


Figura 3 - Enquadramento geográfico e divisão administrativa do concelho de Lousada.
Fonte: Elaboração própria com base a CAOP 2023 (DGT).

A matriz económica do concelho de Lousada mantém-se fortemente marcada pela agricultura, que continua a desempenhar um papel relevante na ocupação do território e na identidade local. No entanto, observa-se uma crescente diversificação económica, com o fortalecimento do setor têxtil e, mais recentemente, uma reestruturação significativa da produção vinícola, que tem vindo a afirmar-se como um elemento estratégico de desenvolvimento regional e de valorização dos recursos endógenos (Nunes *et al.*, 2021; APA, 2025; Carvalho, 2025).

No que se refere à hidrografia, Lousada insere-se em duas bacias hidrográficas: a do Ave – abrangendo a União de freguesias Lustosa e Barrosas (Sto. Estevão) – e a do Douro, que cobre as restantes freguesias. A maior parte do território é drenada pelo rio Sousa, que percorre o concelho no sentido NE-SO, e pelo rio Mezio no sentido N-S, afluente do primeiro. O Rio Sousa, é

o principal recurso hídrico local, abrangendo 50,4 km² (53% da área relativa das bacias hidrográficas do concelho) e atravessando 8 freguesias (Nunes *et al.*, 2021; APA, 2025; Carvalho, 2025). A configuração hidrográfica do concelho tem um papel determinante na ocorrência e dinâmica das inundações. O facto de Lousada se inserir em duas bacias hidrográficas — do Ave e do Douro — implica uma complexa rede de drenagem, com diferentes regimes de caudal e respostas hidrológicas aos episódios de precipitação intensa. O rio Sousa, principal curso de água do concelho, e o seu afluente Mezio, apresentam vales estreitos e margens encaixadas, o que favorece o rápido escoamento superficial e aumenta a vulnerabilidade a cheias súbitas durante períodos de chuva intensa (APA, 2025). A extensão significativa da área drenada pelo rio Sousa (53% do território) faz com que grande parte do concelho esteja sujeita à influência direta do seu comportamento hidrológico. Assim, a impermeabilização crescente dos solos — associada à expansão urbana e industrial — reduz a infiltração e intensifica o escoamento, agravando o risco de inundações, sobretudo nas zonas ribeirinhas e de vale.

A rede hidrográfica do município, apresentada na Figura 4, é dominada pelo rio Sousa e complementada pelos seus afluentes, evidenciando a abundância de recursos hídricos disponíveis.

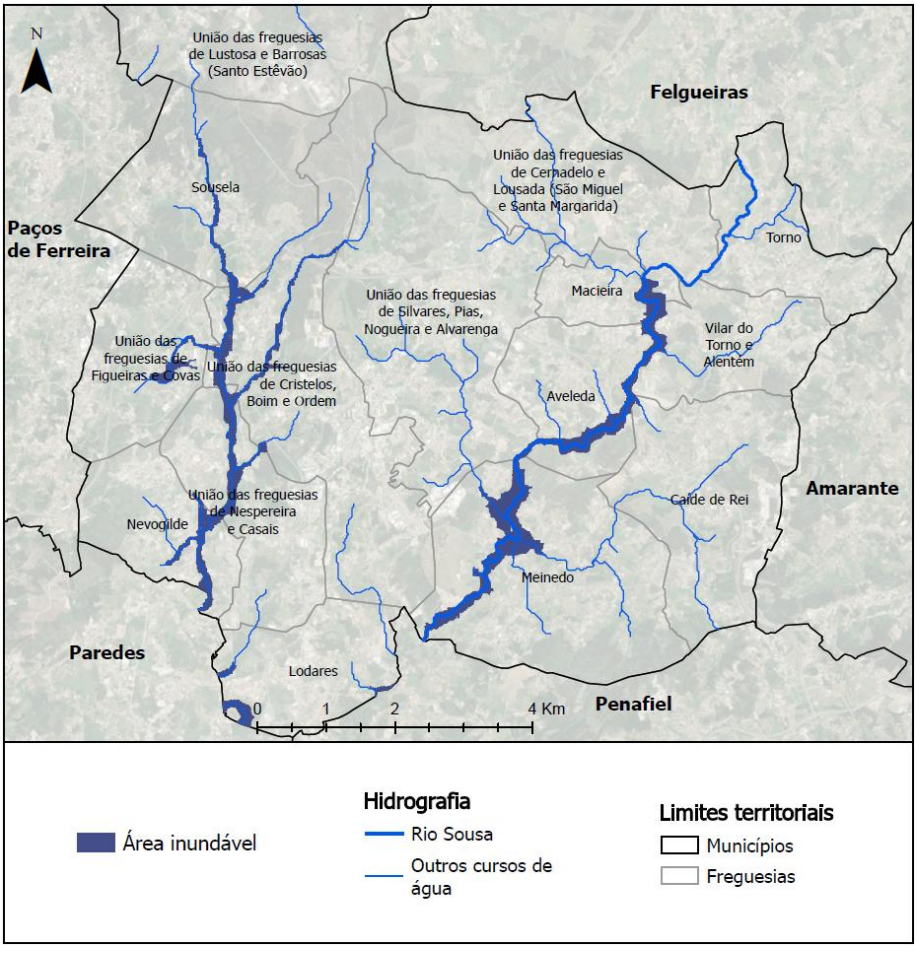


Figura 4 - Cursos de água e área inundável no município de Lousada.
Fonte: Elaboração própria com base a OSM (2025) e o conjunto de dados da APA (2025).

O mapa correspondente delimita igualmente as áreas inundáveis associadas à rede hidrográfica, com especial destaque para o rio Sousa. As áreas com potencial de inundação, assinaladas a azul-escuro, concentram-se sobretudo junto ao leito do rio e dos seus afluentes, afetando freguesias como Meinedo, Aveleda, Vilar do Torno e Alentém e Macieira.

Esta configuração territorial é especialmente relevante no contexto da presente investigação, uma vez que grande parte do património hidráulico inventariado se encontra implantado em áreas próximas da rede hidrográfica, muitas delas coincidentes com os setores identificados como áreas de perigo de inundação. Assim, a relação entre o rio Sousa e as dinâmicas socioambientais do concelho de Lousada traduz-se não só num fator estruturante do território, mas também numa condicionante fundamental para a sua vulnerabilidade face às cheias e inundações.

Do ponto de vista climático, o município apresenta um clima temperado marítimo húmido com influência atlântica, caraterizado por invernos e verões marcados por temperaturas frescas a moderadas, com temperaturas médias entre 10°C e 12,5°C, refletindo um equilíbrio climático típico dessas condições geográficas (Nunes *et al.*, 2021; APA, 2025 & Carvalho, 2025). Este regime climático, marcado por elevados índices de precipitação concentrados nos meses de inverno, exerce uma influência significativa na ocorrência de inundações. A intensidade e persistência das chuvas favorecem o aumento do caudal dos cursos de água e a saturação dos solos, potenciando a formação de escoamento superficial e o transbordo dos rios, especialmente em áreas de relevo acentuado ou com fraca capacidade de drenagem. Assim, a influência atlântica, ao proporcionar elevados volumes de precipitação sazonal, constitui um dos principais fatores naturais de risco de inundação no concelho (Miranda, 2023).

Em Lousada, a precipitação anual média é de 1 400 mm, concentrando-se principalmente entre outubro e março, com picos em janeiro e fevereiro, enquanto o verão apresenta valores médios abaixo de 50 mm (Weather Spark, s.d.). Este padrão sazonal influencia diretamente o risco de inundações, já que a saturação do solo nos meses chuvosos aumenta o escoamento superficial, enquanto a gestão hídrica deve considerar os períodos secos para garantir a disponibilidade de água e a recarga dos rios e aquíferos.

A litologia do território é marcada por uma predominância de rochas graníticas, sobretudo um granito porfiroide de grão grosseiro, que constitui a cobertura quase total do concelho (Pinheiro, 2017; Nunes *et al.*, 2021; APA, 2025 & Carvalho, 2025). Este substrato condiciona a morfologia local, mas também o comportamento hidrológico. Este substrato, de natureza compacta e baixa

permeabilidade, condiciona o comportamento hidrológico local, reduzindo a infiltração da água e potenciando o escoamento superficial durante períodos de precipitação intensa. Estas características contribuem para uma maior suscetibilidade a inundações, sobretudo nas áreas de vale e nas áreas urbanizadas, onde o solo granítico, associado à impermeabilização, favorece a acumulação de escoamento e o aumento do risco de cheias (Miranda, 2023).

De acordo os Censos de 2021, apresenta o concelho de Lousada na sua totalidade 47 364 habitantes, tendo registado uma ligeira diminuição na população, contrariamente às décadas anteriores que apresentaram sempre um aumento (Tabela IV).

Tabela IV - População em Lousada de 1991 a 2021, segundo o segundo o Recenseamento Geral da População e Habitação de 1991, 2001, 2011 e 2021.

Anos	**1991**	**2001**	**2011**	**2021**
População residente (em nº)	38 213	44 712	47 387	47 364
Taxa de variação da população residente (em %)	-	+ 17%	+ 6%	- 0,05%

Fonte: INE (2007; 2012 e 2024).

Entre 1991 e 2001, a população residente em Lousada aumentou 17,0%, passando de 38 213 para 44 712 habitantes. Na década seguinte, entre 2001 e 2011, verificou-se um crescimento mais moderado, de 6,0%, atingindo 47 387 habitantes. Já no período entre 2011 e 2021, a população manteve-se praticamente estável, registando uma ligeira diminuição de –0,05%, fixando-se em 47 364 residentes. A presença e as atividades humanas em áreas urbanas e ribeirinhas têm um impacte direto no risco de inundação, não apenas aumentando a exposição de pessoas, bens e infraestruturas, mas também modificando o escoamento natural das águas. A impermeabilização do solo, a ocupação de planícies de inundação e a alteração de cursos de água contribuem para a intensificação das cheias, enquanto medidas de gestão e planeamento podem reduzir significativamente os seus efeitos (Alonso *et al.*, 2014; Sá *et al.*, 2016; Costa, 2020).

Tendo em conta a interação entre fatores naturais e fatores antrópicos, torna-se essencial analisar de forma individualizada o curso de água do Rio Sousa, ao qual se particulariza o risco de inundação no concelho e o que é alvo de estudo neste trabalho. O Rio Sousa destaca-se não só pelo seu comprimento e área de drenagem, mas também pela densidade populacional e infraestruturas localizadas nas suas margens, fatores que aumentam o perigo de inundação. A compreensão das suas características hidrológicas e do contexto territorial é, portanto, fundamental para avaliar a vulnerabilidade local e planear medidas de mitigação e adaptação mais eficazes.

2.2. Rio Sousa

O Rio Sousa pertence à bacia hidrográfica do rio Douro. É limitado a norte pela bacia hidrográfica do rio Ave, a leste pela bacia hidrográfica do rio Tâmega, a sul pelo rio Douro, a sudoeste pelas bacias hidrográficas dos rios Torto e Tinto e a Oeste pela bacia hidrográfica do rio Leça (Pinheiro, 2017).

A nascente do rio Sousa situa-se em Friande, a leste de Felgueiras, a cerca de 400 metros de altitude, passando pelos municípios de Lousada, Penafiel, Paredes e Gondomar, e desaguando na margem direita do rio Douro (Figura 5). Percorre aproximadamente 95 km, com uma extensão de cerca de 14,5 km em Felgueiras, 17 km em Lousada, 26,5 km em Penafiel, 23,8 km em Paredes e 13,7 km em Gondomar (Pinheiro, 2017).



Figura 5 - Extensão do Rio Sousa.
Fonte: Elaboração própria com base a OSM (2025).

O rio encontra-se numa área onde predominam maciços graníticos e xistosos, o que implica a presença de solos com baixas taxas de infiltração e, consequentemente, elevado escoamento superficial. No município de Lousada, o rio Sousa está incrustado em rochas graníticas de diferentes tipos e idades, com datas entre 310 e 290 milhões de anos (Pinheiro, 2017 & Nunes *et al.*, 2021).

Na bacia hidrográfica do rio Sousa, há uma grande predominância da indústria transformadora e alimentar. As florestas e as áreas agrícolas e agroflorestais, ocupam a maior parte da área da bacia hidrográfica do rio Sousa. No que diz respeito à agricultura na região, esta caracteriza-se por áreas agrícolas de pequena e média dimensão com baixa produtividade (Pinheiro, 2017).

2.3. Cheias e inundações no município de Lousada

No concelho, as inundações são predominantemente de origem fluvial (APA, 2020), ocorrendo quando o nível da água dos rios sobe devido ao aumento do volume de precipitação, especialmente em períodos de chuva intensa ou prolongada (APA, 2018). Estes eventos podem provocar danos em áreas circundantes (como por exemplo, inundação de campos agrícolas, danos sobre infraestruturas e, ocasionalmente, danos em habitações e vias de transporte).

O ano de 2001 ficou marcado por uma série de eventos climáticos extremos em Portugal, com destaque para as cheias que afetaram diversas regiões do país. Entre 22 e 31 de janeiro, chuvas intensas provocaram inundações significativas, especialmente na bacia hidrográfica do rio Mondego, onde o rebentamento de vários diques a jusante de Coimbra resultou em mais de uma centena de desalojados (Barros, 2001). Além disso, o país enfrentou outros episódios de cheias, como as que ocorreram em Amarante e Peso da Régua, que causaram danos consideráveis em infraestruturas e propriedades, mesmo não existindo notícias sobre isso, também Lousada teve complicações devidas às inundações que existiram na região. No concelho as cheias de 2001 afetaram particularmente as freguesias de Meinedo, Aveleda, Vilar do Torno e Alentém, e Macieira, atravessadas pelo rio Sousa (Barros, 2001). Esses episódios destacam a importância de medidas de gestão hídrica e ordenamento do território para mitigar os impactes de cheias e inundações no concelho.

Nos últimos anos, em particular desde 2012, o município de Lousada tem experienciado múltiplos episódios de cheias e inundações, maioritariamente associados a eventos de forte precipitação. A

origem destes fenómenos é simultaneamente pluvial e fluvial, resultando em impactes significativos ao nível das infraestruturas locais.

Em 2012 e 2013 ocorreram cheias, que afetaram diretamente patrimónios hidráulicos, nomeadamente os moinhos de água, com destaque para o moinho de Pias (Nunes *et al.*, 2021), como evidência a Figura 6. Nos anos subsequentes, registaram-se episódios de inundação em 10 de fevereiro de 2015, 10 de janeiro de 2016 (Moreira, 2016), 5 de fevereiro de 2016 (APA, 2019) e 11 de dezembro de 2017 (Pinto, 2017), todos eles relacionados com precipitação intensa. Estes eventos provocaram sobretudo constrangimentos nas redes viárias, comprometendo a normal circulação e o funcionamento dos serviços associados.

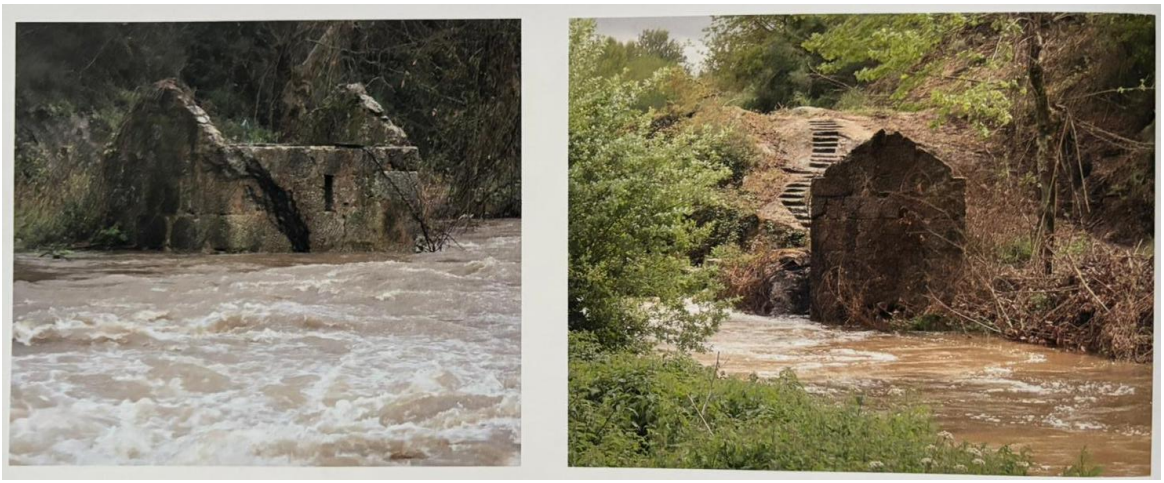


Figura 6 – Evidências fotográficas das cheias de 2012 e 2013 junto ao Moinho de Pias.
Fonte: Nunes *et al.* (2021).

A ocorrência de 10 de janeiro de 2016 está registada como a mais grave, onde "a água galgou as margens de uma ribeira e inundou, por completo, o primeiro andar, de uma habitação situada nas redondezas", a família que residia nessa casa teve de ser resgatada e realojada pelos serviços da Proteção Civil da Câmara Municipal (Moreira, 2016).

Assim, verifica-se que, desde 2012, todos os episódios de cheias e inundações no concelho de Lousada estão intimamente ligados à forte pluviosidade, sendo os principais serviços afetados as vias de comunicação e, em algumas situações, os moinhos de água, revelando a vulnerabilidade do território a condições meteorológicas extremas.

Capítulo 3 – Investigação e análise de dados

3.1. Inventário do património hidráulico

O presente inventário incide sobre o património hidráulico do concelho de Lousada, com especial atenção às estruturas localizadas ao longo do Rio Sousa, com um enfoque específico em dois tipos de estruturas: os moinhos tradicionais e pontes históricas. Embora existam outras estruturas associadas ao uso da água, como açudes, levadas ou tanques, optamos por privilegiar os moinhos e as pontes pela sua relevância histórica, arquitetónica e cultural.

Este território é marcado pela presença significativa de moinhos tradicionais, outrora fundamentais para a economia rural local, e hoje em diferentes estados de conservação, como verificamos ao longo do trabalho de campo. Destacam-se, entre outros, o Moinho do Meio, ainda funcional no Parque Molinológico de Pias, e os vestígios de dezenas de outros moinhos distribuídos pelas margens do rio. O levantamento inclui também pontos de interesse como a Ponte de Vilela, a Ponte de Espindo e a Ponte da Veiga, integradas na Rota do Românico.

Para além da realização do presente inventário sobre o património hidráulico no concelho de Lousada, importa referir a existência de outros levantamentos e estudos anteriores desenvolvidos por diferentes autores, que contribuíram significativamente para o conhecimento e valorização deste património.

Entre estes, destaca-se a obra *Moinhos de Água – Paisagem, Território e Património* (2021), dirigida por Manuel Nunes e editada pela Câmara Municipal de Lousada, resultante do trabalho desenvolvido no âmbito do *Projeto MUNHOS*, iniciado em 2011. Este estudo, de carácter pioneiro, baseou-se num inventário sistemático dos moinhos do concelho, recorrendo a percursos de campo ao longo dos cursos de água, levantamento fotográfico, registo cartográfico com GPS e fichas normalizadas que integraram parâmetros arquitetónicos, técnicos, funcionais e de conservação. Paralelamente, foi realizada uma análise documental de matrizes prediais antigas e de arquivos administrativos, permitindo cruzar informação de terreno com registos históricos. O projeto incluiu ainda o estudo dos grafitos presentes nas estruturas, revelando aspetos imateriais e simbólicos associados à prática moleira. A matriz metodológica adotada destacou-se pela sua abordagem multidisciplinar, articulando arqueologia, geografia, história e património, com enfoque na relação entre os moinhos e a paisagem envolvente. Deste modo, a obra contribui não só para a valorização

do património hidráulico local, mas também para a compreensão do seu papel no contexto social, económico e cultural de Lousada.

Complementarmente, diversos artigos resultantes do mesmo projeto aprofundaram dimensões específicas deste património. O trabalho *Projeto MUNHOS: inventário das moagens tradicionais dos rios Sousa e Mezio no concelho de Lousada* (Nunes & Lemos, 2013), publicado na revista Oppidum, apresenta uma documentação sistemática da existência, localização, tipologia e estado de conservação dos moinhos e azenhas da região. Já o artigo *Moinhos do Rio Sousa no concelho de Lousada* (Nunes & Lemos, 2011), editado pela revista municipal, centrou-se na caracterização detalhada dos moinhos hidráulicos ao longo do rio Sousa, destacando o seu declínio estrutural e o abandono progressivo destas construções tradicionais.

