



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO

ESTG

PLATAFORMA WEB PARA AVALIAÇÃO DA SEVERIDADE DOS
INCÊNDIOS EM PORTUGAL CONTINENTAL

Diogo Alexandre Pereira da Mota

2026



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO

PLATAFORMA WEB PARA AVALIAÇÃO DA
SEVERIDADE DOS INCÊNDIOS EM
PORTUGAL CONTINENTAL

Diogo Alexandre Pereira da Mota

Escola Superior de Tecnologia e Gestão



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO

Diogo Alexandre Pereira da Mota

Plataforma Web para Avaliação da Severidade dos Incêndios em Portugal Continental

Nome do Curso de Mestrado
Mestrado em Engenharia Informática

Trabalho efectuado sob a orientação do
Doutor Pedro Castro
Doutor João Gonçalves

abril de 2026

RESUMO

O aumento da frequência e severidade dos incêndios florestais exige ferramentas tecnológicas avançadas para monitorizar os respetivos impactos e apoiar a gestão pós-fogo. O projeto SeverusPT surge como resposta a este desafio, disponibilizando uma plataforma web especializada na análise e disseminação de dados aeroespaciais sobre a severidade dos incêndios em Portugal continental. Esta dissertação documenta a conceção, implementação e avaliação do geoportal SeverusPT, descrevendo a arquitetura do sistema, a pilha tecnológica adotada, incluindo Google Earth Engine, R, SvelteKit, Leaflet, SQLite e serviços web conformes com os padrões OGC e as principais funcionalidades implementadas.

A plataforma integra e processa dados de múltiplas fontes, incluindo imagens de satélite Sentinel-2, MODIS e Landsat, bem como índices espectrais de severidade, como NBR, dNBR, RdNBR e RBR. Os produtos de severidade resultantes permitem acompanhar trajetórias pós-fogo iniciais, com agregação trimestral, até um ano após a ocorrência do incêndio. O sistema baseia-se na plataforma de computação geoespacial em nuvem Google Earth Engine (GEE) e em APIs geoespaciais, possibilitando a consulta, filtragem, visualização, exportação e acesso remoto a mapas de severidade. A organização e gestão dos produtos assentam numa nomenclatura padronizada, que estrutura o armazenamento, a consulta, o versionamento e os mecanismos de interoperabilidade.

O geoportal foi desenvolvido através de um processo iterativo e incremental, informado por atividades de levantamento de requisitos, interações com utilizadores, workshops e sucessivas rondas de testes funcionais. Este processo permitiu o refinamento progressivo da interface, do sistema de filtros, da apresentação de metadados e do desempenho da plataforma, incluindo a adoção de mecanismos otimizados para visualização raster e a implementação de serviços interoperáveis WMS. A plataforma incorpora ainda perfis diferenciados de utilizador e mecanismos de gestão de versões, suportando simultaneamente a consulta aberta e o acesso controlado a produtos descarregáveis e históricos.

Os resultados evidenciam a adequação e o potencial prático da plataforma para a disponibilização de dados de severidade atualizados e padronizados, promovendo uma

abordagem mais eficiente à monitorização pós-incêndio. Este trabalho contribui para melhorar o acesso e a disseminação de informação sobre a severidade dos incêndios florestais em Portugal, através de um geoportal web que facilita a consulta, análise e utilização de dados geoespaciais por investigadores, técnicos e entidades gestoras do território, apoiando a gestão do risco de incêndios e a definição de estratégias de mitigação e recuperação pós-fogo.

Palavras-chave: geoportal web, incêndios florestais, severidade do fogo, deteção remota, Google Earth Engine, SIG.

ABSTRACT

The increasing frequency and severity of wildfires require advanced technological tools to monitor their impacts and support post-fire management. The SeverusPT project addresses this challenge by providing a web platform specialized in the analysis and dissemination of geospatial data on wildfire severity in mainland Portugal. This dissertation documents the design, implementation, and evaluation of the SeverusPT geoportal, describing its system architecture, the adopted technological stack, including Google Earth Engine, R, SvelteKit, Leaflet, SQLite, and OGC-compliant web services and the main functionalities implemented.