A investigação de Costa *et al.* (2015) propôs uma abordagem sistematizada e replicável à identificação e análise das estruturas hidráulicas tradicionais, definindo critérios técnicos e patrimoniais de referência para futuras investigações e para a implementação de estratégias de salvaguarda e valorização coerentes.

O estudo *Projeto MUNHOS – Síntese dos resultados finais do inventário das moagens hidráulicas tradicionais do concelho de Lousada* (Nunes & Lemos, 2016) consolidou os dados obtidos, oferecendo uma visão global da distribuição espacial e do estado de conservação das estruturas e promovendo informações subsídios essenciais para as políticas de preservação, valorização cultural e gestão integrada do território.

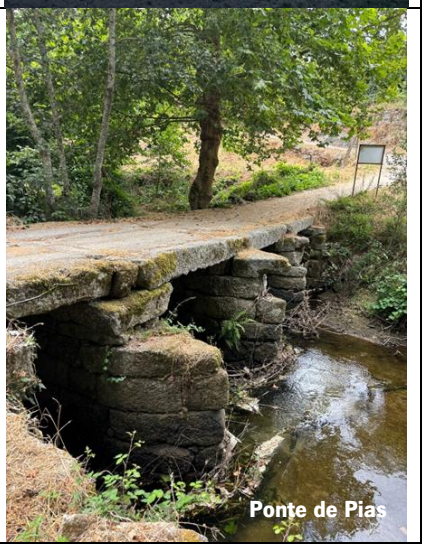
No *Inventário, caracterização e estudo dos grafitos identificados nos moinhos de água do concelho de Lousada* (Nunes & Lemos, 2017) realizou-se uma sistematização tipológica e técnica de inscrições, símbolos e grafismos encontrados nos moinhos. Este estudo revelou, pela primeira vez, uma leitura aprofundada desses elementos etnográficos e culturais, reforçando a compreensão da dimensão material e simbólica associada à moagem tradicional.

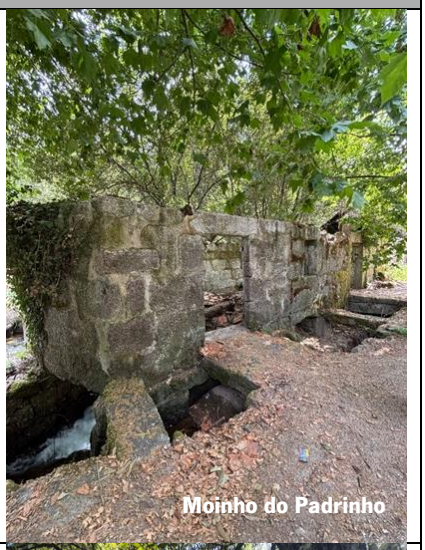
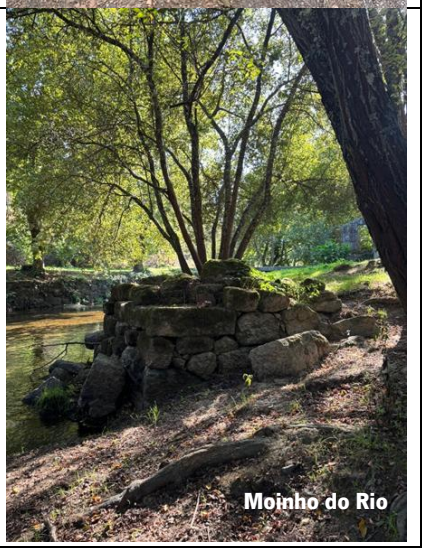
No mesmo sentido, Vieira *et al.* (2016) demonstrou como o uso de mapas históricos, registos antigos e documentação de arquivo é fundamental para reconstituir as transformações espaciais e funcionais deste património, permitindo avaliar alterações no uso do solo, processos de degradação e potencialidades de recuperação.

Com base nos contributos dos estudos anteriores, o presente trabalho procurou dar continuidade e aprofundar a análise, estabelecendo uma relação direta entre o património hidráulico e o perigo de inundação, abordagem ainda não explorada até ao momento.

A Tabela VI contém os dados recolhidos a partir dos conteúdos elaborados para a ficha de campo. Além da designação de cada estrutura, inclui dados geográficos, o código de inventário, a sua tipologia, o seu estado de conservação, os materiais de construção, a sua função original, a alteração funcional e se sofreram intervenções. Assim, após a identificação e caracterização tipológica das estruturas hidráulicas, tornou-se necessário proceder à avaliação do seu estado de conservação, de modo a compreender a sua diversidade arquitetónica e funcional, mas também o grau de preservação em que atualmente se encontram. Esta etapa é fundamental para estabelecer comparações entre estruturas, identificar padrões de degradação e relacioná-los com fatores territoriais e ambientais, assegurando uma leitura integrada do património hidráulico do concelho. Para avaliar e classificar as condições físicas das estruturas, em complemento aos estudos já realizados por outras equipas anteriormente, foi adotada uma escala do estado de conservação. Esta escala tem como objetivo uniformizar a observação no terreno e facilitar a comparação entre estruturas. Os diferentes estados foram definidos com base na integridade da estrutura. A Tabela V apresenta os níveis considerados — do estado Muito Bom ao Destruído.

Tabela V - Níveis do estado de conservação das estruturas analisadas.

Estado	Descrição	Exemplo fotográfico
Muito bom	A estrutura encontra-se bem preservada e sem danos visíveis significativos. O elemento encontra-se praticamente como a sua forma original, funcional, demonstrando cuidado, manutenções contínuas ou recentes. Pode até estar em uso (ex.: moinho convertido, ponte ativa).	 Moinho do Meio
Bom	A estrutura encontra-se funcional ou estável, com todos os seus elementos principais visíveis e preservados. Pode apresentar pequenas degradações superficiais (ex.: fissuras, desgaste), mas sem afetar a integridade ou leitura do bem.	 Moinhos de Espindo 1 e 2
Razoável	A estrutura apresenta sinais moderados de desgaste, degradação parcial ou alterações reversíveis. Alguns elementos podem estar danificados ou ausentes, mas a estrutura ainda se identifica com clareza.	 Ponte de Pias

Estado	Descrição	Exemplo fotográfico
Mau	O bem apresenta deterioração significativa de materiais, colapsos parciais, perda de partes essenciais ou cobertura vegetal invasiva. É possível identificar o tipo de estrutura, mas com dificuldade.	 Moinho do Padrinho
Destruído	Estrutura totalmente em ruína ou desaparecida, apenas vestígios no local, difícil de identificar sem fontes históricas.	 Moinho do Rio

Fonte: Elaboração própria.

O trabalho de campo realizado ao longo da bacia do rio Sousa permitiu identificar e documentar *in situ* o património hidráulico existente, moinhos e pontes, bem como avaliar o seu estado de conservação. Este levantamento, apoiado em registos fotográficos sistemáticos, teve como objetivo caracterizar a diversidade tipológica das estruturas, reconhecer os materiais construtivos e observar evidências de degradação ou de intervenções recentes, conforme sintetizado na Tabela V e nas Figuras 8 e 9.

De forma a complementar o inventário e a escala de classificação adotada, procedeu-se à análise espacial do estado de conservação das estruturas ao longo da bacia do rio Sousa. Esta leitura permitiu avaliar a situação individual de cada moinho ou ponte e identificar padrões territoriais de preservação e degradação.

A Figura 7 apresenta, assim, um gradiente de degradação: as estruturas mais bem conservadas a montante (norte) e maior número de estruturas em mau estado ou destruídas a jusante (sul).

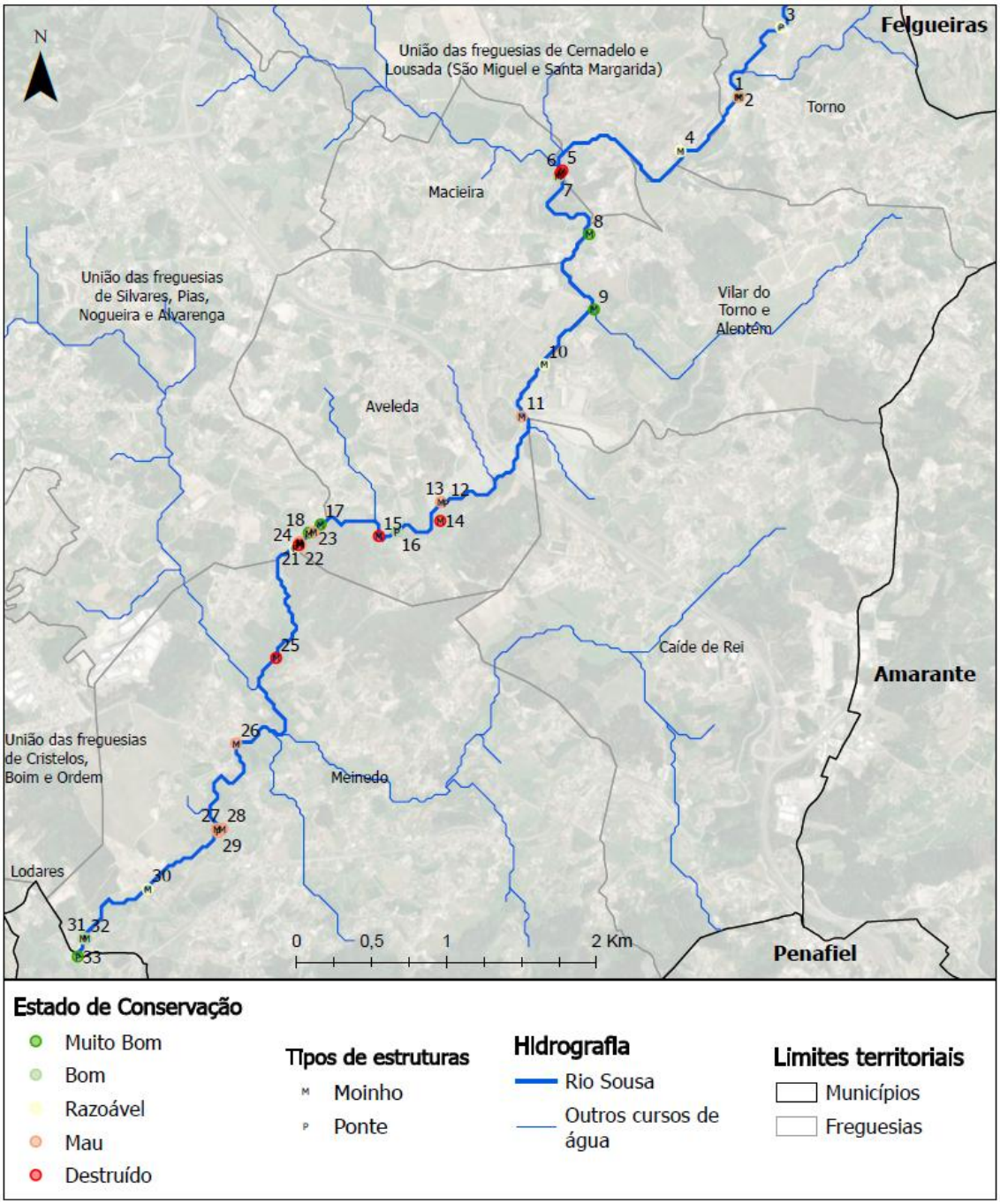


Figura 7 - Localização e estado de conservação das estruturas analisadas.
Fonte: Elaboração própria. Levantamento efetuado entre os dias 13 de junho e 17 de setembro de 2025.

Esta tendência está ligada a fatores como abandono progressivo e falta de manutenção, crescimento de vegetação, acumulação de sedimentos, cheias e inundações.

Tabela VI - Inventário do património hidráulico analisado ao longo do rio Sousa, em Lousada.

Designação	Freguesia	Coordenadas	Código de Inventário	Tipo de estrutura	Estado de conservação	Materiais de construção	Função original	Funcional	Intervenções
Moinho das poldras 1	Torno	41.2951944, -8.2210556	1	Moinho	Bom	Granito	Moagem de cereais	Não	Sim
Moinho das poldras 2	Torno	41.2952222, -8.2209444	2	Moinho	Mau	Granito	Moagem de cereais	Não	Não
Ponte da Veiga	Torno	41.2993851, -8.2176313	3	Ponte	Razoável	Granito	Circulação viária, permitindo a travessia do rio Sousa	Sim	Não
Moinho Novo	Cernadelo	41.2919444, -8.2256389	4	Moinho	Razoável	Granito	Moagem de cereais	Não	Não
Moinho da Ponte 1	Macieira	41.2907681, -8.2350361	5	Moinho	Destruído	Indeterminado	Indeterminado	Não	Não
Moinho da Ponte 2	Macieira	41.2906111, -8.2351944	6	Moinho	Destruído	Indeterminado	Indeterminado	Não	Não
Moinho da Ponte 3	Macieira	41.2904167, -8.2353333	7	Moinho	Bom	Granito	Moagem de cereais	Não	Sim
Moinho de Ribós	Vilar do Torno e Alentém	41.2869444, -8.2328889	8	Moinho	Muito Bom	Granito	Moagem de cereais	Não	Sim
Moinho de Penão	Vilar do Torno e Alentém	41.2824167, -8.2325000	9	Moinho	Muito Bom	Granito	Moagem de cereais	Não	Sim
Moinho da Quinta D'Azenha	Vilar do Torno e Alentém	41.2791111, -8.2364722	10	Moinho	Razoável	Granito	Moagem de cereais	Não	Não
Moinho de Barrimau	Aveleda	41.2759722, -8.2382500	11	Moinho	Mau	Granito	Moagem de cereais	Não	Não
Ponte de Cartão	Aveleda	41.2707926, -8,2442616	12	Ponte	Razoável	Granito	Facilitar a transposição do rio Sousa	Sim	Não
Moinho de Cartão	Aveleda	41.2708333, -8.2446667	13	Moinho	Mau	Granito	Moagem de cereais	Não	Não
Moinho de Requião	Aveleda	41.2696944, -8.2447222	14	Moinho	Destruído	Indeterminado	Indeterminado	Não	Não
Moinho Novo	Aveleda	41.2687778, -8.2496111	15	Moinho	Destruído	Indeterminado	Indeterminado	Não	Não
Ponte de Vilela	Aveleda	41.2690556, -8.2481667	16	Ponte	Bom	Granito	Circulação viária, permitindo a travessia do rio Sousa	Sim	Sim

(Continua na página seguinte).

(Continuação).

Designação	Freguesia	Coordenadas	Código de Inventário	Tipo de estrutura	Estado de conservação	Materiais de construção	Função original	Funcional	Intervenções
Moinho do Casal Novo	Pias	41.2694722, -8.2542500	17	Moinho	Muito Bom	Granito	Moagem de cereais	Não	Sim
Moinho do Meio	Pias	41.2689722, -8.2551944	18	Moinho	Muito Bom	Granito	Moagem de cereais e produção de farinha	Sim	Sim
Moinho do Padrinho	Pias	41.2683611, -8.2558889	19	Moinho	Mau	Granito	Moagem de cereais	Não	Não
Moinho do Maneta	Pias	41.2684167, -8.2559444	20	Moinho	Mau	Granito	Moagem de cereais	Não	Não
Moinho do Rio	Pias	41.2682222, -8.2560000	21	Moinho	Destruído	Indeterminado	Indeterminado	Não	Não
Moinho de Pias	Pias	41.2682500, -8.2558611	22	Moinho	Mau	Perpianho	Moagem de cereais	Não	Não
Moinho do Engenho	Pias	41.2690000, -8.2548333	23	Moinho	Mau	Granito	Moagem de cereais	Não	Não
Ponte de Pias	Pias	41.2680278, -8.2563056	24	Ponte	Razoável	Granito	Facilitar a transposição do rio Sousa	Sim	Não
Moinho do Covo	Meinedo	41.2614444, -8.2577778	25	Moinho	Destruído	Indeterminado	Indeterminado	Não	Não
Moinho Novo	Meinedo	41.2563056, -8.2609444	26	Moinho	Mau	Granito	Moagem de cereais	Não	Não
Moinho de Casais 1	Meinedo	41.2511667, -8.2624722	27	Moinho	Mau	Granito e corneana	Moagem de cereais	Não	Não
Moinho de Casais 2	Meinedo	41.2511667, -8.2620278	28	Moinho	Mau	Granito e blocos de cimento	Moagem de cereais	Não	Não
Ponte de Casais	Meinedo	41.250956, -8.262375	29	Ponte	Mau	Granito	Circulação viária, permitindo a travessia do rio Sousa	Sim	Não
Moinho do Reguengo	Meinedo	41.2475278, -8.2679722	30	Moinho	Razoável	Granito	Moagem de cereais	Não	Não
Moinho de Espindo 1	Meinedo	41.2445556, -8.2731111	31	Moinho	Bom	Granito	Moagem de cereais	Não	Sim
Moinho de Espindo 2	Meinedo	41.2445556, -8.2728611	32	Moinho	Bom	Granito	Moagem de cereais	Não	Sim
Ponte de Espindo	Meinedo	41.2434722, -8.2735278	33	Ponte	Muito Bom	Granito	Circulação viária, permitindo a travessia do rio Sousa	Sim	Sim

Fonte: Elaboração própria. Levantamento efetuado entre os dias 13 de junho e 17 de setembro de 2025.

As fotografias das Figuras 7 e 8 apresentam uma seleção representativa das estruturas visitadas, distribuídas por diferentes freguesias, ilustrando tanto os exemplos em bom estado como aqueles que revelam maior vulnerabilidade a processos de deterioração e risco de inundação.



Figura 8 - Seleção de estruturas visitadas com a classificação de estado de conservação de Muito Bom, Bom e Razoável. A) Moinho do Casal Novo, em Pias; B) Moinho do Meio, em Pias; C) Ponte de Espinho, em Meinedo; D) Moinhos das Poldras 1, no Torno; E) Moinho da Ponte 3, em Macieira; F) Ponte de Vilela, em Aveleda; G) Ponte da Veiga, no Torno; H) Moinho Novo, em Cernadelo; I) Moinho da Quinta D'Azenha, em Vilar do Torno e Alentém.

Fonte: Elaboração própria. Levantamento efetuado entre os dias 13 de junho e 17 de setembro de 2025.



Figura 9 - Seleção de estruturas visitadas com a classificação de estado de conservação de Mau e Destruído. J) Moinho das Poldras 2, no Torno; K) Moinho do Padrinho, em Pias; L) Moinho de Casais 1, em Meinedo; M) Moinho da Ponte 1, em Macieira; N) Moinho do Rio, em Pias.

Fonte: Elaboração própria. Levantamento efetuado entre os dias 13 de junho e 17 de setembro de 2025.

A observação direta confirmou a heterogeneidade do estado de preservação destas estruturas, refletindo condicionantes de natureza socioeconómica, ambiental e de manutenção. Verificou-se que moinhos ainda em uso ou recentemente intervencionados apresentam alvenarias estáveis e coberturas funcionais [*e.g.* Figura 8 – A), B) e C)], enquanto outros, abandonados, evidenciam colapsos parciais, erosão das fundações e invasão por vegetação [*e.g.* Figura 9 – J), K), L) e N)]. Este registo fotográfico constitui, assim, um suporte visual para a análise desenvolvida nos capítulos seguintes, reforçando a importância de medidas de conservação, valorização patrimonial e gestão do risco face à suscetibilidade a inundações identificada na cartografia de perigosidade. A diferença no estado de conservação das estruturas observadas reflete fatores socioeconómicos e ambientais, sobretudo relacionados com a dinâmica fluvial e a ausência de manutenção adequada.

Para compreender os processos que afetam a integridade do património hidráulico ao longo do rio Sousa, procedeu-se à identificação dos principais fatores de degradação observados durante o levantamento de campo (Tabela VII). Estes fatores resultam tanto da ação natural da água e do ambiente, como da ausência de intervenções de conservação.

Tabela VII - Fatores identificados para o estado de conservação observado nas estruturas analisadas.

Designação e respetivos estados de conservação	Fatores visíveis					
	Ação da água	Crescimento da vegetação	Acumulação de sedimentos	Cheias e/ou inundações	Falta de manutenção	Indeterminado
Moinho das poldras 1	X	X				
Moinho das poldras 2		X			X	
Ponte da Veiga	X	X			X	
Moinho Novo		X			X	
Moinho da Ponte 1						X
Moinho da Ponte 2						X
Moinho da Ponte 3	X					
Moinho de Ribós						X
Moinho de Penão		X				
Moinho da Quinta D'Azenha	X	X	X		X	
Moinho de Barrimau		X			X	
Ponte de Cartão	X	X			X	
Moinho de Cartão	X		X			
Moinho de Requião						X
Moinho Novo						X
Ponte de Vilela	X	X	X			
Moinho do Casal Novo						X
Moinho do Meio	X					
Moinho do Padrinho	X	X		X	X	
Moinho do Maneta	X	X	X	X	X	
Moinho do Rio						X
Moinho de Pias	X	X	X	X	X	
Moinho do Engenho	X	X			X	
Ponte de Pias	X	X		X	X	
Moinho do Covo						X
Moinho Novo	X	X			X	
Moinho de Casais 1	X	X			X	
Moinho de Casais 2	X	X			X	
Ponte de Casais	X	X			X	
Moinho do Reguengo	X	X			X	
Moinho de Espindo 1	X	X				
Moinho de Espindo 2	X	X				
Ponte de Espindo	X					

Fonte: Elaboração própria com base no levantamento efetuado entre os dias 13 de junho e 17 de setembro de 2025.

A Tabela VIII apresenta, de forma sistematizada, as categorias de risco mais relevantes, acompanhadas de uma breve descrição dos seus efeitos sobre as estruturas analisadas.

Tabela VIII - Descrição dos fatores identificados para o estado de conservação observados nas estruturas.

Fatores	Descrição
Ação da água	O contacto direto e constante com a água provoca infiltrações, humidade e a degradação das paredes, causando a erosão das fundações.
Crescimento da vegetação	O crescimento da vegetação junto às paredes ou nas juntas, faz com que se abram fissuras, desestabilizem muros e acelerem a ruína.
Acumulação de sedimentos	A acumulação de sedimentos nos canais ou junto aos açudes altera o curso de água e faz pressão sobre muros e/ou comportas. Pode também entupir os sistemas de captação.
Cheias/inundações	As cheias e/ou as inundações podem submergir ou destruir partes das estruturas, arrastar fundações ou danificar rodas hidráulicas.
Falta de manutenção	O abandono leva ao colapso progressivo de telhados e madeiras, acelerando a degradação interior. Com as coberturas degradadas a entrada de água da chuva, leva ao apodrecimento das estruturas em madeira, causando a ruína das estruturas.

Fonte: Elaboração própria com base no levantamento efetuado entre os dias 13 de junho e 17 de setembro de 2025.

A análise evidencia que estes agentes de deterioração atuam muitas vezes de forma combinada, acelerando o desgaste das construções tradicionais. A ação contínua da água, associada ao crescimento de vegetação, a acumulação de sedimentos, as cheias e as inundações, juntamente com a falta de manutenção, revelam-se especialmente críticos, fragilizando fundações, paredes e elementos em madeira. Estes resultados reforçam a importância de estratégias de conservação preventiva e de planos de gestão que considerem tanto os processos naturais como a intervenção humana, garantindo a preservação a longo prazo deste património hidráulico.

Com base nestas conclusões, torna-se essencial compreender a relação entre a dinâmica hidrológica e as estruturas analisadas. Assim, procede-se, de seguida, à avaliação do perigo de inundação para um período de retorno de 100 anos (T=100 anos), com o objetivo de identificar as áreas mais suscetíveis e os níveis potenciais de afetação do património hidráulico. Esta análise permite relacionar o estado de conservação com a suscetibilidade a eventos extremos, contribuindo para uma abordagem integrada de gestão do risco e conservação preventiva.

3.2. Modelo de projeção de inundações para o período de retorno de 100 anos

3.2.1. Contexto climático

As Figuras 10 e 11 apresentam as projeções de precipitação média diária (mm/dia) e temperatura média anual (°C) para o município de Lousada (41.2772 N, –8.28308 E), com base em simulações CMIP6 para o período de 1900 a 2100.

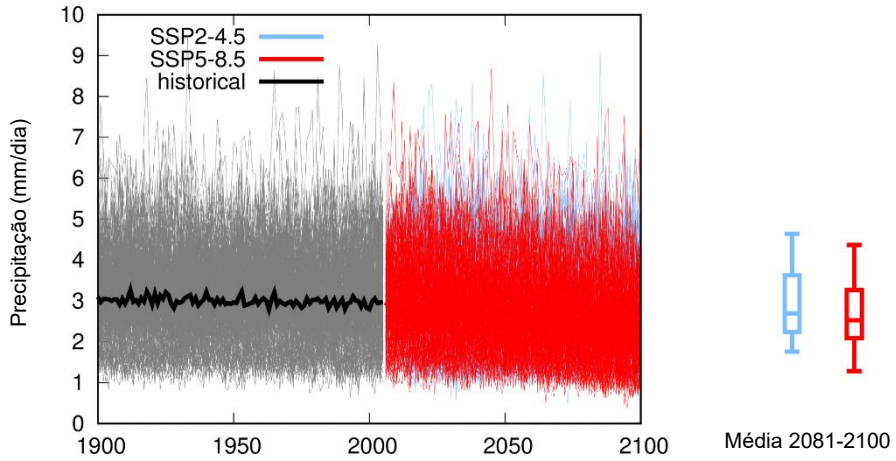


Figura 10 - Projeção da precipitação média diária (mm/dia) para Lousada.
Fonte: Elaboração própria, tendo por base a modelação baseada nos cenários SSP2-4.5 e SSP5-8.5 do CMIP6 - Coupled Model Intercomparison Project Phase 6, World Climate Research Programme (WCRP).
Nota: São comparados dois cenários socioeconómicos de emissões: SSP2-4.5 (trajetória intermédia de mitigação, em azul) e SSP5-8.5 (cenário de altas emissões, em vermelho), complementados pela série histórica (em preto e cinzento).

O registo histórico (1900-2000) mostra uma variabilidade natural elevada, com valores médios próximos de 3 mm/dia, o que corresponde a um total de 1095 mm/ano, refletindo as caraterísticas climático-meteorológicas regionais. Nas projeções para 2000-2100, ambos os cenários mantêm esta grande variabilidade interanual, mas não evidenciam uma tendência linear de aumento ou diminuição acentuada da precipitação média anual. No entanto, as caixas de extremos (2081-2100) sugerem um ligeiro alargamento do intervalo de valores, sobretudo no cenário SSP5-8.5, indicando maior frequência de eventos de precipitação intensa (que varia entre ≈ 1,2 mm/dia e ≈ 5,6 mm/dia). Este comportamento é consistente com projeções que apontam para chuvas mais concentradas e episódios de precipitação extrema, mesmo sem um aumento substancial da precipitação total.

A temperatura do ar revela uma tendência inequívoca de aquecimento progressivo deste território, comportamento que acompanha os modelos regionais de evolução de temperatura para a Península Ibérica, em geral, e para Portugal, em particular (Carvalho, 2024). O valor médio da temperatura do ar, historicamente em torno de 14 °C, aumenta de forma contínua a partir da

década de 1980. Para o final do século, a média projetada situa-se entre os 16 °C e os 18 °C no cenário SSP2-4.5 e entre os 18 °C e os 21 °C no SSP5-8.5, evidenciando um aquecimento mais pronunciado no cenário de altas emissões. A dispersão anual cresce de forma significativa, refletindo maior frequência de anos muito quentes.

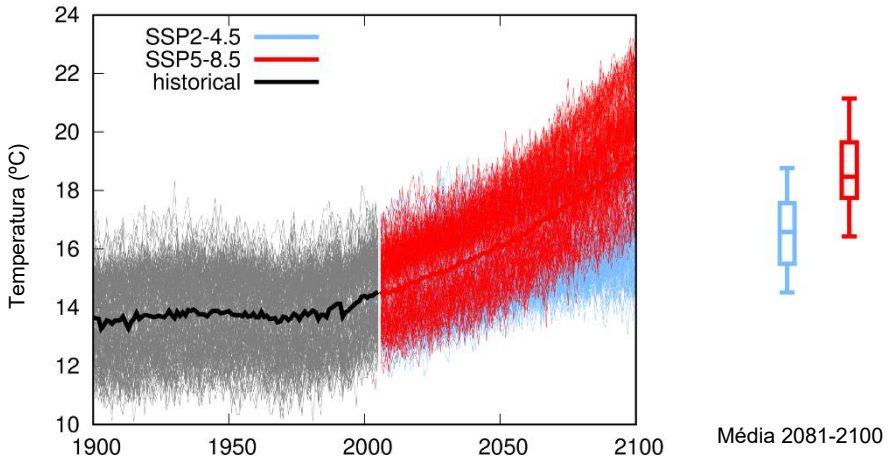


Figura 11 - Projeção da temperatura média anual (°C) para Lousada.
Fonte: Elaboração própria, tendo por base a modelação baseada nos cenários SSP2-4.5 e SSP5-8.5 do CMIP6 - Coupled Model Intercomparison Project Phase 6, World Climate Research Programme (WCRP).
Nota: São comparados dois cenários socioeconómicos de emissões: SSP2-4.5 (trajetória intermédia de mitigação, em azul) e SSP5-8.5 (cenário de altas emissões, em vermelho), complementados pela série histórica (em preto e cinzento).

Estas projeções climáticas têm relevância direta para a avaliação do perigo e do risco de inundação no rio Sousa. O aumento da temperatura potencia a evapotranspiração e pode alterar o regime hidrológico, enquanto a maior variabilidade e intensidade da precipitação aumenta a probabilidade de chuvas súbitas e intensas, favorecendo cheias rápidas e de maior magnitude. Assim, mesmo que o total anual não sofra alterações expressivas, a distribuição temporal mais irregular constitui um fator crítico para a gestão do risco.

Adicionalmente, estudos regionais e revisões sistemáticas corroboram este sinal. A avaliação de Soares *et al.* (2014), baseada em simulações do projeto ENSEMBLES para Portugal, indica uma redução da precipitação anual média entre 10% e 20% até ao final do século XXI, mais acentuada no sul e interior, mas acompanhada por um aumento da precipitação intensa até 30%, sobretudo nos cenários de altas emissões. Estes resultados sugerem que, mesmo com menor total anual, a chuva tenderá a ocorrer em episódios mais concentrados e intensos, em linha com o comportamento observado para Lousada. De forma consistente, Pereira *et al.* (2021) reportam um aumento médio da temperatura anual entre +2 °C e +4 °C no cenário RCP4.5 e até +6 °C no RCP8.5 para a Península Ibérica, acompanhado por incrementos superiores a 25% na frequência de ondas de calor e redução de cerca de 10%–15% na precipitação anual, reforçando

a tendência para maior irregularidade e extremos térmicos. Mais recentemente, Cruz *et al.* (2024) identificam para Portugal continental uma intensificação das chuvas extremas (percentil 99) de até +40% no cenário SSP5-8.5 e aumento da variabilidade interanual em praticamente todas as bacias hidrográficas, incluindo as do Norte, onde se insere Lousada. Os autores destacam que o número de dias com precipitação ≥ 20 mm poderá crescer entre 15% e 25% até 2100, aumentando o risco de cheias rápidas.

Em conjunto, estas investigações reforçam que as projeções para Lousada — caracterizadas por maior dispersão dos valores de precipitação e um aquecimento médio entre +2 °C e +7 °C até ao final do século, consoante o cenário — se inserem claramente na tendência climática regional de aquecimento acentuado e intensificação dos extremos de precipitação, fatores determinantes para o aumento do perigo de cheias no rio Sousa.

3.2.2.Metodologia de modelação

A metodologia aplicada consistiu na execução de modelação hidráulica com recurso aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), tendo sido necessária, numa fase inicial, a recolha e o tratamento de informação altimétrica, meteorológica e hidrológica. Para a caracterização altimétrica, foi gerado o Modelo Digital do Terreno (MDT) a partir de curvas de nível e pontos cotados disponíveis à escala 1:10 000. No que respeita à componente hidrológica, foram recolhidos os registos de precipitação e caudal existentes em estações hidrométricas da região, disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH), procedendo-se à seleção dos eventos de cheia mais representativos. Para além destes eventos observados, foi considerada a cheia de projeto associada a um período de retorno de 100 anos, obtida através da análise de séries hidrológicas e ajustamento estatístico de distribuições de probabilidade, permitindo a definição do caudal de ponta de cheia de referência para a simulação.

Os coeficientes de rugosidade de *Manning* foram atribuídos em função das características de uso e ocupação do solo, com base na Cartografia de Ocupação do Solo (DGT, 2018), de forma a reproduzir o efeito da vegetação, das áreas urbanizadas e de superfícies agrícolas no escoamento. Toda a informação espacial e hidrológica foi posteriormente importada, onde foram definidos os cenários de simulação.

Após o lançamento do cálculo e processamento, foi possível obter diversos parâmetros hidráulicos descritivos da inundação, nomeadamente a profundidade e a velocidade da água para o período

de retorno de 100 anos. Estes resultados permitiram caracterizar a extensão da mancha de inundação e avaliar os impactes potenciais no território adjacente.

Após o processamento, foram obtidos os principais parâmetros hidráulicos da inundação: profundidade da água (*h*), velocidade de escoamento (*v*) e extensão da mancha de inundação.

A Figura 12 apresenta a cartografia de profundidade da água (m) do Rio Sousa para o período de retorno de 100 anos (T=100), obtida a partir do modelo hidrodinâmico, que permite determinar a matriz de altitudes para cada área inundável e para o período de retorno (T=100), com classes de profundidade variando entre 0 e 11,7 m.

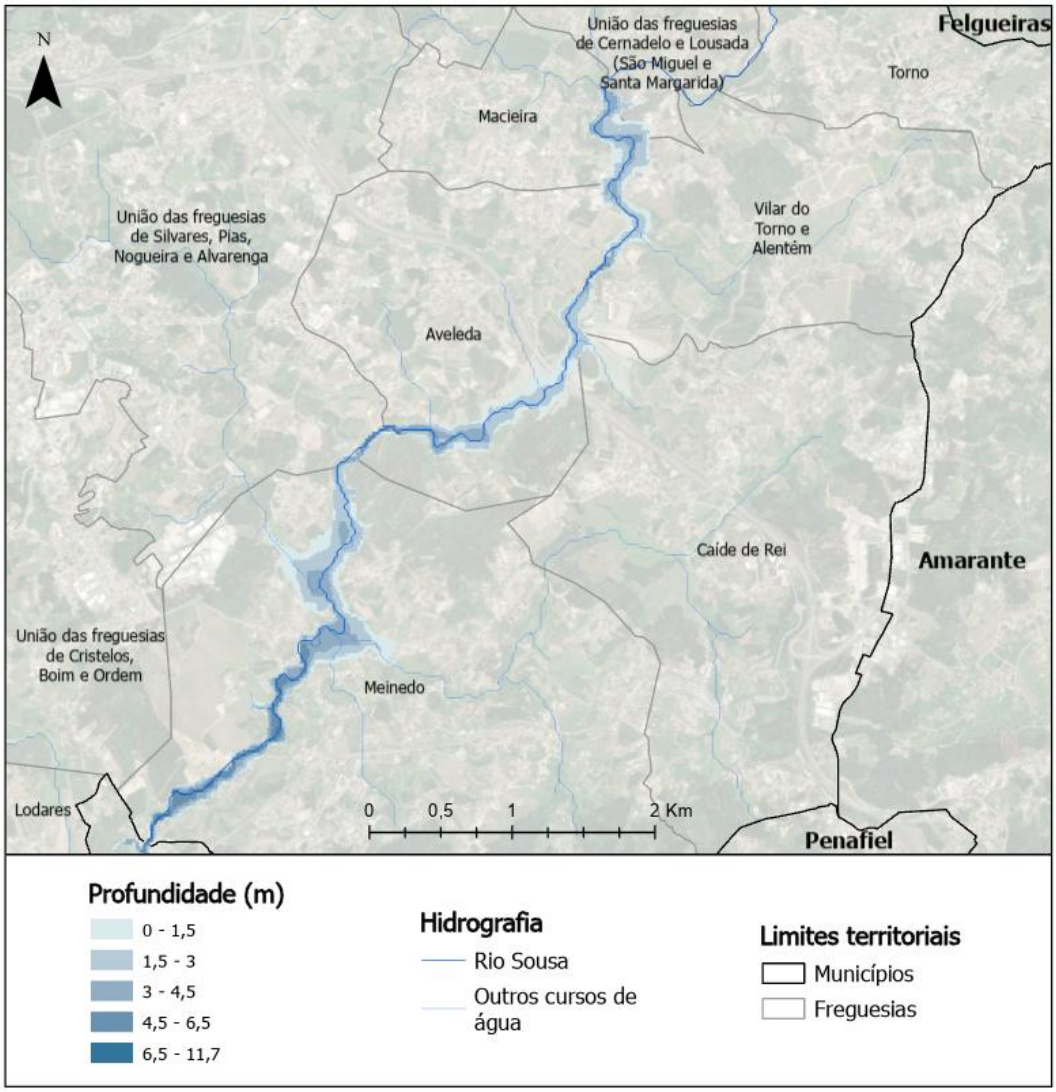


Figura 12 - Profundidade (m) da água num cenário de alterações climáticas e para o período de retorno de 100 anos (T=100).
Fonte: Elaboração própria, com base em MDT 1:10 000 (DGT), SNIRH e COS 2018.

Da mesma forma, a Figura 13 ilustra a cartografia de velocidade de escoamento para o mesmo cenário (T=100), com classes de velocidade variando entre 0 e 1,41 m/s, destacando áreas de fluxo lento (azul-claro) a rápido (azul-escuro).

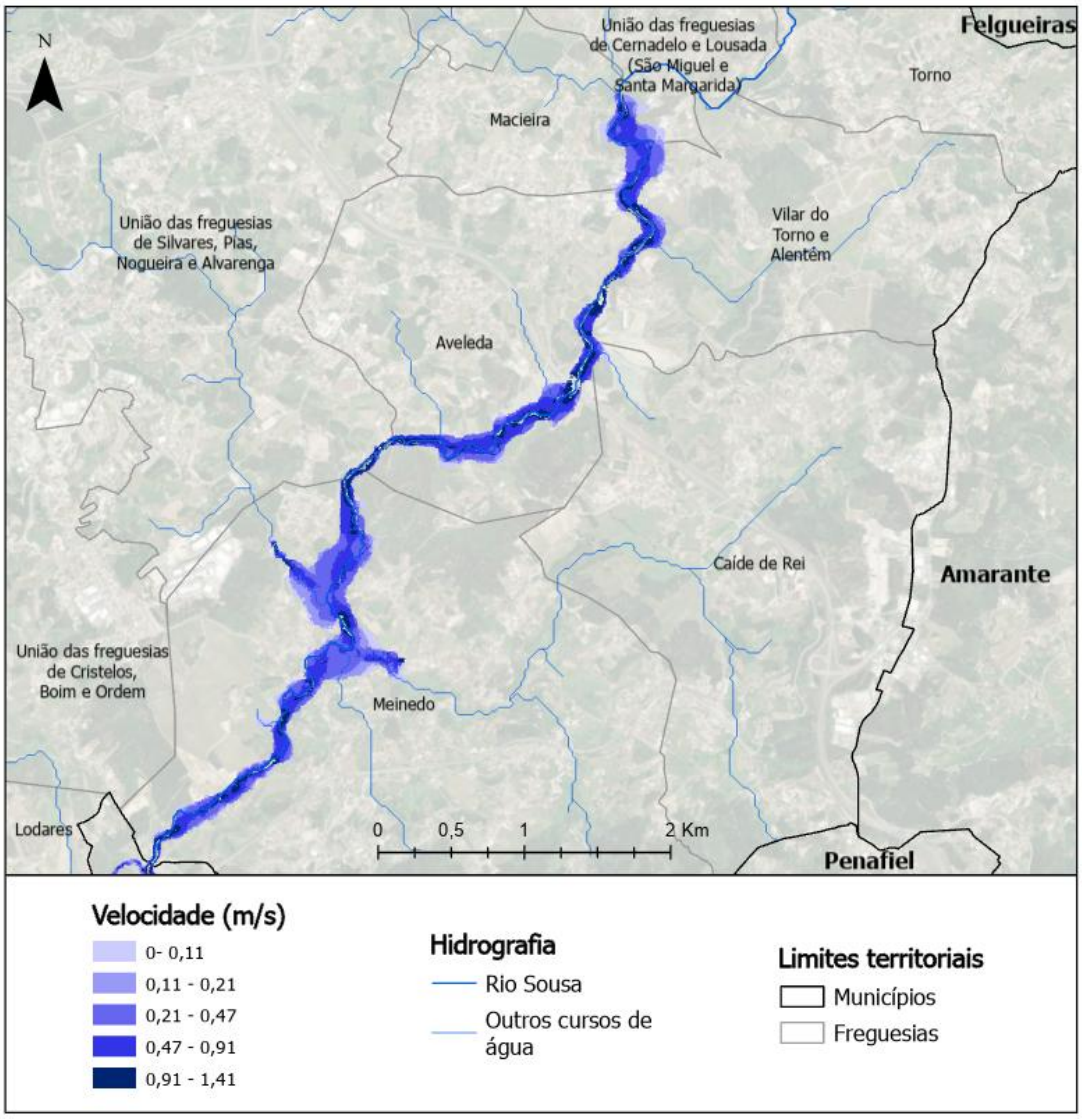


Figura 13 - Velocidade (m/s) do escoamento num cenário de alterações climáticas e para o período de retorno de 100 anos (T=100).
Fonte: Elaboração própria com base em MDT 1:10 000 (DGT), SNIRH e COS 2018.