The platform integrates and processes data from multiple sources, including satellite imagery from Sentinel-2, MODIS, and Landsat missions, as well as spectral burn severity indices such as NBR, dNBR, RdNBR, and RBR. The resulting severity products enable the tracking of early post-fire trajectories at quarterly aggregation intervals for up to one year after fire occurrence. The system is based on the cloud-based geocomputation platform Google Earth Engine (GEE) and geospatial APIs, enabling the interactive querying, filtering, visualization, export, and remote access of severity maps. The organization and management of products are supported by a standardized naming taxonomy, which structures data storage, consultation, versioning, and interoperability workflows.

The geoportal was developed through an iterative and incremental process, informed by requirement-gathering activities, user interactions, workshops, and successive rounds of functional testing. This process supported the progressive refinement of the interface, filtering system, metadata presentation, and performance, including the adoption of optimized raster visualization workflows and the implementation of interoperable WMS services. The platform also incorporates differentiated user profiles and version management mechanisms, supporting both open consultation and controlled access to downloadable and historical products.

The results highlight the platform's suitability and practical potential for providing up-to-date and standardized wildfire severity data, promoting a more efficient approach to post-fire monitoring. This work contributes to improving access to and dissemination of wildfire

severity information in Portugal through a web geoportal that facilitates the consultation, analysis, and use of geospatial data by researchers, technicians, and land management entities, supporting wildfire risk management and the definition of mitigation and post-fire recovery strategies.

Keywords: web geoportal, wildfires, burn severity, remote sensing, Google Earth Engine, GIS

Índice

Lista de acrónimos.....	6
1. Introdução	9
1.1. Enquadramento	9
1.2. Motivação e objetivos.....	10
1.3. Contributo específico.....	12
1.4. Metodologia geral	14
1.5. Organização do documento	15
2. Revisão da literatura	17
2.1. Incêndios florestais e a importância da monitorização da severidade	17
2.2. Plataformas e sistemas de informação geográfica para gestão de incêndios.....	20
2.3. Arquitetura de sistemas de dados espaciais na web.....	23
2.4. Tecnologias para processamento e visualização de dados geoespaciais	26
2.5. APIs e frameworks para desenvolvimento de aplicações web geográficas.....	28
2.6. Considerações finais.....	31
3. Conceção, desenvolvimento e validação do geoportal SeverusPT	33
3.1. Levantamento e priorização de requisitos	33
3.2. Modelação de software	36
3.3. Estrutura e componentes do Geoportal SeverusPT	53
3.4. Tecnologias e frameworks utilizadas.....	58
3.5. Integração com fontes de dados geoespaciais	62
3.6. Funcionalidades implementadas.....	65
3.7. Procedimento de testes e validação do geoportal web	66
3.8. Principais desafios e limitações encontrados	71
4. Resultados e discussão	72
4.1. Características e contributos do geoportal SeverusPT para a monitorização da severidade dos incêndios	72
4.2. Geoportal SeverusPT: funcionalidades, acesso e utilização.....	76
5. Conclusões.....	96