A avaliação do perigo de inundação resultou da combinação dos parâmetros de profundidade e velocidade, através da fórmula sintetizada na Equação 2.

$$P = h \times v \quad \text{(Equação 2)}.$$

Onde *P* representa o índice de perigo, *h* a profundidade da água (m) e *v* a velocidade do escoamento (m/s).

Seguindo a metodologia habitualmente aplicada em estudos nacionais (APA, 2020; Ferreira *et al.*, 2022), o índice de perigo foi classificado em cinco classes, de acordo com a intensidade e os efeitos expectáveis, apresentados na Tabela IX.

Tabela IX - Intervalos das classes de perigo e as suas respetivas descrições.

Classe de perigo	Intervalo de P = (h*v)	Descrição
Muito baixo	P < 0,25	Condições seguras, sem risco significativo.
Baixo	0,25 ≤ P < 0,50	Possível incómodo, risco reduzido.
Médio	0,50 ≤ P < 1,00	Risco de instabilidade para pessoas/objetos.
Alto	1,00 ≤ P < 2,00	Forte risco de arrastamento e danos materiais.
Muito alto	P ≥ 2,00	Perigo extremo, elevado potencial destrutivo.

Fonte: Elaboração própria tendo por base a modelação hidráulica e a classificação de perigo.

Com base nesta classificação, foram gerados mapas de perigo de inundação, permitindo identificar espacialmente as áreas mais suscetíveis para o período de retorno de 100 anos. A Figura 14 evidencia que as áreas de perigo elevado e muito elevado se concentram sobretudo ao longo do leito principal do Rio Sousa, destacando-se os troços localizados em Meinedo e Aveleda (que perfazem a dimensão de P ≥ 1).

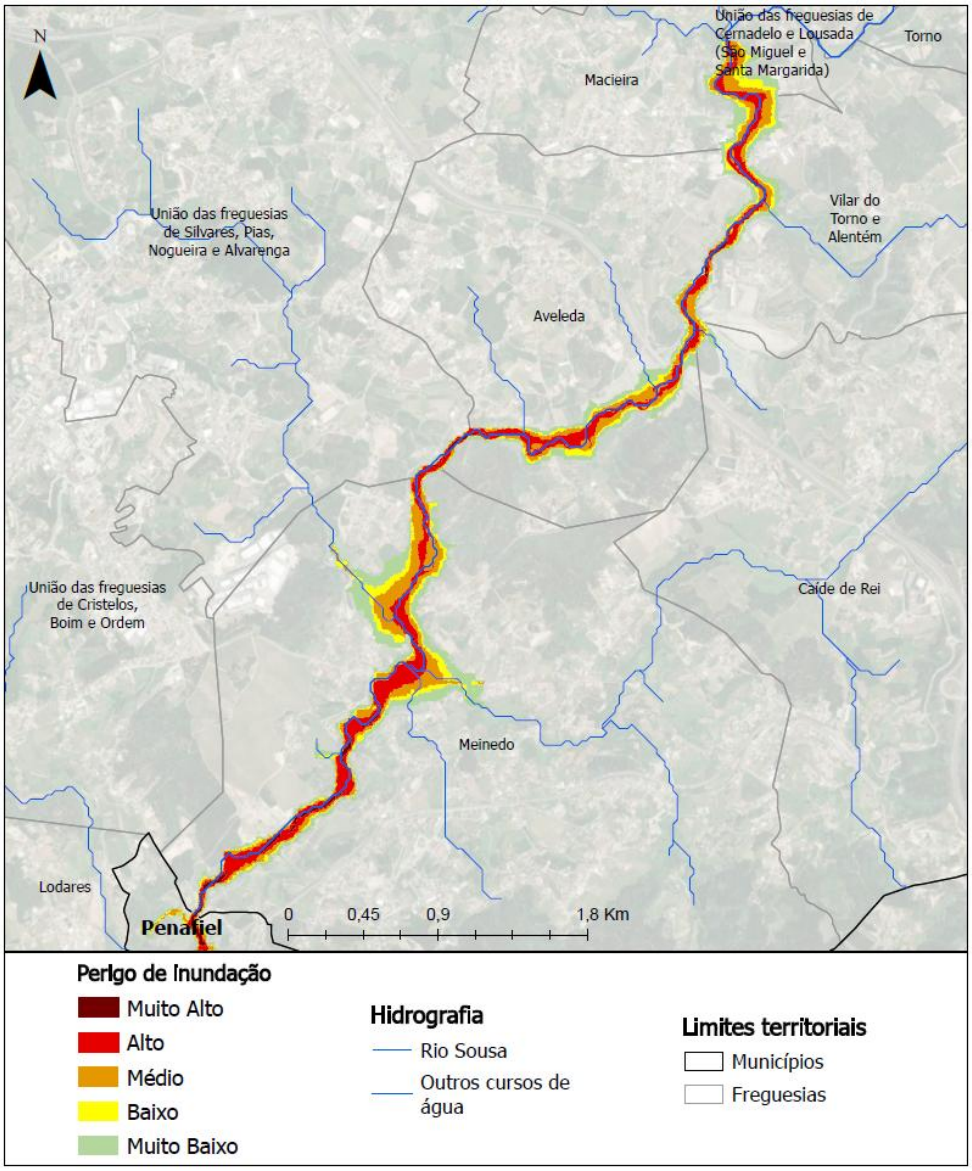


Figura 14 - Níveis de perigo de inundação no rio Sousa, em Lousada.
Fonte: Elaboração própria em MDT 1:10 000 (DGT), SNIRH e COS 2018.

As classes de perigo médio a baixo distribuem-se em faixas laterais ou em cabeceiras de alguns afluentes, onde a cheia prevista apresenta menor profundidade ou velocidade (de $0{,}25 \leq P < 1{,}00$). O padrão espacial confirma que se trata predominantemente de inundações fluviais, resultantes do transbordo do canal principal, em contraste com cheias estritamente pluviais.

3.3. Áreas inundáveis e o património exposto

Para avaliar a exposição das estruturas inventariadas às cheias do rio Sousa, procedeu-se ao cruzamento espacial entre a cartografia de perigo de inundação (período de retorno de 100 anos) e a base de dados geográfica resultante do levantamento de moinhos e pontes.

Numa primeira fase, todas as camadas foram projetadas para o mesmo sistema de coordenadas métricas, garantindo a compatibilidade dos cálculos de distância e área. Em seguida, a camada das áreas inundáveis — composta por polígonos classificados em cinco níveis de perigosidade (muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto) — foi sobreposta à camada das estruturas inventariadas.

Após a elaboração do mapa de perigosidade de inundação (período de retorno de 100 anos), procedeu-se à integração do levantamento de campo dos moinhos e pontes. Os dados recolhidos em trabalho de campo encontravam-se organizados numa folha de cálculo Excel, contendo para cada estrutura a identificação, coordenadas geográficas e atributos de caracterização (*vide* Tabela V).

A tabela Excel foi importada para o *ArcGIS Pro* e convertida em camada de pontos através da ferramenta *XY Table to Point*, utilizando as colunas de latitude e longitude como X e Y. Este processo gerou uma camada vetorial com a localização precisa de cada elemento do património hidráulico. Em seguida, a camada de pontos obtida foi sobreposta à cartografia de perigo de inundação, de forma a identificar-se a classe de perigosidade correspondente a cada estrutura.

O cruzamento espacial entre as estruturas inventariadas e a cartografia de perigo de inundação evidencia que uma parte significativa do património hidráulico se encontra em áreas de risco elevado. A Figura 15 permite visualizar esta distribuição, mostrando que as freguesias de Meinedo e Aveleda correspondem aos setores mais críticos, concentrando um maior número de moinhos e pontes inseridos em áreas classificadas como de perigo alto e muito alto ($P \geq 1{,}00$ totalizando 23 estruturas). Nestes locais, a maior profundidade da água e a velocidade acrescida do

escoamento potenciam danos estruturais severos e aumentam a vulnerabilidade das infraestruturas.

Em contraste, três estruturas situam-se em áreas de perigo médio ou baixo, geralmente nas faixas laterais e nas cabeceiras de pequenos afluentes, onde a energia do escoamento é menor e a profundidade de água menos significativa. Existem ainda casos pontuais de elementos localizados fora da mancha de inundação modelada, que, embora relativamente mais protegidos, não estão totalmente isentos de riscos indiretos, como processos de degradação progressiva por abandono ou por fatores ambientais.

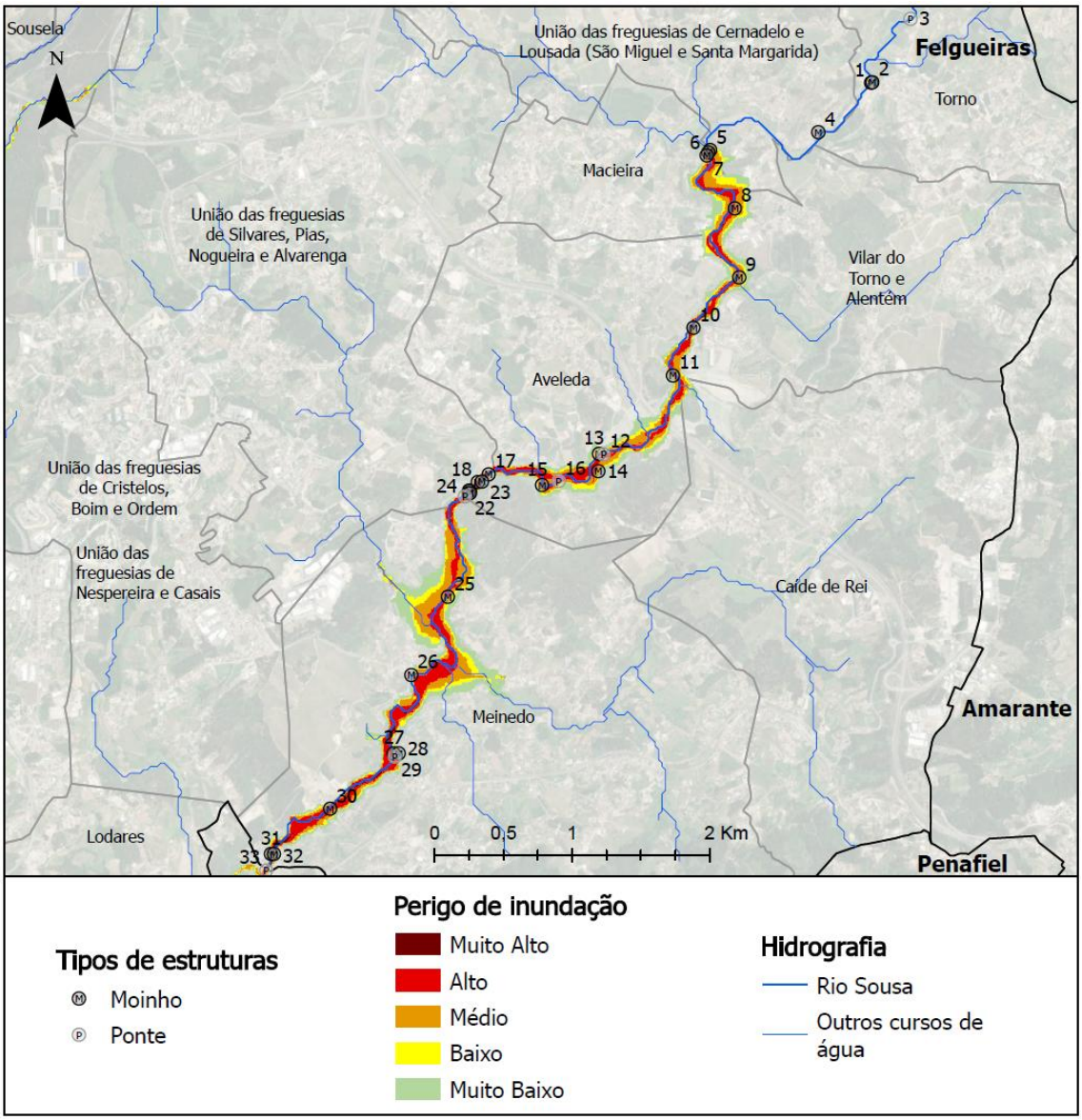


Figura 15 - Cruzamento das áreas inundáveis com as estruturas inventariadas.
Fonte: Elaboração própria.

De seguida, utilizou-se a ferramenta *Intersect* (*ArcGIS Pro*) para identificar, para cada estrutura, a classe de perigosidade em que se insere e, no caso de geometrias poligonais, quantificar a área

efetivamente inundada. Para as estruturas representadas por pontos, aplicou-se um *Spatial Join*, garantindo que cada moinho ou ponte recebesse o atributo da classe de perigo correspondente.

Verificou-se, assim, que a maior parte das estruturas encontram-se em áreas de perigo alto, reunindo um total de 16 estruturas, enquanto um conjunto adicional de estruturas, embora mais reduzido, está classificado com perigo muito alto (n = 7). As classes médio, baixo e muito baixo apresentam valores residuais, evidenciando que poucas estruturas beneficiam de condições de menor risco. Regista-se ainda um pequeno número de elementos fora da área de perigo (n = 5), o que demonstra a variabilidade espacial da vulnerabilidade ao longo do vale do rio Sousa (Figura 16).

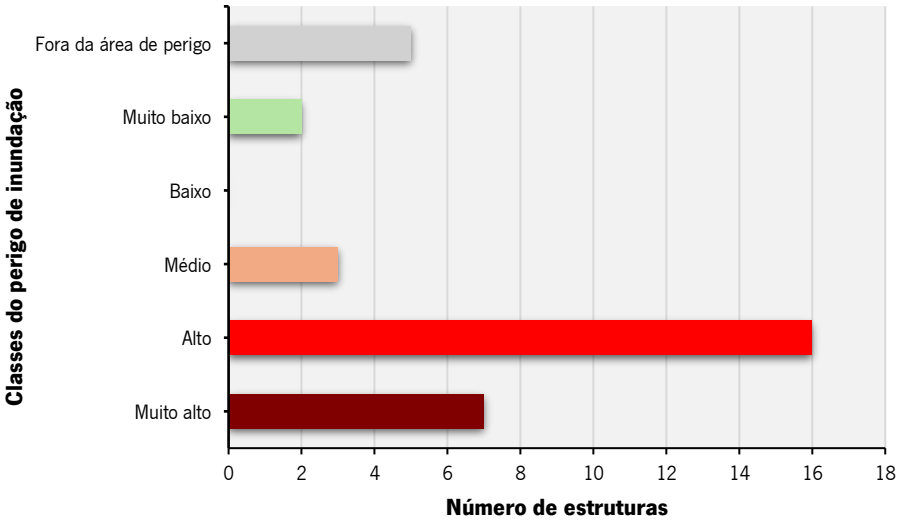


Figura 16 - Estruturas na área de perigo de inundação (em n.º).
Fonte: Elaboração própria.

A análise confirma, de forma quantitativa, o padrão identificado no mapa de sobreposição, demonstrando que uma parcela significativa do património hidráulico se encontra em áreas de maior criticidade, sobretudo nas planícies aluviais junto ao leito principal. Assim, as Figuras 15 e 16 evidenciam que diversos moinhos e pontes se situam em setores com elevado perigo de inundação, coincidentes com as áreas de maior largura da planície aluvial. Esta coincidência reforça a vulnerabilidade do património hidráulico e sustenta a necessidade das medidas de proteção e de gestão do risco propostas no presente estudo, sobretudo quando parte do património se encontra em estado de conservação médio a muito bom.

Com o objetivo de avaliar a relação entre a conservação do património hidráulico e a sua exposição ao risco de inundação, procedeu-se ao cruzamento entre o estado de conservação das estruturas inventariadas (moinhos e pontes) e as classes de perigo de inundação para o período de retorno

de 100 anos. A Tabela X apresenta a distribuição numérica das estruturas segundo estas duas variáveis.

Tabela X - Matriz de correspondência entre o estado de conservação do património inventariado e a perigosidade de inundação.

Estado de conservação	Classes de perigo de inundação						
	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto	Fora da área de perigo	**Total**
Muito bom	0	0	0	2	3	0	5
Bom	0	0	0	3	1	1	5
Razoável	0	0	0	3	1	3	7
Mau	2	0	2	5	0	1	10
Destruído	0	0	1	3	2	0	6
Total	2	0	3	16	7	5	**33**

Fonte: Elaboração própria.

Enquanto a Tabela IX apresenta os valores absolutos do cruzamento entre o estado de conservação e as classes de perigo de inundação, a Figura 17 traduz graficamente essa distribuição, facilitando a perceção dos padrões de sobreposição.

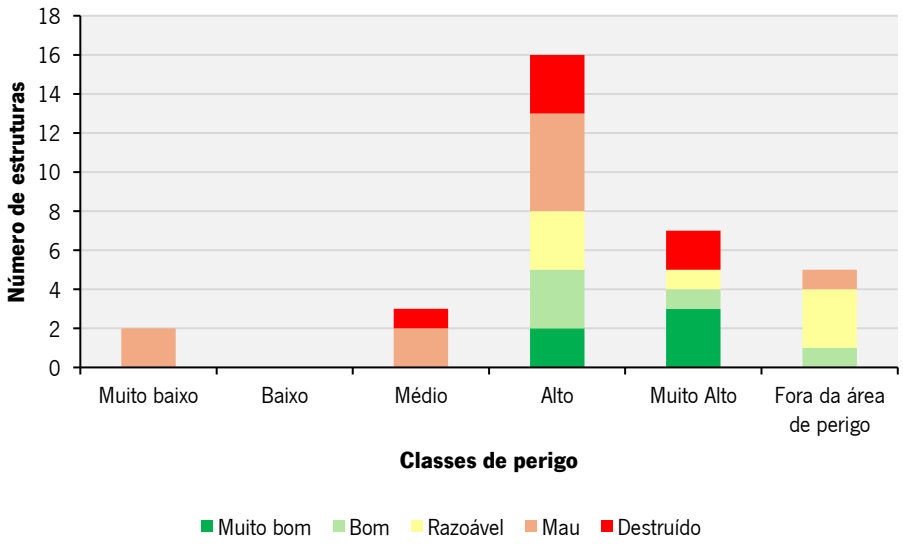


Figura 17 - Distribuição das estruturas inventariadas por estado de conservação e nível de perigosidade de inundação.
Fonte: Elaboração própria.

Os resultados demonstram que muitas das estruturas classificadas em bom e muito bom estado de conservação se encontram localizadas em áreas de perigo elevado e muito elevado, o que revela que um bom estado físico atual não corresponde necessariamente a uma menor exposição ao risco. Verifique-se que das 10 estruturas classificadas com estado de conservação de bom e muito bom, 9 encontram-se dentro da área de perigo de inundação com a classificação de alto e muito alto.

Nestes casos, a preservação resulta sobretudo de intervenções humanas de restauro e manutenção, que têm permitido conservar as estruturas apesar da sua vulnerabilidade face às cheias e às inundações. Paralelamente, verifica-se que as estruturas em mau estado ou destruídas também se concentram nestas classes de maior perigosidade, evidenciando a influência direta das inundações na sua degradação.

Apenas um número residual de elementos se situa em áreas de perigo médio ou baixo, ou fora da mancha inundável, sugerindo que a localização geográfica é o fator determinante na vulnerabilidade global destas estruturas. Esta tendência reforça a necessidade de integrar critérios de risco de inundação nas estratégias de conservação, gestão e valorização do património hidráulico.