Índice de Figuras

Figura 1 - Pontuações de relevância para cada requisito da plataforma web. Adaptado de Castro et al. (2025)	35
Figura 2 - Diagrama de casos de uso do Geoportal SeverusPT	37
Figura 3 - Estrutura hierárquica dos perfis de utilizador e respetivos níveis de acesso no geoportal SeverusPT. Adaptado de Castro et al. (2025)	38
Figura 4 - Modelo de domínio do SeverusPT	43
Figura 5 - Diagrama de sequência (transferência de ficheiro)	47
Figura 6 - Diagrama de sequência (upload de produto)	47
Figura 7 - Diagrama de implementação	49
Figura 8 - Estrutura e componentes do portal web SeverusPT. Adaptado de Castro et al. (2025)	54
Figura 9 - Esquema base de dados SeverusPT	60
Figura 10 - Esquema do fluxo automatizado de cálculo de indicadores de severidade no SeverusPT. Adaptado de Castro et al. (2025)	74
Figura 11 - Interface do portal com visualização dos produtos disponíveis	78
Figura 12 - Interface de visualização e acesso aos ficheiros associados a um produto selecionado	79
Figura 13 - Descrição dos componentes do nome de produto	81
Figura 14 - Visualização do URL do WMS de um determinado produto	82
Figura 15 - Visualização do ficheiro de severidade no mapa interativo do portal	83
Figura 16 - Consulta dos metadados técnicos do ficheiro selecionado.....	83
Figura 17 - Descrição dos componentes do nome de ficheiro	84
Figura 18 - Visualização do URL do WMS de um determinado ficheiro	84
Figura 19 - Filtros disponíveis para pesquisa e seleção de produtos	85
Figura 20 - Exemplo de aplicação de um filtro nos produtos, neste caso plataforma de observação remota	85
Figura 21 - Filtros de pesquisa aplicáveis aos ficheiros individuais associados a um produto	85
Figura 22 - Exemplo de aplicação de um filtro nos ficheiros, neste caso ano de referência	85
Figura 23 - Interface de instruções para utilização dos serviços WMS no SeverusPT	86

Figura 24 - Estrutura local de ficheiros após transferência múltipla de dados do SeverusPT	87
Figura 25 - Interface de adição de um novo produto de dados	89
Figura 26 - Interface para criação de uma nova versão e descrição das alterações associadas	89
Figura 27 - Interface de carregamento de ficheiros, com validação de extensão e estrutura	90
Figura 28 - Interface de gestão do perfil e geração de chave de acesso à API	91
Figura 29 - Visualização de erros que podem existir devido a nomenclatura incorreta ou ficheiros de dados em falta.....	91
Figura 30 - Interface de gestão de utilizadores	93
Figura 31 - Renderização de mapa (GetMap) e legenda (GetLegendGraphic)	94

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Características das plataformas analisadas	21
Tabela 2- Caso de uso UC1: Consultar produto	39
Tabela 3 - Caso de uso UC2: Download de ficheiros	40
Tabela 4 - Caso de uso UC3: Aceder a versões anteriores	40
Tabela 5 - Caso de uso UC4: Gerar chave de API	41
Tabela 6 - Caso de uso UC5: Criar produto	41
Tabela 7 - Caso de uso UC6: Upload de ficheiros.....	42
Tabela 8 - Caso de uso UC7: Gerir utilizadores	42
Tabela 9 - Requisitos funcionais do Geoportal SeverusPT	50
Tabela 10 - Requisitos não funcionais do Geoportal SeverusPT	51
Tabela 11 - Tecnologias utilizadas e respetivas funcionalidades no sistema SeverusPT	57
Tabela 12 - Melhorias implementadas com base no feedback dos utilizadores.....	67