Capítulo 4 - Propostas medidas de proteção, sensibilização e divulgação que visem a preservação do património hidráulico

A análise do mapeamento de perigo de inundação, aliado ao levantamento do património hidráulico existente na bacia do Rio Sousa, evidencia a necessidade de estratégias integradas que aliem preservação cultural e gestão do risco. Para responder a este desafio, elaborou-se uma matriz que agrupa medidas de proteção física, ações de sensibilização comunitária e iniciativas de divulgação e valorização. O objetivo é garantir que as estruturas históricas — como moinhos e pontes — possam ser preservadas, mesmo em áreas sujeitas a cheias de elevada perigosidade, contribuindo para a salvaguarda do património e para a segurança da população.

Neste contexto, o município de Lousada tem vindo a implementar diversas medidas de proteção, sensibilização e divulgação que reforçam o compromisso com a preservação do património hidráulico local. Destaca-se o Núcleo Molinológico de Pias, que reúne um conjunto de moinhos tradicionais reabilitados e adaptados a fins educativos e culturais, permitindo valorizar o legado histórico associado ao uso da água e à atividade moageira (Novais, 2021). Paralelamente, é importante destacar outras intervenções no Rio Sousa, como a criação de charcos, como o ilustrado na Figura 18, como forma de renaturalização das margens e criação de áreas de infiltração nas mesmas (Rocha, 2021).



Figura 18 - Intervenção realizada nas margens do Rio Sousa, em Pias, Lousada.
Fonte: Rocha (2021).

Simultaneamente, identificam-se alguns projetos de envolvimento comunitário, como o "Lousada Guarda Rios", que visa promover a monitorização e conservação dos recursos hídricos (Barbosa *et al.*, 2020). A nível regional, a Agência Portuguesa do Ambiente (APA) desenvolve Planos de

Gestão de Riscos de Inundações (PGRI) para reduzir vulnerabilidades e implementar medidas preventivas e corretivas. Estas ações reforçam a resiliência do concelho face a eventos extremos e contribuem para a proteção do território e do património, refletindo uma abordagem integrada que alia gestão sustentável dos recursos hídricos, valorização do património cultural e envolvimento comunitário e a resiliência ambiental do território.

Com base nestas ações e instrumentos já implementados no concelho, revela-se necessário estruturar e consolidar as medidas de proteção e valorização do património hidráulico, assegurando a sua integração nas políticas de ordenamento do território e gestão do risco de inundação. A definição de um conjunto coerente de intervenções permite orientar a atuação municipal segundo princípios de prevenção, resiliência e sustentabilidade, articulando componentes físicas, operacionais e educativas. Neste enquadramento, foi desenvolvida uma matriz de medidas estratégicas que sistematiza propostas de intervenção, sensibilização e planeamento, orientadas para a redução da vulnerabilidade e a valorização do património hidráulico em contextos de risco. A matriz apresentada na Tabela XI sintetiza um conjunto de propostas que combinam intervenções estruturais, educação, participação pública e planeamento territorial. A implementação articulada destas ações poderá permitir mitigar os efeitos das cheias e inundações, reduzir a vulnerabilidade do património hidráulico e fortalecer a consciencialização coletiva acerca do seu valor histórico e ecológico.

Tabela XI - Matriz com propostas de medidas gerais de proteção, sensibilização e divulgação que visem a preservação do património hidráulico.

Âmbito	Objetivo principal	Medidas propostas	Justificação	Prioridade de Intervenção (curto – CP, médio – MP e longo prazo - LP)
Proteção física e gestão do risco	Salvaguardar estruturas e reduzir danos	Reforço estrutural de moinhos e açudes (consolidação de fundações, impermeabilização).	O mapa de perigosidade (Figura 8) mostra troços com risco alto e muito alto, exigindo intervenções diretas para prevenir colapso e perda de bens culturais.	CP
		Criação de zonas-tampão (vegetação ripária) para dissipar energia da cheia.		MP
		Implementação de planos municipais de emergência e rotas de evacuação para património classificado		CP
Sensibilização comunitária	Envolver população local na preservação e na preparação para cheias e inundações	Programas educativos em escolas e associações sobre valor histórico dos moinhos e riscos de inundação.	Reduz vulnerabilidade social e garante monitorização contínua em zonas de perigo, reforçando a consciência do risco.	MP
		Workshops de manutenção preventiva com proprietários e voluntários.		CP – MP
		Criação de brigadas de vigilância e alerta comunitário em época de cheias.		CP
Divulgação e valorização	Dar visibilidade ao património para incentivar conservação e uso sustentável.	Roteiros culturais e ecoturísticos com informação sobre história, engenharia e medidas de proteção.	A visibilidade pública motiva financiamento e apoio político para intervenções, além de integrar a gestão de risco na narrativa cultural.	MP
		Plataforma online interativa com mapas de risco e fichas de cada estrutura.		MP – LP
		Exposições itinerantes e materiais multimédia (vídeos, realidade aumentada) para museus e centros de interpretação.		LP
Planeamento e ordenamento	Integrar o risco de inundação no desenvolvimento territorial	Definição de zonas não edificáveis em faixas de perigo alto/muito alto.	Evita novas pressões urbanas nas planícies de inundação, garantindo a salvaguarda de longo prazo do património hidráulico.	CP
		Incentivos à recuperação adaptativa (ex.: reutilização dos moinhos para fins turísticos ou pedagógicos).		MP - LP

Fonte: Elaboração própria.

A definição da prioridade de intervenção para cada medida resulta da avaliação combinada entre a urgência do risco identificado no mapa de perigosidade, a capacidade de implementação

imediata e o impacte esperado a médio e longo prazo. Assim, no curto prazo (CP) devem concentrar-se os esforços em ações de carácter emergencial e preventivo, como o reforço estrutural de moinhos e açudes, a criação de planos municipais de emergência e a organização de brigadas comunitárias, dado que respondem diretamente às situações de maior perigosidade e risco de perda irreversível do património. Num horizonte de médio prazo (MP), privilegiam-se medidas que exigem maior envolvimento social e adaptação gradual, como programas educativos, oficinas de manutenção e a implementação de zonas-tampão, que consolidam a resiliência ecológica e comunitária. Já no longo prazo (LP), situam-se as estratégias estruturantes de planeamento territorial e valorização cultural — exposições, plataformas digitais ou incentivos à reutilização adaptativa — que, apesar de não terem impacte imediato na redução do risco, asseguram a integração do património hidráulico numa visão sustentável de desenvolvimento e memória coletiva.

As medidas apresentadas na Tabela XII resultam da análise e do trabalho de campo realizado sobre as diferentes estruturas hidráulicas inventariadas, incluindo moinhos, pontes e canais associados. Cada proposta tem como objetivo garantir a preservação, estabilização e valorização patrimonial dos elementos, respeitando as suas características construtivas originais e o enquadramento ambiental.

As recomendações são adaptadas ao estado de conservação e tipologia de cada estrutura, incluindo as ações de manutenção, a limpeza, o reforço estrutural, a proteção das margens e a valorização interpretativa. Pretende-se, assim, orientar futuras intervenções de reabilitação e assegurar uma gestão sustentável do património molinológico e fluvial identificado.

Tabela XII - Medidas específicas para cada estrutura inventariada.

Estruturas e respetivos estados de conservação	Medidas específicas
Moinho das poldras 1	- Monitorização anual da integridade estrutural e do escoamento; - Implementação de barreiras vegetais filtrantes nas margens; - Limpeza da vegetação circundante à estrutura.
Moinho da Ponte 3	
Moinho das poldras 2	- Reconstrução parte das paredes com alvenaria tradicional; - Limpeza do canal de derivação para garantir o bom escoamento da água; - Implementar um sistema de drenagem lateral; - Proteger as fundações com pedras naturais; - Plantação de vegetação que ajude a estabilizar as margens.
Moinho de Barrimau	
Ponte da Veiga	- Realização de inspeção estrutural detalhada; - Limpeza de vegetação invasora nas margens; - Reforço da base dos pilares com argamassas adequadas; - Instalação de barreiras vegetais de contenção de margens.
Moinho Novo (Cernadelo)	- Reabilitação dos elementos estruturais preserváveis (paredes e caleiras); - Reforço das juntas e substituir coberturas degradadas por materiais equivalentes aos originais; - Limpeza da vegetação circundante e no seu interior.
Moinho da Ponte 1	- Reconstrução das bases e muros de contenção, com vista à estabilização do terreno e valorização patrimonial; - Adaptação para espaços interpretativos, com sinalética que explique a antiga função hidráulica.
Moinho da Ponte 2	
Moinho de Ribós	- Realização de manutenção preventiva e limpeza periódica de vegetação e verificação do sistema de derivação de água; - Pode ser introduzida sinalização interpretativa sobre a importância histórica e funcional dos moinhos no contexto local.
Moinho de Penão	
Moinho da Quinta D'Azenha	- Reabilitação das caleiras e da parede lateral com recurso a técnicas de consolidação com cal hidráulica natural; - Remoção controlada de sedimentos; - Realização de pequenas intervenções de estabilização da cobertura e do piso.
Ponte de Cartão	- Inspeção estrutural e verificação das juntas de argamassa; - Reperfilamento das margens com vegetação estabilizadora e o controlo do tráfego sobre a ponte, limitando cargas excessivas.
Moinho de Cartão	- Inspeção estrutural detalhada (muros, fundações e caleira); - Reforço das paredes de alvenaria com argamassa adequada e substituir a madeira danificada por madeira tratada semelhante; - Remoção de sedimentos, criando depois uma vala de proteção para evitar infiltrações nas fundações; - Implementação de manutenção anual e colocar sinalização informativa para integrar em roteiros locais.
Moinho de Requião	- Reconstrução parcial das partes mais importantes com pedra original, se houver informação histórica suficiente; caso contrário, manter a ruína como espaço musealizado com painéis explicativos.
Moinho Novo	
Ponte de Vilela	- Monitorização anual da integridade estrutural; - Limpeza da vegetação circundante.
Moinho do Casal Novo	- Monitorização e manutenção regulares, limpando a vegetação e as caleiras; - Utilização como exemplos em atividades educativas, mostrando a ligação entre o património e os ecossistemas aquáticos; - Utilização como exemplos de boas práticas de conservação no contexto municipal.
Moinho do Meio	

Estruturas e respetivos estados de conservação	Medidas específicas
Moinho do Padrinho	- Consolidação dos paramentos verticais e refeitas as coberturas com materiais locais; - Valorização didática através de sinalética e enquadramento paisagístico; - Colocação de sinalização patrimonial no âmbito do Núcleo Molinológico de Pias e a reutilização dos edifícios como pequenos espaços expositivos ou pontos de observação, valorizando e preservando o seu valor histórico.
Moinho do Maneta	
Moinho do Rio	- Preservação e proteção das fundações e vestígios; - Limpeza de detritos e marcar o perímetro para evitar danos; - Registo da estrutura em inventário e incluí-la em atividades educativas sobre a sua história hidráulica.
Moinho de Pias	- Limpeza regular da vegetação e o controlo da erosão das margens; - Reforçar os muros e melhorar a drenagem através de limpeza dos canais; - Colocação de sinalização patrimonial no âmbito do Núcleo Molinológico de Pias e a reutilização do edifício como pequeno espaço expositivo ou ponto de observação, valorizando e preservando o seu valor histórico.
Moinho do Engenho	
Ponte de Pias	- Limpeza controlada do leito e das margens, removendo vegetação invasora e detritos, sem prejudicar o equilíbrio ecológico; - Inspeção detalhada dos pilares e apoios, verificando fissuras ou erosão. Onde necessário, reforçar as juntas com argamassa adequada e substituir pedras soltas; - Criação de barreiras naturais com plantas ribeirinhas locais para reduzir a erosão; - Instalação de sinalização informativa para valorizar o património e sensibilizar a comunidade para a preservação destas travessias antigas.
Moinho do Covo	- Delimitação da área e o reaproveitamento dos materiais remanescentes em ações de requalificação paisagística; - Possível integração como ponto de interesse histórico inativo.
Moinho Novo	- Reparação das coberturas, reforço das vigas de madeira, repor a caleira e limpeza do canal de derivação; - Proteção das margens com áreas de retenção e vegetação ribeirinha; - Realização de inspeções periódicas e instalação de placas informativas.
Moinho de Casais 1	- Substituição parcial das coberturas e reparação dos muros laterais; - Criação de valas de drenagem para proteger as fundações contra infiltrações; - Inclusão da limpeza da vegetação circundante e do seu interior.
Moinho de Casais 2	
Ponte de Casais	- Revisão estrutural; - Reforço das juntas de alvenaria; - Plantação de vegetação local nas margens para estabilizar o solo.
Moinho do Reguengo	- Limpeza periódica, revisão das caleiras e controlo da vegetação; - Substituição da cobertura e a madeira danificada por madeira tratada semelhante.
Moinho de Espindo 1	- Monitorização anual da integridade estrutural e do escoamento; - Implementação de barreiras vegetais filtrantes nas margens; - Limpeza da vegetação circundante à estrutura.
Moinho de Espindo 2	
Ponte de Espindo	- Inspeção periódica pós-cheias e valorização turística e educativa, com informação sobre a engenharia tradicional e a relação histórica com o sistema de moinhos adjacente.

Fonte: Elaboração própria, com base no trabalho de campo e análise de investigação realizada por modelação hidráulica.

Desta forma, a preservação destes bens não depende apenas de obras de engenharia, mas também do envolvimento da comunidade local e do reconhecimento institucional da importância cultural e paisagística do Rio Sousa e dos seus afluentes.

Considerações finais

O último capítulo desta dissertação apresenta o balanço global do trabalho desenvolvido, procurando consolidar os principais contributos alcançados e enquadrá-los no contexto científico e territorial em que se inserem. Numa primeira fase, foram expostas as conclusões mais relevantes, destacando os resultados concretos obtidos ao longo da investigação e a sua relevância para a compreensão da vulnerabilidade do património hidráulico face às dinâmicas hidrológicas e climáticas. Seguidamente, foram identificados os principais pontos fortes do estudo, nomeadamente a originalidade da abordagem que articula património e risco, o contributo metodológico para futuras análises locais e o valor do inventário produzido como base de referência para a gestão territorial. Posteriormente, procedeu-se à identificação das principais limitações do estudo, resultantes tanto de condicionantes metodológicas como da disponibilidade de informação, reconhecendo os aspetos que poderão influenciar a interpretação dos resultados. Por fim, apresentam-se os trabalhos futuros que poderão dar continuidade a esta investigação, propondo linhas de aprofundamento que contribuam para reforçar a preservação e valorização do património hidráulico em contextos de risco e de alterações climáticas.

A investigação realizada confirma que as inundações constituem um dos perigos naturais mais relevantes para o património cultural e hidráulico do rio Sousa, sendo este risco acentuado pelo atual contexto de alterações climáticas. A modelação hidrológica demonstrou que extensas áreas da planície aluvial apresentam níveis de perigosidade elevados, o que coincide com a localização histórica de moinhos, pontes e outras infraestruturas tradicionais, elementos que, pela sua própria função e implantação, se encontram intimamente ligados ao curso de água.

O levantamento de campo evidenciou que grande parte das estruturas apresenta sinais claros de degradação, seja pela ausência de água que inviabiliza a sua utilização, pelo crescimento descontrolado de vegetação, pela acumulação de sedimentos ou, em alguns casos, pelos impactes diretos de cheias e inundações passadas. A falta de manutenção surge como fator transversal, potenciando a ação dos restantes agentes de deterioração.

Os resultados demonstram que o perigo de inundação, quando conjugado com a exposição elevada destas estruturas e a sua vulnerabilidade física, produz um risco efetivo de perda patrimonial. Esta condição é reforçada pelos efeitos das alterações climáticas, que tendem a aumentar a intensidade e a frequência dos eventos climáticos extremos, potenciando cheias repentinas e períodos de precipitação concentrada. Tais mudanças climáticas não só ampliam a

ameaça imediata de destruição física, como também dificultam a implementação de planos de conservação baseados em regimes hidrológicos passados.

Os resultados obtidos ao longo desta investigação permitem destacar alguns pontos concretos e relevantes. O levantamento realizado identificou 33 estruturas de património hidráulico no concelho de Lousada, essencialmente moinhos e pontes, cuja análise revelou uma predominância de estados de conservação frágeis, associados à falta de manutenção, ao crescimento da vegetação e à pressão exercida pelas cheias. Verificou-se que mais de metade destas estruturas se encontram inseridas em áreas de perigo elevado ou muito elevado, concentrando-se sobretudo nas freguesias de Meinedo e Aveleda, coincidindo com setores de planície aluvial mais expostos. Um dado particularmente significativo foi a constatação de que, embora algumas estruturas em bom e muito bom estado se localizem em áreas críticas, essa preservação resulta de intervenções humanas de restauro e não de uma menor exposição ao risco. Paralelamente, as projeções climáticas apontam para um aumento da temperatura média entre +2,5°C (SSP2-4.5) e +4,5°C até final do século, em comparação com o valor histórico de cerca de 14°C, e para uma redução da precipitação anual entre 35 mm/ano e 125 mm/ano, face ao histórico de aproximadamente 1095 mm/ano. Esta diminuição média, conjugada com uma maior irregularidade e concentração dos episódios de chuva, traduz-se num acréscimo da probabilidade de cheias súbitas e intensas. Em conjunto, estes resultados evidenciam a vulnerabilidade do património hidráulico às dinâmicas hidrológicas e climáticas, reforçando a urgência de integrar critérios de risco e adaptação às alterações climáticas nas estratégias de gestão e conservação deste legado cultural.

Perante este quadro, torna-se imperativo adotar políticas integradas de adaptação e mitigação, que aliem a gestão do risco de inundação ao planeamento urbano e rural, garantindo a preservação do património cultural e a segurança das populações. Entre as medidas prioritárias destacam-se:

- a manutenção regular das estruturas e do leito fluvial;
- o controlo da vegetação ripária invasora;
- a implementação de áreas de proteção e faixas de inundação controlada;
- a promoção de programas de educação e sensibilização comunitária;
- a valorização turística e cultural dos moinhos e pontes para gerar recursos que sustentem a sua conservação.

Proteger o património hidráulico do rio Sousa significa preservar a memória histórica e a identidade cultural de Lousada, enquanto se reforça a resiliência da comunidade local perante os desafios futuros impostos pelas cheias e pelas alterações climáticas. Esta dissertação faculta, assim, base científica e cartográfica para apoiar a gestão do risco de inundação e a preservação do património, articulando o conhecimento climático mais recente com a realidade local de Lousada e da bacia do rio Sousa.

Este trabalho representa um contributo pioneiro na análise integrada entre o património hidráulico e o perigo de inundação no concelho de Lousada, uma abordagem que, até ao momento, não havia sido desenvolvida de forma sistemática. A articulação entre a vertente cultural e a vertente ambiental permitiu identificar vulnerabilidades comuns e propor soluções conjuntas que valorizam o território de forma sustentável. Destaca-se igualmente a realização de um inventário detalhado das estruturas hidráulicas, acompanhado por registo fotográfico, localização geográfica e avaliação do estado de conservação, o que constitui uma base de informação inédita a nível municipal. Esta base poderá servir de apoio à gestão do património local e ao planeamento de medidas de proteção e valorização futura. Outro aspeto relevante prende-se com a elaboração da matriz de medidas de mitigação e valorização, que conjuga ações estruturais, de sensibilização e de divulgação. Este instrumento parece constituir uma ferramenta prática de apoio à decisão para as entidades locais, permitindo orientar intervenções que conciliem a preservação cultural com a redução dos riscos associados às cheias e inundações.

A investigação contribui para sensibilizar a comunidade e as instituições para a importância de integrar o património cultural nas estratégias de adaptação climática, evidenciando que a proteção do património não é apenas uma questão histórica, mas também uma componente essencial da resiliência territorial.

Apesar dos contributos alcançados, esta investigação apresenta algumas limitações que importa salientar. Desde logo, a escala espacial da análise, restrita ao concelho de Lousada e à bacia do Rio Sousa, não permite generalizações automáticas para outros territórios com dinâmicas hidrológicas distintas.

Acresce ainda que a disponibilidade e o detalhe da informação condicionaram a investigação: a avaliação do estado de conservação das estruturas baseou-se em observação direta e registos fotográficos, o que pode introduzir alguma subjetividade, apesar da construção e validação das fichas de trabalho de campo; por outro lado, a ausência de séries meteorológicas locais longas e

contínuas obrigou à utilização de projeções climáticas regionais, sempre associadas a margens de incerteza.

O inventário realizado constitui igualmente uma fotografia de momento, carecendo de atualizações periódicas para acompanhar processos de degradação, intervenções de restauro ou alterações no uso do solo envolvente.