Lista de acrónimos

API - Application Programming Interface

AWS - Amazon Web Services

CBI - Composite Burn Index

CDN - Content Delivery Network

COG - Cloud Optimized GeoTIFF

CSP - Content Security Policy

dNBR - delta Normalized Burn Ratio

EFFIS - European Forest Fire Information System

GEE - Google Earth Engine

GeoCBI - Georeferenced Composite Burn Index

GeoTIFF - Geographic Tagged Image File Format

GIS / SIG - Geographic Information System / Sistema de Informação Geográfica

GCS - Google Cloud Storage

HTTP - Hypertext Transfer Protocol

HTTPS - Hypertext Transfer Protocol Secure

JSON - JavaScript Object Notation

MODIS - Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

NBR - Normalized Burn Ratio

OGC - Open Geospatial Consortium

OWASP - Open Worldwide Application Security Project

RBR - Relative Burn Ratio

RdNBR - Relativized delta Normalized Burn Ratio

REST - Representational State Transfer

RTE - Remote Sensing / Detecção Remota

SIG - Sistema de Informação Geográfica

SPT - SeverusPT

SQL - Structured Query Language

SSL - Secure Sockets Layer

TLS - Transport Layer Security

UTM - Universal Transverse Mercator

WAF - Web Application Firewall

WCS - Web Coverage Service

WFS - Web Feature Service

WMS - Web Map Service

WMTS - Web Map Tile Service

1. Introdução

1.1. Enquadramento

Os incêndios florestais são fenómenos naturais que, em determinados contextos ecológicos, desempenham um papel relevante na dinâmica e regeneração dos ecossistemas. Contudo, quando ocorrem com frequência, intensidade e extensão elevadas, originam impactos ambientais, sociais e económicos significativos. Em Portugal, fatores como as alterações climáticas, o abandono rural e a acumulação de biomassa combustível têm contribuído para a ocorrência de incêndios de grande dimensão, resultando em níveis de severidade mais elevados e dificultando a recuperação natural dos ecossistemas afetados (Keeley, 2009; Marcos et al., 2023).

A severidade do fogo constitui um dos principais indicadores na avaliação das consequências dos incêndios florestais, uma vez que expressa o grau de alteração induzido na estrutura, na composição e no funcionamento dos ecossistemas afetados (Keeley, 2009). Durante vários anos, a sua avaliação baseou-se predominantemente em observações de campo, um processo dispendioso, lento e de difícil aplicação em áreas extensas. O desenvolvimento das tecnologias de deteção remota/observação da Terra permitiu, no entanto, a obtenção sistemática e espacialmente explícita de informação sobre a severidade dos incêndios, recorrendo a índices espectrais que possibilitam a sua quantificação a partir das variações de refletância da vegetação antes e após a ocorrência do incêndio, como o *Normalized Burn Ratio* (NBR) e a sua diferença pré e pós-fogo (*delta NBR* - dNBR) (Key & Benson, 2006).

Apesar destes avanços metodológicos, a disponibilização operacional e a utilização prática dos dados de severidade da área ardida continuam a apresentar limitações significativas. A informação geoespacial encontra-se frequentemente dispersa por diferentes plataformas, com níveis de atualização irregulares, formatos heterogéneos e requisitos técnicos elevados para o seu processamento e interpretação. Estas limitações dificultam a utilização efetiva dos dados por técnicos, gestores do território e decisores, comprometendo o seu potencial enquanto instrumento de apoio à gestão pós-incêndio (Gonçalves et al., 2022).

É neste contexto que surge o projeto SeverusPT, concebido para colmatar a distância entre a produção científica de dados de severidade e a sua operacionalização em contextos reais de apoio à decisão, através de uma solução integrada, acessível e continuamente atualizada para a análise e visualização da severidade dos incêndios florestais em Portugal Continental (Mota et al., 2024).

Neste enquadramento, a presente dissertação centra-se na conceção, implementação e avaliação do geoportal SeverusPT, descrevendo detalhadamente as opções tecnológicas adotadas, a arquitetura do sistema, as funcionalidades implementadas e os principais desafios enfrentados ao longo do processo. Adicionalmente, evidencia a relevância de soluções digitais baseadas em tecnologias web e computação geoespacial no apoio à gestão de riscos ambientais, apresentando um modelo de plataforma suscetível de ser escalado e adaptado a outras regiões com problemáticas semelhantes.

1.2. Motivação e objetivos

A crescente severidade dos incêndios florestais em Portugal Continental, bem como os seus impactos ambientais, sociais e económicos, reforçam a necessidade de abordagens tecnológicas mais eficazes para a monitorização e gestão pós-incêndio. Apesar da disponibilidade crescente de dados de deteção remota para a avaliação da severidade do fogo, a sua acessibilidade, integração e utilização operacional continuam a representar obstáculos significativos. As ferramentas existentes apresentam, em muitos casos, limitações no nível da atualização dos dados, da articulação entre múltiplas fontes de informação e da facilidade de utilização por parte de utilizadores sem conhecimentos avançados em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) (Gonçalves et al., 2022).