Além disso, verificou-se uma notória escassez de dados e estudos específicos sobre cheias e inundações no município de Lousada, tanto no que respeita à sua frequência e magnitude histórica, como à cartografia detalhada das áreas afetadas. A inexistência de registos sistemáticos e de documentação técnica acessível dificultou a caracterização precisa da perigosidade local no passado e a correlação direta entre episódios de inundação e danos observados no património hidráulico.

Por fim, os fatores de ordem socioeconómica como os custos das medidas propostas ou o grau de envolvimento efetivo das comunidades locais não foram aprofundados, o que limita a aplicabilidade imediata das estratégias delineadas.

As limitações mencionadas abrem caminho a futuras investigações que poderão alargar e consolidar o conhecimento produzido. Entre as linhas de estudo recomendadas, destaca-se o alargamento da metodologia a outras bacias hidrográficas da região Norte, de forma a obter uma perspetiva comparativa e regional.

Também se sugere a criação de programas de monitorização de longo prazo, que articulem o acompanhamento do estado de conservação com sistemas de alerta de cheias, reforçando a prevenção.

O aprofundamento socioeconómico das medidas propostas, através de análises custo-benefício, poderá reforçar a sua aplicabilidade real, enquanto métodos participativos que envolvam diretamente as populações locais podem ser uma mais-valia. A título de exemplo, podem ser criadas plataformas digitais ou brigadas comunitárias para recolher e partilhar informação sobre o estado de conservação das estruturas e a ocorrência de cheias, permitindo articular o conhecimento técnico-científico com o saber local.

Finalmente, será relevante explorar com maior detalhe o efeito de eventos climáticos extremos, como precipitações intensas ou ondas de calor, e a sua interação com a vulnerabilidade do património e dos ecossistemas ribeirinhos.

Referências bibliográficas

Aguiar, E., Pereira, G., Santos, R., Souza, T. & Silva, V. (2024). *Análise dos impactos das mudanças climáticas na infraestrutura urbana*. Revista FT, 28 (136). https://revistaft.com.br/analise-dos-impactos-das-mudancas-climaticas-na-infraestrutura-urbana/ [Retirado em dezembro de 2024].

Alem, L. (2021). *Cultura e clima – Parte I: Como as mudanças climáticas afetam a cultura?* Instituto de Direito, Economia Criativa e Artes (DEA). https://institutodea.com/artigo/cultura-e-clima-parte-i-como-as-mudancas-climaticas-afetam-cultura/ [Retirado em dezembro de 2024].

Almeida, A. (2010). *Risco e gestão do risco - Questões filosóficas subjacentes ao modelo técnico conceptual*. In II Congresso Internacional. VI Encontro Nacional, Coimbra. https://www.riscos.pt/wp-content/uploads/2018/Encontros/IICIRVIENR/Aprst/IICIR_VIENR_ppt08.pdf [Retirado em dezembro de 2024].

Almeida, B. (2006). *Prevenção contra cheias naturais – Tendências e Estratégias no contexto de uma Gestão do Risco*. Comunicação apresentada no *Congresso da Ordem dos Engenheiros*, Açores.

Alonso, J., Guerra, C., Martins, I., Arnaud-Fassetta, G., Marques, A. & Costa, F. (2014). *Risco de cheia e inundação: exposição e adaptação na área ribeirinha de Ponte de Lima. Territorium* 21, 33 - 48. https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/33625/1/T21_artg04.pdf

ANEPC (2016). *Documento de apoio a boas práticas de Gestão do Risco de Inundação.* Autoridade Nacional De Emergência e Proteção Civil. https://prociv.gov.pt/media/qjvhiohv/gestão-do-risco-de-inundação_documento_apoio_boas_praticas.pdf

ANEPC (2023). *Riscos Naturais*. Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil. https://prociv.gov.pt/pt/prevencao-e-preparacao/avaliacao-de-riscos/riscos-naturais/ [Retirado em dezembro de 2024].

ANPC (2009). *Glossário de Proteção Civil*. Autoridade Nacional de Proteção Civil. https://protecaocivil.wordpress.com/anpc1/glossario-de-proteccao-civil-anpc/

APA (2014). *Rede de estações hidrométricas (SNIRH): WMS.* - Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. https://inspire-geoportal.ec.europa.eu/srv/api/records/5A47AC4D-1512-4A55-97B9-90BB604C5206

APA (2018). *Avaliação preliminar dos riscos de inundações RH1 - Minho e Lima*. In *Plano de Gestão dos Riscos de Inundações*, 17. Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. https://sniambgeoviewer.apambiente.pt/GeoDocs/geoportaldocs/_Agua/DRH/PlaneamentoOrdenamento/PGRI/2022-2027/1_fase/RH1_ARPI_Final.pdf

APA (2019). *Avaliação preliminar dos riscos de inundações RH3 – Douro.* In *Plano de Gestão dos Riscos de Inundações*. Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. https://apambiente.pt/sites/default/files/_SNIAMB_Agua/DRH/PlaneamentoOrdenamento/PGRI/2022-2027/1_fase/RH3_ARPI_Final.pdf

APA (2020). *Cartas de Zonas Inundáveis de Riscos de Inundações da RH3 – Douro*. In *Plano de Gestão dos Riscos de Inundações 2022/2027 (2ª Fase)*. Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. https://apambiente.pt/sites/default/files/_Agua/DRH/ParticipacaoPublica/PGRI/2022-2027/2_Fase/PGRI_2_RH3_Relatorio_Cartografia.pdf

APA (2021). *Inundações – Prevenção e Gestão de Riscos*. Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. [Retirado em dezembro de 2024]. https://apambiente.pt/prevencao-e-gestao-de-riscos/inundacoes

APA (2023). *Plano de Gestão dos Riscos de Inundações da RH3 – Douro*. 2º Ciclo de Planeamento (3ª Fase). Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. https://apambiente.pt/sites/default/files/_SNIAMB_Agua/DRH/PlaneamentoOrdenamento/PGRI/2022-2027/3_fase/RH3/PGRI_RH3.pdf

APA (2024). *Clima*. Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. https://apambiente.pt/clima [Retirado em dezembro de 2024].

APA (2024). *Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos – SNIRH.* Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. *https://apambiente.pt/agua/sistema-nacional-de-informacao-de-recursos-hidricos-snirh* [Retirado em dezembro de 2024]

APA (2025). *Carta de zonas inundáveis – Portugal continental – Limite da área de inundação* [Conjunto de dados]. In dados.gov.pt. Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. https://dados.gov.pt/pt/datasets/carta-de-zonas-inundaveis-portugal-continental-limite-da-area-de-inundacao/

APA (2025). *Organizações – Câmara Municipal de Lousada*. Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. https://enea.apambiente.pt/content/c%C3%A2mara-municipal-de-lousada?language=pt-pt [Retirado em setembro de 2025].

APA (2025). *Rede de estações hidrométricas (SNIRH).* [Conjunto de dados]. In dados.gov.pt. https://dados.gov.pt/pt/datasets/rede-de-estacoes-hidrometricas-snirh/

Aven, T. (2012). *The risk concept—historical and recent development trends*. Reliability Engineering & System Safety, vol. 99, 33–44. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0951832011002584?via%3Dihub

Barbosa, D., Nunes, M. & Matos, M. (2020). *Lousada Guarda Rios: a cidadania ativa na proteção dos recursos naturais*. Revista de Ambiente e Sociedade, 4, 22-47. https://www.researchgate.net/publication/368254576_Lousada_Guarda_RIOS_a_cidadania_ativa_na_protecao_dos_recursos_naturais

Barros, M. (2001). Norte e Centro outra vez debaixo de água. In *Público*. https://www.publico.pt/2001/01/27/jornal/norte-e-centro-outra-vez-debaixo-de-agua-154107 [Retirado em março de 2025].

Blanco, A., Bustamante, I., & Pascual-Aguilar, J. A. (2019). *Using old cartography for the inventory of a forgotten heritage: The hydraulic heritage of the community of Madrid*. Science of The Total Environment, 665, 314-328. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719306217#ab0015

Borges, N. S. (2013). *Gestão do Risco de Inundações Urbanas* [Tese de Mestrado, Universidade de Coimbra]. Repositório científico da Universidade de Coimbra. https://estudogeral.uc.pt/bitstream/10316/34927/1/Gestao%20do%20Risco%20de%20Inundacoes%20Urbanas.pdf

Campos J. (2024). *As alterações climáticas estão a tornar a precipitação mais irregular.* In Tempo.pt. https://www.tempo.pt/noticias/actualidade/as-alteracoes-climaticas-estao-a-tornar-a-precipitacao-mais-irregular-clima.html [Retirado em janeiro de 2025].

Caramez, R & Porciuncula, B. (2020). *Relatório de vistoria das inundações em 2020*. SOMAR - Sociedade Mineradora LTDA, 2. https://somarmineradora.com.br/wp-content/uploads/2021/03/Relatório-de-Vistoria-Enchentes-SOMAR-2020.pdf

Carvalho, C. (2025). *Município de Lousada – Descrição*. Dados.gov. https://dados.gov.pt/pt/organizations/municipio-de-lousada/#/presentation [Retirado em setembro de 2025].

Carvalho, D. (2024). *High-resolution surface temperature changes for Portugal under CMIP6 future climate scenarios*. Scientific Reports 14, 17209. https://www.nature.com/articles/s41598-024-67996-6

CERU (2024). *Riscos Urbanos – Riscos de cheias e inundações*. Centro Europeu de Riscos Urbanos. https://riscosurbanos.pt/riscos-de-cheias-inundacoes/ [Retirado em janeiro de 2025].

CESE (2024). *Mudanças climáticas: causas, impactos e soluções*. Coordenadoria Ecumênica de Serviço. https://www.cese.org.br/blog/mudancas-climaticas-causas-impactos-e-solucoes/ [Retirado em janeiro de 2025].

CML (2012). *Plano Diretor Municipal (PDM)*. Câmara Municipal de Lousada. https://www.cm-lousada.pt/pages/844?folders_list_71_folder_id=198

CML (2020). *Plano Municipal de Emergência e Proteção Civil do Município de Lousada*. Câmara Municipal de Lousada. https://www.cm-lousada.pt/pages/838?folders_list_21_folder_id=861

CML (s.d.). *História*. Câmara Municipal de Lousada. https://www.cm-lousada.pt/pages/657 [Retirado em janeiro de 2025].

CMO (s.d.). *Riscos e medidas de autoproteção*. Câmara Municipal de Odivelas. https://www.cm-odivelas.pt/areas-de-intervencao/protecao-civil/riscos-e-medidas-de-autoprotecao#faq-0 [Retirado em janeiro de 2025].

Comissão Europeia (2025). *Copernicus Climate Change Service (C3S).* European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. https://climate.copernicus.eu/ [Retirado em janeiro de 2025].

Comissão Europeia (2025). *Copernicus Climate Change Service (C3S).* European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. https://climate.copernicus.eu/

Comissão Europeia (s.d.). *Causas das alterações climáticas*. Direção geral da Ação climática. https://climate.ec.europa.eu/climate-change/causes-climate-change_pt [Retirado em janeiro de 2025].

Comissão Europeia (s.d.). Consequências das alterações climáticas. Direção geral da Ação Climáticas. https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change_pt [Retirado em janeiro de 2025].

Conselho da União Europeia (2022). *Resolução do Conselho sobre o plano de trabalho da UE para a cultura 2023-2026* (7 de dezembro de 2022/C 466/01). Jornal Oficial da União Europeia. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/ALL/?uri=CELEX:32022G1207(01) [Retirado em fevereiro de 2025].

Costa, F. (2020). *Risco de inundação e suas manifestações*. In *Catástrofes naturais - uma abordagem global*, 70-109. https://ap1.sib.uc.pt/handle/10316.2/47874

Costa, F., Cordeiro, J., Vieira, A. & Silva, C. (2015). *Roteiro metodológico para o estudo dos moinhos e aproveitamentos hidráulicos no concelho de Lousada*. *OPPIDUM*, VIII. https://repositorium.uminho.pt/server/api/core/bitstreams/5d985353-f0b7-494b-93dd-df0df59fa25e/content

Costa, P. (1986). *As cheias rápidas de 1967 e 1983 na região de Lisboa*. In *Estudos de homenagem a Mariano Feio*, 601-616.

Cruz, J., Belo-Pereira, M., Fonseca, A., & Santos, J. (2024). *Estudos sobre Precipitação Forte em Portugal: Uma Revisão Sistemática*. *Climate*, *12* (10), 163. https://www.mdpi.com/2225-1154/12/10/163

Dahlman, R. (2025). *Climate Change: Global Temperature*. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature [Retirado em agosto de 2025].

Decreto-Lei n.º 115/2010 do Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território (2010). Diário da República n.º 206/2010 – série I de 22-10-2010. https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/115-2010-307873

Decreto-Lei nº321/83 do Ministério da Qualidade de Vida. Diário da República nº152/1983 – série I de 5-07-1983. https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/321-1983-452965

Decreto-Lei nº75/2007 do Ministério da Administração Interna. Diário da República nº63/2007 – série I de 29-03-2007. https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/75-2007-520461

DGT (2018). *Carta de Uso e Ocupação do Solo (COS)*. Direção-Geral do Território. https://www.dgterritorio.gov.pt/Carta-de-Uso-e-Ocupacao-do-Solo-para-2018

DGT (2023). *Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP)*. Direção-Geral do Território. https://www.dgterritorio.gov.pt/cartografia/cartografia-tematica/caop#2023

DRCN (2023). *Património cultural*. Direção Regional de Cultura do Norte. https://arquivo.pt/wayback/20240828123457/https://culturanorte.gov.pt/areas-de-intervencao/patrimonio-cultural/ [Retirado em fevereiro de 2025].

Earth System Grid Federation (2025). *Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6)*. In Lawrence Livermore National Laboratory. https://esgf-node.llnl.gov/projects/cmip6/

EFSA (2023). *Perigo – risco*. Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos. https://www.efsa.europa.eu/pt/campaigns/hazard-vs-risk [Retirado em janeiro de 2025]

Faugeres, L. (1990). *La dimension des faits et la théorie du risque.* Le Risque et la Crise, European Coordination Centre for Research and Documentation in Social Sciences, Malta: Foundation for International Studies, 31-60.

Fernandez, P., Mourato, S., Gonçalves, G., Pereira, L. & Moreira, M. (2012) - *Avaliação do risco de inundação numa zona urbana: aplicação ao Rio Febros*. In LOURENÇO, L.; BELO, J.M. (eds.) - Encontro Nacional de Riscos, 7 / Fórum de Riscos e Segurança, 1. Aveiro: FEDRAVE / Mare *Liberum*. 46. http://hdl.handle.net/10400.11/1415

Ferreira, I., Bento-Gonçalves, A., & Vieira, A. (2022). *O risco hidrológico no município de Braga: contributo para a sua cartografia*. In L. Lourenço & A. Nunes (Eds.), *Risco de Cheias e Risco de Inundações Fluviais. Aprender com o Passado*, 169–196. Riscos - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança. https://repositorium.uminho.pt/entities/publication/12bbb773-11e5-478f-9164-a98d6542eb83

Ferreira, J. (2016). *Sistema de Previsão e Alerta de Cheias e Inundações para as bacias dos rios Selho e Este* [Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho]. Repositório da Universidade do Minho. https://repositorium.uminho.pt/server/api/core/bitstreams/01eef74b-cf87-445a-a3df-812e4e6a7145/content

Ferro, A., Castanheira, A., Santos, A., Lopes, C., Blotinha, F., Silva, M. S., Almeida, M., Machado, R. & Pinto, V. B. (2018). *Dicionário do desenvolvimento*. Fundação Cidade de Lisboa, 9. https://ddesenvolvimento.com/wp-content/uploads/2019/01/Dicionário_do_Desenvolvimento.pdf

Florestas.pt (2020). *Quais as principais causas das alterações climáticas?* https://florestas.pt/saiba-mais/principais-causas-das-alteracoes-climaticas/ [Retirado em janeiro de 2025].

Glaus, A., Mosimann, M., Röthlisberger, V. & Ingold, K. (2020). *How flood risks shape policies: flood exposure and risk perception in Swiss municipalities*. Regional Environmental Change. 20. 120.https://www.researchgate.net/publication/345353024_How_flood_risks_shape_policies_flood_exposure_and_risk_perception_in_Swiss_municipalities

Harmuch, C. (2009). *Uma abordagem para a determinação do grau de exposição a riscos em portfolio de projetos* [Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo]. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da Universidade de São Paulo. https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3135/tde-19112010-094429/publico/Dissertacao_Claudia_Tuma_Harmuch.pdf

ICOMOS (2022). *Mudanças climáticas e património cultural*. Conselho Internacional de Monumentos e Sítios. https://www.icomos.org.br/single-post/mudan%C3%A7as-clim%C3%A1ticas-e-patrim%C3%B4nio-cultural [Retirado em janeiro de 2025].

INBEC (s.d.). *Impactos das mudanças climáticas no restauro do património*. Instituto Brasileiro de Educação Continuada. https://inbec.com.br/blog/impactos-mudancas-climaticas-restauro-patrimonio [Retirado em janeiro de 2025].

INE (2007). *População residente (N.º) por Local de residência (à data dos Censos 2001)*. Recenseamento da população e habitação - séries históricas. Instituto Nacional de Estatística, Portugal. https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0000972&contexto=bd&selTab=tab2

INE (2012). *População residente (N.º) por Local de residência, Sexo e Grupo etário (Por ciclos de vida)*. Recenseamento da população e habitação - Censos 2011. Instituto Nacional de Estatística, Portugal. https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0006729&contexto=bd&selTab=tab2

INE (2024). *População residente (N.º) por Local de residência à data dos Censos [2021] (NUTS - 2024), Sexo e Grupo etário (Por ciclos de vida)*. Recenseamento da população e habitação - Censos 2021. https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0012276&contexto=bd&selTab=tab2

IPCC (2022). *Global warming of 15°C*. An Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/D7455D42B4C820E706A03A169B1893FA/9781009157957AR.pdf/Global_Warming_of_1_5_C.pdf?event-type=FTLA [Retirado em janeiro de 2025].

IPMA (2025). *Dados meteorológicos: precipitação e temperatura – estações nacionais*. Instituto Português do Mar e da Atmosfera. https://www.ipma.pt/pt/dados/

Jesus, D. (2024). *Possibilidades para pensar sobre patrimônio em meio a mudanças climáticas*. In Museu da Imigração. https://museudaimigracao.org.br/blog/migracoes-em-debate/possibilidades-para-pensar-sobre-patrimonio-em-meio-a-mudancas-climaticas [Retirado em janeiro de 2025]

Lei nº 98/2021 da Assembleia da República. Diário da República n.º 253/2010 – série I de 31-12-2021. https://files.dre.pt/1s/2021/12/25300/0000500032.pdf

Lei nº107/2001 da Assembleia da República. Diário da República n.º 209/2001 – série I - A de 08-09-2001. Assembleia da República. https://files.diariodarepublica.pt/1s/2001/09/209a00/58085829.pdf

LGA (s.d.). *Flood risk and flood risk management*. Local Government Association. https://www.local.gov.uk/topics/severe-weather/flooding/flood-and-coastal-erosion-risk-management/flood-risk-and-flood-risk [Retirado em fevereiro de 2025].

Lopes, H. (2023). *O sistema climático e ciclo de carbono*. Mudanças climáticas e Proteção Civil. PowerPoint. https://elearning.uminho.pt/bbcswebdav/pid-1322893-dt-content-rid-6699670_1/courses/2223.I106O1_2/Aula%203_MC_PC_final.pdf

Lourenço, L. (2003). *Risco, perigo e crise. Trilogia de base na definição de um modelo conceptual – operacional.* VI. https://www.uc.pt/fluc/nicif/Publicacoes/livros/dialogos/Artg06.pdf

Lourenco, L., & Amaro, A. (2018). *Riscos e Crises: da teoria a plena manifestação*. In Coimbra University Press, VI, 523.

Mandych, A. F. (2010). *Natural disasters – Classification of Floods*. Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), II, 1-8. https://www.eolss.net/sample-chapters/c01/E4-06-02-05.pdf

Miranda, J. (2023). *Contribuição para o conhecimento hidrogeológico da Montanha da Penha (Guimarães, Norte de Portugal)* [Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho]. Repositório da Universidade do Minho. https://repositorium.uminho.pt/entities/publication/6919d8fe-3e1b-4fb5-867d-be5ba84306cb

Moreira, R. (2016). *Chuva e vento provocaram estragos por toda a região*. In Verdadeiro Olhar. https://www.verdadeiroolhar.pt/chuva-e-vento-provocaram-estragos-por-toda-a-regiao/ [Retirado em janeiro de 2025].

Nações Unidas (1992). *United Nations Framework Convention on Climate Change*. Nova Iorque. https://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf

Nunes, M. & Lemos, P. (2011). *Moinhos do rio Sousa no concelho de Lousada*. Revista Municipal, nº92. https://www.paroquiadecaidederei.com/documentos/Suplemento%20de%20Arqueologia_Dezembro%202011_Meinedo%20e%20Caide_Moinhos-do-rio-sousa-no-concelho-de-lousada.pdf

Nunes, M. & Lemos, P. (2013). *Projeto MUNHOS: inventário das moagens tradicionais dos rios Sousa e Mezio no concelho de Lousada*. OPPIDUM VI. https://www.cm-lousada.pt/cmlousada/uploads/document/file/2004/2118_original.pdf

Nunes, M. & Lemos, P. (2016). *Projeto MUNHOS: síntese dos resultados finais do inventário das moagens hidráulicas tradicionais do concelho de Lousada*. OPPIDUM, VIII. https://www.researchgate.net/publication/368241799_Projeto_MUNHOS_sintese_dos_resultados_finais_do_inventario_das_moagens_hidraulicas_tradicionais_do_concelho_de_Lousada

Nunes, M. & Lemos, P. (2017). *Inventário, caraterização e estudos dos grafitos identificados nos moinhos de água do concelho de Lousada (Projeto MUNHOS).* OPPIDUM *X*. https://www.researchgate.net/publication/368240520_Projeto_MUNHOS_inventario_das_moagens_tradicionais_dos_rios_Sousa_e_Mezio_no_concelho_de_Lousada

Nunes, M., Novais, H., Vieira, A., Costa, F., Cordeiro, J., Cardoso, C., Lemos, P. & Matos, R.B., (2021). *Moinhos de água – Paisagem, Território e Património.* 1ª ed. Câmara Municipal de Lousada.

OMS (2024). *Openstreetmap Portugal continental e Madeira: Water bodies*. Open Street Map. https://www.naturalgis.pt/geocatalogo_registo.html?gid=127

ONU (2025). *Causas e efeitos das mudanças climáticas*. Organização das Nações Unidas https://www.un.org/pt/climatechange/science/causes-effects-climate-change [Retirado em agosto de 2025].

Parlamento Europeu (2018). *As medidas da EU contra as alterações climáticas*. https://www.europarl.europa.eu/topics/pt/article/20180703STO07129/medidas-da-ue-contra-as-alteracoes-climaticas [Retirado em agosto de 2025].

Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia (2007). *Diretiva 2007/60/CE relativa à avaliação e gestão dos riscos de inundações de 23-10-2007*. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32007L0060

Pereira, S., Carvalho, D., & Rocha, A. (2021). *Extremos de Temperatura e Precipitação na Península Ibérica em Cenários de Mudanças Climáticas: Uma Revisão*. *Climate*, 9 (9), 139. https://www.mdpi.com/2225-1154/9/9/139

Pinheiro, C. (2017). *Assessment of the Ecological Quality of Sousa River* [Dissertação de Mestrado, Universidade do Porto]. Repositório Aberto da Universidade do Porto. https://hdl.handle.net/10216/111451

Pinto, F. (2017). *Mau tempo causou estragos em Lousada, Paços de Ferreira, Paredes, Penafiel e Valongo*. In Verdadeiro Olhar. https://www.verdadeiroolhar.pt/mau-tempo-causou-estragos-em-lousada-pacos-de-ferreira-paredes-penafiel-e-valongo/ [Retirado em janeiro de 2025].

Planelles, M. (2024). *El calentamiento y la mala gestión urbana aumentan las inundaciones repentinas en el Mediterráneo*. In *El País*. https://elpais.com/clima-y-medio-ambiente/2024-11-18/el-calentamiento-y-la-mala-gestion-urbana-aumentan-las-inundaciones-repentinas-en-el-mediterraneo.html [Retirado em março de 2025].

Ramos, C. (s.d.). *Perigos naturais devidos a causas meteorológicas: o caso das cheias e inundações.* Centro de Estudos Geográficos, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade Lusófona, 11. https://recil.ulusofona.pt/bitstreams/b012b83a-9ea7-42ff-93f4-88d31571caec/download

Resolução do Conselho de Ministros nº51/2016 do Conselho de Ministros. Diário da República nº181/2016 – série I , de 20-09-2016. https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/resolucao-conselho-ministros/51-2016-75367886

Rocha, F. (2021). *Intervenção nas margens do Rio Sousa em Pias permite controlar cheias*. In jornal *Verdadeiro Olhar.* *https://www.verdadeiroolhar.pt/intervencao-nas-margens-do-rio-sousa-pias-permite-controlar-cheias/* [Retirado em setembro de 2025].

Rocha, J. (1995). *Prevenção de inundações e reabilitação de edifícios em zonas inundáveis*. *Territorium* 2: Revista Portuguesa de riscos, prevenção e segurança, 11-20. https://impactum-journals.uc.pt/territorium/article/view/3608/2826

Rodrigues, S. P. C. (2017). *Aplicação de metodologias SIG à avaliação da perigosidade de inundação fluvial. O caso da cidade de Tomar (estudos preliminares)* [Relatório de estágio, Instituto Politécnico de Tomar]. Repositório Comum. http://hdl.handle.net/10400.26/21360

Sá L., Almeida, M. C. & Freire, P. (2016). *Gestão do risco de inundação - Documento de boas práticas*. Autoridade Nacional de Proteção Civil / Subcomissão da Plataforma Nacional para a Redução do Risco de Catástrofes. https://apambiente.pt/sites/default/files/_Clima/Adaptação/AnexoIII.pdf

Salomon J.-N. (1997). *L'homme face aux crues et aux inondations*, Presses universitaires de Bordeaux. https://books.openedition.org/pub/1466

Silva C. (2017). *Alterações climáticas, precipitação e água em zonas urbanas* [Dissertação de mestrado, Universidade de Coimbra]. Repositório científico da Universidade de Coimbra. https://hdl.handle.net/10316/83291

Soares, P., Cardoso, R., Ferreira, J. & Miranda, P. (2014). *Alterações climáticas e a precipitação portuguesa: resultados dos modelos climáticos regionais ENSEMBLES*. *Clim Dyn* 45, 1771–1787 (2015). https://link.springer.com/article/10.1007/s00382-014-2432-x

Sousa L. (2022). *Paisagem Proto-Histórica no concelho de Lousada*. Revista OPPIDUM XIV. Câmara Municipal de Lousada, 51. https://www.cm-lousada.pt/cmlousada/uploads/document/file/8266/2022_oppidum14_p48_87_paisagem_proto_historica.pdf

Sousa superior (2022). *Recursos hídricos*. Paisagem protegida local do Sousa Superior. https://www.sousasuperior.pt/recursos-hidricos/ [Retirado em fevereiro de 2025].

Strahler, A. N. (1975). *Physical Geography*. Wiley international edition. 4th ed ed. New York: Wiley & Sons, 707.

Taveira-Pinto, F., & Cunha, S. (2011). *Aplicação de uma metodologia de análise de risco de inundações à zona ribeirinha do peso da régua*. In 6as Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos E Ambiente. FEUP.

https://www.researchgate.net/publication/313236686_APLICACAO_DE_UMA_METODOLOGIA_DE_ANALISE_DE_RISCO_DE_INUNDACOES_A_ZONA_RIBEIRINHA_DO_PESO_DA_REGUA

Teixeira, S. (2018). *Reflexões sobre o património hidráulico na bacia inferior do Rio Paraíba do Sul. A contribuição da história e da arqueologia*. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF / Officina de Estudos do Patrimônio Cultural – Officina/LEEA/CCH (1), 91 - 121. http://www.cta.ipt.pt/download/OIPDownload/n10_Julho_2018/OIP_10_JUL_91-121.pdf

UNEP (2021). *Como os países podem melhorar a resposta aos riscos de inundações*. United Nations Environment Programme. https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/como-os-paises-podem-melhorar-resposta-aos-riscos-de-inundacoes [Retirado em janeiro de 2025].

União Europeia (2020). *O que são as alterações climáticas?*. European Youth Portal. https://youth.europa.eu/get-involved/sustainable-development/what-climate-change_pt [Retirado em janeiro de 2025].

Vieira, A., Costa, F., Lopes-Cordeiro, J., Vaz, S., Lemos, P. & Nunes, M. (2016). *A importância da cartografia e das fontes primárias para o estudo da evolução do património molinológico em Lousada. OPPIDUM* IX. https://www.researchgate.net/publication/368308714_A_importancia_da_cartografia_e_das_fontes_primarias_para_o_estudo_da_evolucao_do_patrimonio_molinologico_em_Lousada

Weather Spark (s.d.). *Clima e condições meteorológicas médias em Lousada no ano todo*. https://pt.weatherspark.com/y/32428/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Lousada-Portugal-durante-o-ano#Sections-Summary [Retirado em abril de 2025].

WMO (s.d.). *Floods*. World Meteorological Organization. https://wmo.int/topics/floods [Retirado em janeiro de 2025].

Zanirato, S. & Ribeiro W. C. (2014). *Mudanças climáticas e risco ao património cultural em ouro preto - MG - Brasil*. *PerCursos*, 22. https://journals.openedition.org/confins/9673?lang=fr [Retirado em janeiro de 2025].

Anexos

Ficha de campo – Moinho das poldras 1



Designação: Moinho das Poldras 1

Freguesia: Torno

Coordenadas: 41.2951944, -8.2210556

Código de inventário: 1

Parâmetros de avaliação:

Tipo de estrutura: Moinho

Estado de conservação:

Muito bom	Bom	Razoável	Mau	Destruído
	X			

Material de construção: Granito

Função original: Moagem de cereais

Funcional:

Sim	Não
	X

Impactes visíveis:

Ação da água	Crescimento da vegetação	Acumulação de sedimentos	Cheias	Falta de manutenção	Indeterminado
X	X				

Intervenções:

Sim	Não
X	

Ficha de campo – Moinho das poldras 2



Designação: Moinho das Poldras 2

Freguesia: Torno

Coordenadas: 41.2952222, -8.2209444

Código de inventário: 2

Parâmetros de avaliação:

Tipo de estrutura: Moinho

Estado de conservação:

Muito bom	Bom	Razoável	Mau	Destruído
			X	

Material de construção: Granito

Função original: Moagem de cereais

Funcional:

Sim	Não
	X

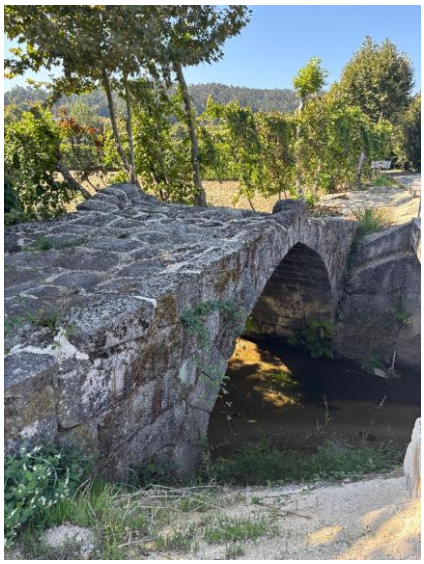
Impactes visíveis:

Ação da água	Crescimento da vegetação	Acumulação de sedimentos	Cheias	Falta de manutenção	Indeterminado
	X			X	

Intervenções:

Sim	Não
	X

Ficha de campo – Ponte da Veiga



Designação: Ponte da Veiga

Freguesia: Torno

Coordenadas: 41.2993851, -8.2176313

Código de inventário: 3

Parâmetros de avaliação:

Tipo de estrutura: Ponte

Estado de conservação:

Muito bom	Bom	Razoável	Mau	Destruído
		X		

Material de construção: Granito

Função original: Circulação viária, permitindo a travessia do rio Sousa

Funcional:

Sim	Não
	X

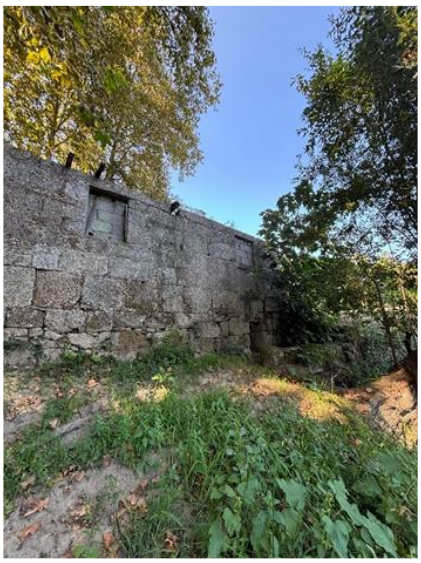
Impactes visíveis:

Ação da água	Crescimento da vegetação	Acumulação de sedimentos	Cheias	Falta de manutenção	Indeterminado
X	X			X	

Intervenções:

Sim	Não
	X

Ficha de campo – Moinho Novo (Cernadelo)



Designação: Moinho Novo

Freguesia: Cernadelo

Coordenadas: 41.2919444, -8.2256389

Código de inventário: 4

Parâmetros de avaliação:

Tipo de estrutura: Moinho

Estado de conservação:

Muito bom	Bom	Razoável	Mau	Destruído
		X		

Material de construção: Granito

Função original: Moagem de cereais

Funcional:

Sim	Não
	X

Impactes visíveis:

Ação da água	Crescimento da vegetação	Acumulação de sedimentos	Cheias	Falta de manutenção	Indeterminado
	X			X	

Intervenções:

Sim	Não
	X

Ficha de campo – Moinho da Ponte 1



Designação: Moinho da Ponte 1

Freguesia: Macieira

Coordenadas: 41.2907681, -8.2350361

Código de inventário: 5

Parâmetros de avaliação

Tipo de estrutura: Moinho

Estado de conservação:

Muito bom	Bom	Razoável	Mau	Destruído
				X

Material de construção: Indeterminado

Função original: Indeterminado

Funcional:

Sim	Não
	X

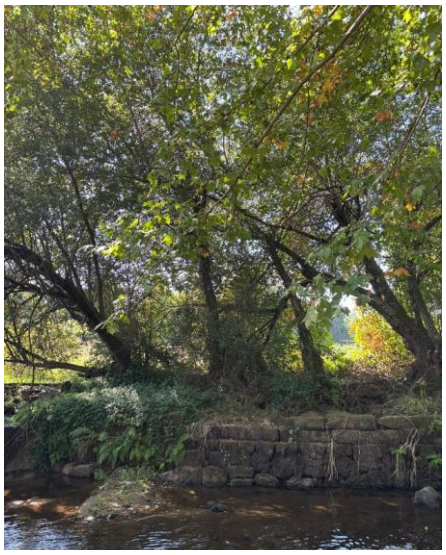
Impactes visíveis:

Ação da água	Crescimento da vegetação	Acumulação de sedimentos	Cheias	Falta de manutenção	Indeterminado
					X

Intervenções:

Sim	Não
	X

Ficha de campo – Moinho da Ponte 2



Designação: Moinho da Ponte 2

Freguesia: Macieira

Coordenadas: 41.2906111, -8.2351944

Código de inventário: 6

Parâmetros de avaliação

Tipo de estrutura: Moinho

Estado de conservação:

Muito bom	Bom	Razoável	Mau	Destruído
				X

Material de construção: Indeterminado

Função original: Indeterminado

Funcional:

Sim	Não
	X

Impactes visíveis:

Ação da água	Crescimento da vegetação	Acumulação de sedimentos	Cheias	Falta de manutenção	Indeterminado
					X

Intervenções:

Sim	Não
	X

Ficha de campo – Moinho da Ponte 3



Designação: Moinho da Ponte 3

Freguesia: Macieira

Coordenadas: 41.2904167, -8.2353333

Código de inventário: 7

Parâmetros de avaliação

Tipo de estrutura: Moinho

Estado de conservação:

Muito bom	Bom	Razoável	Mau	Destruído
	X			

Material de construção: Granito

Função original: Moagem de cereais

Funcional:

Sim	Não
	X

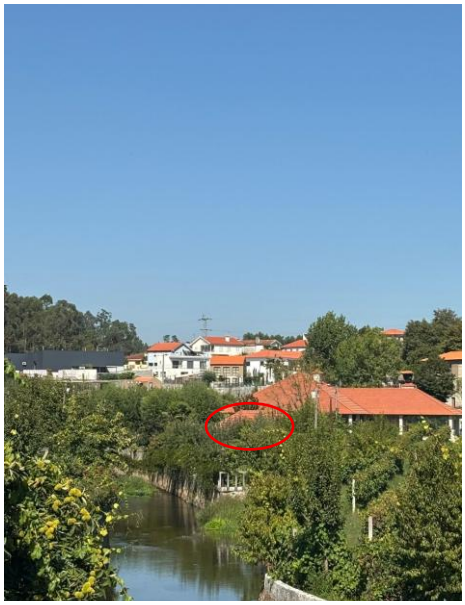
Impactes visíveis:

Ação da água	Crescimento da vegetação	Acumulação de sedimentos	Cheias	Falta de manutenção	Indeterminado
X					

Intervenções:

Sim	Não
X	

Ficha de campo – Moinho de Ribós



Designação: Moinho de Ribós

Freguesia: Vilar do Torno e Alentém

Coordenadas: 41.2869444, -8.2328889

Código de inventário: 8

Parâmetros de avaliação

Tipo de estrutura: Moinho

Estado de conservação:

Muito bom	Bom	Razoável	Mau	Destruído
X				

Material de construção: Granito

Função original: Moagem de cereais

Funcional:

Sim	Não
	X

Impactes visíveis:

Ação da água	Crescimento da vegetação	Acumulação de sedimentos	Cheias	Falta de manutenção	Indeterminado
					X

Intervenções:

Sim	Não
X	

Ficha de campo – Moinho de Penão



Designação: Moinho de Penão

Freguesia: Vilar do Torno e Alentém

Coordenadas: 41.2824167, -8.2325000

Código de inventário: 9

Parâmetros de avaliação

Tipo de estrutura: Moinho

Estado de conservação:

Muito bom	Bom	Razoável	Mau	Destruído
X				

Material de construção: Granito

Função original: Moagem de cereais

Funcional:

Sim	Não
	X

Impactes visíveis:

Ação da água	Crescimento da vegetação	Acumulação de sedimentos	Cheias	Falta de manutenção	Indeterminado
	X				

Intervenções:

Sim	Não
X	

Ficha de campo – Moinho da Quinta D'Azenha



Designação: Moinho da Quinta D'Azenha

Freguesia: Vilar do Torno e Alentém

Coordenadas: 41.2791111, -8.2364722

Código de inventário: 10

Parâmetros de avaliação

Tipo de estrutura: Moinho

Estado de conservação:

Muito bom	Bom	Razoável	Mau	Destruído
		X		

Material de construção: Granito

Função original: Moagem de cereais

Funcional:

Sim	Não
	X

Impactes visíveis:

Ação da água	Crescimento da vegetação	Acumulação de sedimentos	Cheias	Falta de manutenção	Indeterminado
X	X			X	

Intervenções:

Sim	Não
	X

Ficha de campo – Moinho de Barrimau



Designação: Moinho de Barrimau

Freguesia: Aveleda

Coordenadas: 41.2759722, -8.2382500

Código de inventário: 11

Parâmetros de avaliação

Tipo de estrutura: Moinho

Estado de conservação:

Muito bom	Bom	Razoável	Mau	Destruído
			X	

Material de construção: Granito

Função original: Moagem de cereais

Funcional:

Sim	Não
	X

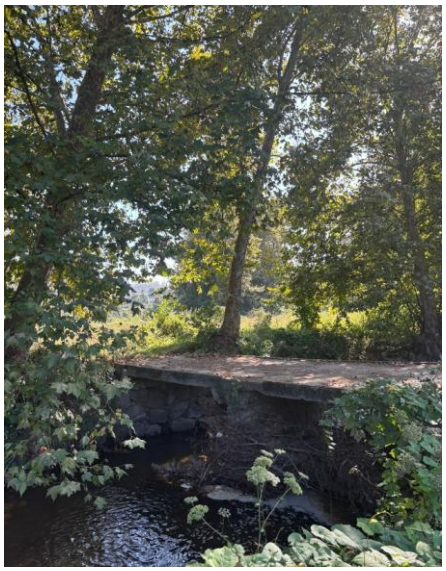
Impactes visíveis:

Ação da água	Crescimento da vegetação	Acumulação de sedimentos	Cheias	Falta de manutenção	Indeterminado
	X			X	

Intervenções:

Sim	Não
	X

Ficha de campo – Ponte de Cartão



Designação: Ponte de Cartão

Freguesia: Aveleda

Coordenadas: 41.2707926, -8,2442616

Código de inventário: 12

Parâmetros de avaliação

Tipo de estrutura: Ponte

Estado de conservação:

Muito bom	Bom	Razoável	Mau	Destruído
		X		

Material de construção: Granito

Função original: Facilitar a transposição do rio Sousa

Funcional:

Sim	Não
X	

Impactes visíveis:

Ação da água	Crescimento da vegetação	Acumulação de sedimentos	Cheias	Falta de manutenção	Indeterminado
X	X			X	

Intervenções:

Sim	Não
	X

Ficha de campo – Moinho de Cartão



Designação: Moinho de Cartão

Freguesia: Aveleda

Coordenadas: 41.2708333, -8.2446667

Código de inventário: 13

Parâmetros de avaliação

Tipo de estrutura: Moinho

Estado de conservação:

Muito bom	Bom	Razoável	Mau	Destruído
			X	

Material de construção: Granito

Função original: Moagem de cereais

Funcional:

Sim	Não
	X

Impactes visíveis:

Ação da água	Crescimento da vegetação	Acumulação de sedimentos	Cheias	Falta de manutenção	Indeterminado
X	X	X		X	

Intervenções:

Sim	Não
	X

Ficha de campo – Moinho de Requião

(Sem fotografia)

Designação: Moinho de Requião

Freguesia: Aveleda

Coordenadas: 41.2696944, -8.2447222

Código de inventário: 14

Parâmetros de avaliação

Tipo de estrutura: Moinho

Estado de conservação:

Muito bom	Bom	Razoável	Mau	Destruído
				X

Material de construção: Indeterminado

Função original: Indeterminado

Funcional:

Sim	Não
	X

Impactes visíveis:

Ação da água	Crescimento da vegetação	Acumulação de sedimentos	Cheias	Falta de manutenção	Indeterminado
					X

Intervenções:

Sim	Não
	X

Ficha de campo – Moinho Novo (Aveleda)



Designação: Moinho Novo

Freguesia: Aveleda

Coordenadas: 41.2687778, -8.2496111

Código de inventário: 15

Parâmetros de avaliação

Tipo de estrutura: Moinho

Estado de conservação:

Muito bom	Bom	Razoável	Mau	Destruído
				X

Material de construção: Indeterminado

Função original: Indeterminado

Funcional:

Sim	Não
	X

Impactes visíveis:

Ação da água	Crescimento da vegetação	Acumulação de sedimentos	Cheias	Falta de manutenção	Indeterminado
					X

Intervenções:

Sim	Não
	X

Ficha de campo – Ponte de Vilela



Designação: Ponte de Vilela

Freguesia: Aveleda

Coordenadas: 41.2690556, -8.2481667

Código de inventário: 16

Parâmetros de avaliação

Tipo de estrutura: Ponte

Estado de conservação:

Muito bom	Bom	Razoável	Mau	Destruído
	X			

Material de construção: Granito

Função original: Circulação viária, permitindo a travessia do rio Sousa

Funcional:

Sim	Não
X	

Impactes visíveis:

Ação da água	Crescimento da vegetação	Acumulação de sedimentos	Cheias	Falta de manutenção	Indeterminado
X	X	X			

Intervenções:

Sim	Não
X	

Ficha de campo – Moinho do Casal Novo



Designação: Moinho do Casal Novo

Freguesia: Pias

Coordenadas: 41.2694722, -8.2542500

Código de inventário: 17

Parâmetros de avaliação

Tipo de estrutura: Moinho

Estado de conservação:

Muito bom	Bom	Razoável	Mau	Destruído
X				

Material de construção: Granito

Função original: Moagem de cereais

Funcional:

Sim	Não
	X

Impactes visíveis:

Ação da água	Crescimento da vegetação	Acumulação de sedimentos	Cheias	Falta de manutenção	Indeterminado
					X

Intervenções:

Sim	Não
X	

Ficha de campo – Moinho do Meio



Designação: Moinho do Meio

Freguesia: Pias

Coordenadas: 41.2689722, -8.2551944

Código de inventário: 18

Parâmetros de avaliação

Tipo de estrutura: Moinho

Estado de conservação:

Muito bom	Bom	Razoável	Mau	Destruído
X				

Material de construção: Granito

Função original: Moagem de cereais e produção de farinha

Funcional:

Sim	Não
X	

Impactes visíveis:

Ação da água	Crescimento da vegetação	Acumulação de sedimentos	Cheias	Falta de manutenção	Indeterminado
X					

Intervenções:

Sim	Não
X	

Ficha de campo – Moinho do Padrinho



Designação: Moinho do Padrinho

Freguesia: Pias

Coordenadas: 41.2683611, -8.2558889

Código de inventário: 19

Parâmetros de avaliação

Tipo de estrutura: Moinho

Estado de conservação:

Muito bom	Bom	Razoável	Mau	Destruído
			X	

Material de construção: Granito

Função original: Moagem de cereais

Funcional:

Sim	Não
	X

Impactes visíveis:

Ação da água	Crescimento da vegetação	Acumulação de sedimentos	Cheias	Falta de manutenção	Indeterminado
X	X			X	

Intervenções:

Sim	Não
	X

Ficha de campo – Moinho do Maneta



Designação: Moinho do Maneta

Freguesia: Pias

Coordenadas: 41.2684167, -8.2559444

Código de inventário: 20

Parâmetros de avaliação

Tipo de estrutura: Moinho

Estado de conservação:

Muito bom	Bom	Razoável	Mau	Destruído
			X	

Material de construção: Granito

Função original: Moagem de cereais

Funcional:

Sim	Não
	X

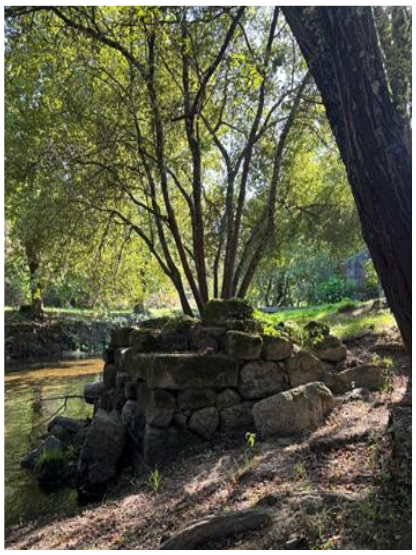
Impactes visíveis:

Ação da água	Crescimento da vegetação	Acumulação de sedimentos	Cheias	Falta de manutenção	Indeterminado
X	X	X		X	

Intervenções:

Sim	Não
	X

Ficha de campo – Moinho do Rio



Designação: Moinho do Rio

Freguesia: Pias

Coordenadas: 41.2682222, -8.2560000

Código de inventário: 21

Parâmetros de avaliação

Tipo de estrutura: Moinho

Estado de conservação:

Muito bom	Bom	Razoável	Mau	Destruído
				X

Material de construção: Granito

Função original: Moagem de cereais

Funcional:

Sim	Não
	X

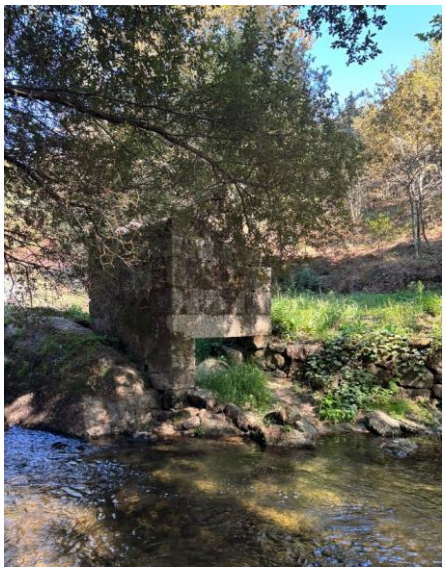
Impactes visíveis:

Ação da água	Crescimento da vegetação	Acumulação de sedimentos	Cheias	Falta de manutenção	Indeterminado
					X

Intervenções:

Sim	Não
	X

Ficha de campo – Moinho de Pias



Designação: Moinho de Pias

Freguesia: Pias

Coordenadas: 41.2682500, -8.2558611

Código de inventário: 22

Parâmetros de avaliação

Tipo de estrutura: Moinho

Estado de conservação:

Muito bom	Bom	Razoável	Mau	Destruído
			X	

Material de construção: Perpianho

Função original: Moagem de cereais

Funcional:

Sim	Não
	X

Impactes visíveis:

Ação da água	Crescimento da vegetação	Acumulação de sedimentos	Cheias	Falta de manutenção	Indeterminado
X	X	X	X	X	

Intervenções:

Sim	Não
	X

Ficha de campo – Moinho do Engenho



Designação: Moinho do Engenho

Freguesia: Pias

Coordenadas: 41.2690000, -8.2548333

Código de inventário: 23

Parâmetros de avaliação

Tipo de estrutura: Moinho

Estado de conservação:

Muito bom	Bom	Razoável	Mau	Destruído
			X	

Material de construção: Granito

Função original: Moagem de cereais

Funcional:

Sim	Não
	X

Impactes visíveis:

Ação da água	Crescimento da vegetação	Acumulação de sedimentos	Cheias	Falta de manutenção	Indeterminado
X	X			X	

Intervenções:

Sim	Não
	X

Ficha de campo – Ponte de Pias



Designação: Ponte de Pias

Freguesia: Pias

Coordenadas: 41.2680278, -8.2563056

Código de inventário: 24

Parâmetros de avaliação

Tipo de estrutura: Ponte

Estado de conservação:

Muito bom	Bom	Razoável	Mau	Destruído
		X		

Material de construção: Granito

Função original: Facilitar a transposição do rio Sousa

Funcional:

Sim	Não
X	

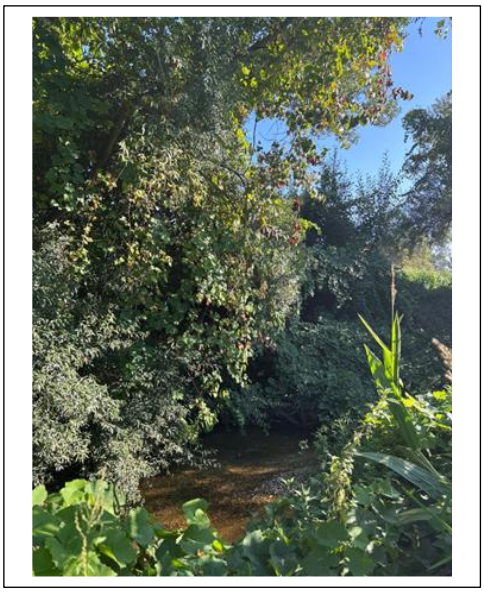
Impactes visíveis:

Ação da água	Crescimento da vegetação	Acumulação de sedimentos	Cheias	Falta de manutenção	Indeterminado
X	X			X	

Intervenções:

Sim	Não
	X

Ficha de campo – Moinho do Covo



Designação: Moinho do Covo

Freguesia: Meinedo

Coordenadas: 41.2614444, -8.2577778

Código de inventário: 25

Parâmetros de avaliação

Tipo de estrutura: Moinho

Estado de conservação:

Muito bom	Bom	Razoável	Mau	Destruído
				X

Material de construção: Indeterminado

Função original: Indeterminado

Funcional:

Sim	Não
	X

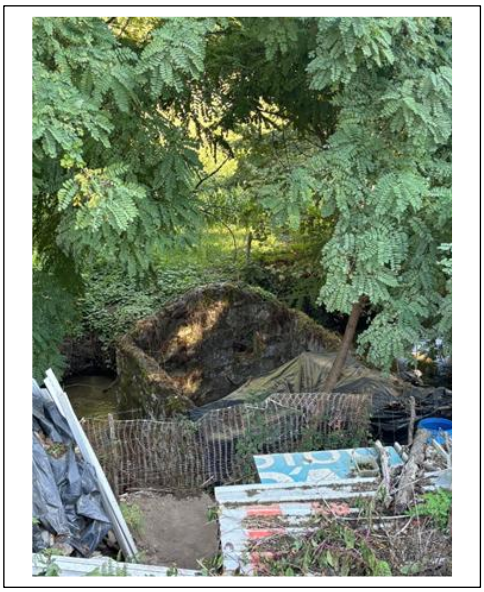
Impactes visíveis:

Ação da água	Crescimento da vegetação	Acumulação de sedimentos	Cheias	Falta de manutenção	Indeterminado
					X

Intervenções:

Sim	Não
	X

Ficha de campo – Moinho Novo (Meinedo)



Designação: Moinho Novo

Freguesia: Meinedo

Coordenadas: 41.2563056, -8.2609444

Código de inventário: 26

Parâmetros de avaliação

Tipo de estrutura: Moinho

Estado de conservação:

Muito bom	Bom	Razoável	Mau	Destruído
			X	

Material de construção: Granito

Função original: Moagem de cereais

Funcional:

Sim	Não
	X

Impactes visíveis:

Ação da água	Crescimento da vegetação	Acumulação de sedimentos	Cheias	Falta de manutenção	Indeterminado
X	X			X	

Intervenções:

Sim	Não
	X

Ficha de campo – Moinho de Casais 1



Designação: Moinho de casais 1

Freguesia: Meinedo

Coordenadas: 41.2511667, -8.2624722

Código de inventário: 27

Parâmetros de avaliação

Tipo de estrutura: Moinho

Estado de conservação:

Muito bom	Bom	Razoável	Mau	Destruído
			X	

Material de construção: Granito e corneana

Função original: Moagem de cereais

Funcional:

Sim	Não
	X

Impactes visíveis:

Ação da água	Crescimento da vegetação	Acumulação de sedimentos	Cheias	Falta de manutenção	Indeterminado
X	X			X	

Intervenções:

Sim	Não
	X

Ficha de campo – Moinho de Casais 2



Designação: Moinho de Casais 2

Freguesia: Meinedo

Coordenadas: 41.2511667, -8.2620278

Código de inventário: 28

Parâmetros de avaliação

Tipo de estrutura: Moinho

Estado de conservação:

Muito bom	Bom	Razoável	Mau	Destruído
			X	

Material de construção: Granito e blocos de cimento

Função original: Moagem de cereais

Funcional:

Sim	Não
	X

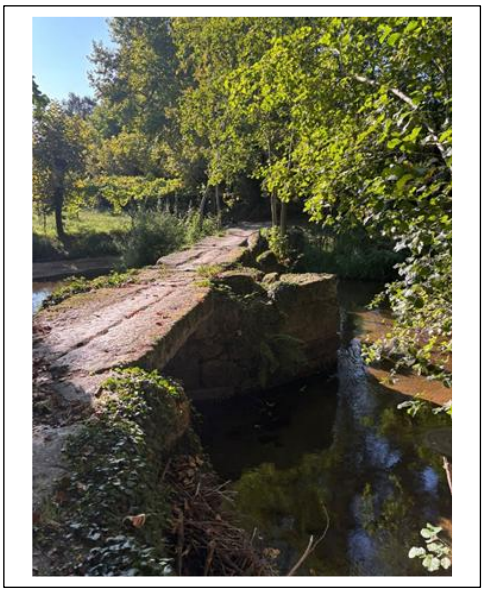
Impactes visíveis:

Ação da água	Crescimento da vegetação	Acumulação de sedimentos	Cheias	Falta de manutenção	Indeterminado
X	X			X	

Intervenções:

Sim	Não
	X

Ficha de campo – Ponte de Casais



Designação: Ponte de Casais

Freguesia: Meinedo

Coordenadas: 41.250956, -8.262375

Código de inventário: 29

Parâmetros de avaliação

Tipo de estrutura: Ponte

Estado de conservação:

Muito bom	Bom	Razoável	Mau	Destruído
			X	

Material de construção: Granito

Função original: Circulação viária, permitindo a travessia do rio Sousa

Funcional:

Sim	Não
X	

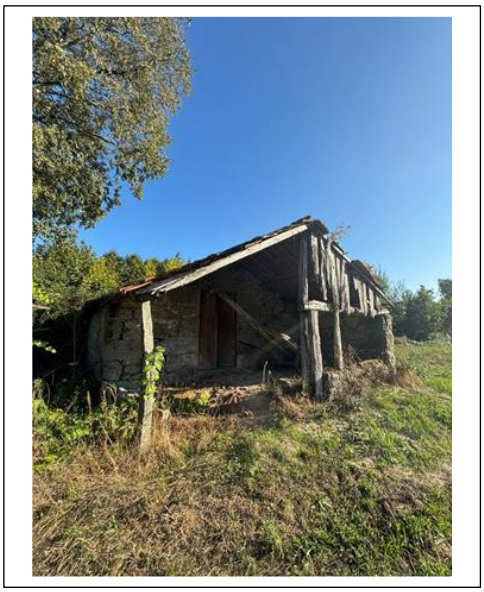
Impactes visíveis:

Ação da água	Crescimento da vegetação	Acumulação de sedimentos	Cheias	Falta de manutenção	Indeterminado
X	X			X	

Intervenções:

Sim	Não
	X

Ficha de campo – Moinho do Reguengo



Designação: Moinho do Reguengo

Freguesia: Meinedo

Coordenadas: 41.2475278, -8.2679722

Código de inventário: 30

Parâmetros de avaliação

Tipo de estrutura: Moinho

Estado de conservação:

Muito bom	Bom	Razoável	Mau	Destruído
		X		

Material de construção: Granito

Função original: Moagem de cereais

Funcional:

Sim	Não
	X

Impactes visíveis:

Ação da água	Crescimento da vegetação	Acumulação de sedimentos	Cheias	Falta de manutenção	Indeterminado
X	X			X	

Intervenções:

Sim	Não
	X

Ficha de campo – Moinho de Espindo 1



Designação: Moinho de Espindo 1

Freguesia: Meinedo

Coordenadas: 41.2445556, -8.2731111

Código de inventário: 31

Parâmetros de avaliação

Tipo de estrutura: Moinho

Estado de conservação:

Muito bom	Bom	Razoável	Mau	Destruído
	X			

Material de construção: Granito

Função original: Moagem de cereais

Funcional:

Sim	Não
	X

Impactes visíveis:

Ação da água	Crescimento da vegetação	Acumulação de sedimentos	Cheias	Falta de manutenção	Indeterminado
X	X				

Intervenções:

Sim	Não
X	

Ficha de campo – Moinho de Espindo 2



Designação: Moinho de Espindo 2

Freguesia: Meinedo

Coordenadas: 41.2445556, -8.2728611

Código de inventário: 32

Parâmetros de avaliação

Tipo de estrutura: Moinho

Estado de conservação:

Muito bom	Bom	Razoável	Mau	Destruído
	X			

Material de construção: Granito

Função original: Moagem de cereais

Funcional:

Sim	Não
	X

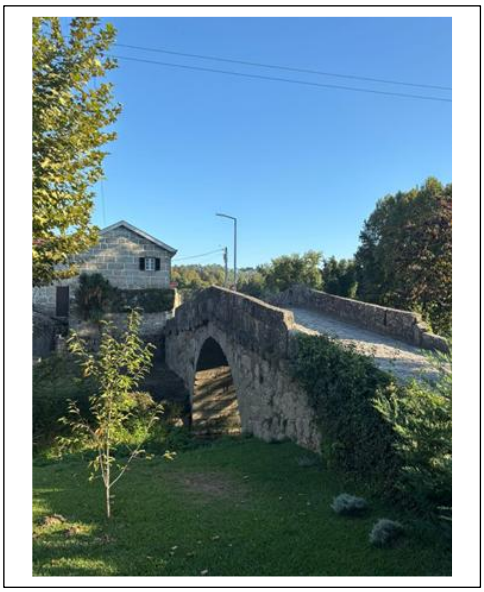
Impactes visíveis:

Ação da água	Crescimento da vegetação	Acumulação de sedimentos	Cheias	Falta de manutenção	Indeterminado
X	X				

Intervenções:

Sim	Não
X	

Ficha de campo – Ponte de Espindo



Designação: Ponte de Espindo

Freguesia: Meinedo

Coordenadas: 41.2434722, -8.2735278

Código de inventário: 33

Parâmetros de avaliação

Tipo de estrutura: Ponte

Estado de conservação:

Muito bom	Bom	Razoável	Mau	Destruído
X				

Material de construção: Granito

Função original: Circulação viária, permitindo a travessia do rio Sousa

Funcional:

Sim	Não
X	

Impactes visíveis:

Ação da água	Crescimento da vegetação	Acumulação de sedimentos	Cheias	Falta de manutenção	Indeterminado
X					

Intervenções:

Sim	Não
X	