Neste contexto, o projeto SeverusPT surge com o objetivo de ultrapassar estas limitações através do desenvolvimento de um geoportal web intuitivo e interativo, orientado para a disponibilização de produtos de dados standardizados e atualizados sobre a severidade dos incêndios florestais em Portugal Continental. Assim, a motivação desta dissertação decorre da identificação da necessidade de desenvolver uma plataforma acessível, eficiente e escalável, capaz de reduzir a complexidade associada ao acesso e exploração de informação geoespacial sobre a severidade de incêndios florestais e de fornecer

ferramentas para apoiar processos de tomada de decisão mais informados por parte de investigadores, técnicos florestais e entidades gestoras do território.

O objetivo geral desta dissertação consiste em conceber, desenvolver e implementar o geoportal web SeverusPT, assegurando a sua funcionalidade, acessibilidade e a integração eficaz de dados geoespaciais relacionados com a severidade dos incêndios florestais em Portugal Continental.

Pretende-se que a plataforma SeverusPT centralize, processe e disponibilize informação geoespacial sobre a severidade dos incêndios, permitindo que investigadores, técnicos florestais e entidades gestoras do território consultem mapas interativos, analisem séries temporais e extraiam estatísticas e relatórios de forma eficiente. Pretende-se igualmente que a plataforma integre dados provenientes de diferentes sensores de observação da Terra, nomeadamente Sentinel-2, MODIS e Landsat-5,7,8, recorrendo a processamento em ambiente cloud através do Google Earth Engine (GEE). Esta abordagem deverá viabilizar análises rápidas e consistentes à escala regional e nacional, contribuindo para alargar o acesso à informação geoespacial fundamental para a gestão dos incêndios florestais. Para além de facilitar a monitorização da severidade em tempo quase real, o geoportal pretende apoiar estratégias de recuperação pós-fogo e de mitigação de riscos futuros associados a incêndios de elevada severidade (Marcos et al., 2021).

De forma a concretizar este objetivo geral, estabeleceram-se os seguintes objetivos específicos:

1. **Desenhar e implementar a arquitetura do geoportal web** de forma modular e escalável, capaz de suportar múltiplas fontes de dados e operações de processamento geoespacial;
2. **Integrar e processar imagens de satélite e índices de severidade** (NBR, dNBR, RdNBR, RBR), recorrendo ao Google Earth Engine, de forma a permitir a sua análise e visualização no portal;
3. **Desenvolver uma interface gráfica intuitiva**, centrada na acessibilidade e na experiência do utilizador, possibilitando a consulta, análise e exportação de dados de severidade;

4. **Assegurar a interoperabilidade** com outras plataformas e bases de dados, garantindo a integração do sistema em fluxos de trabalho existentes, nomeadamente através da adoção de padrões OGC;
5. **Validar a adequação funcional e a usabilidade da plataforma**, recorrendo à recolha de feedback de potenciais utilizadores, de forma a verificar o alinhamento com as necessidades do público-alvo.

A concretização destes objetivos visa disponibilizar uma solução tecnológica integrada para a análise da severidade dos incêndios florestais, evidenciando o potencial das tecnologias web e da computação geoespacial em aplicações ambientais. Adicionalmente, pretende contribuir para a modernização e digitalização dos processos de gestão florestal, promovendo a adoção de soluções mais eficientes para mitigar os impactos associados aos incêndios florestais.

1.3. Contributo específico

O projeto SeverusPT tem como objetivo disponibilizar uma ferramenta digital para a monitorização da severidade dos incêndios florestais em Portugal Continental, integrando dados de deteção remota e análises geoespaciais num ambiente acessível e orientado para o apoio à decisão. Para alcançar este objetivo, tornou-se fundamental o desenvolvimento de uma plataforma web capaz de operacionalizar informação científica complexa, permitindo a sua visualização, análise e extração de forma intuitiva, eficiente e adaptada a diferentes perfis de utilizadores, nomeadamente investigadores, técnicos florestais e entidades gestoras do território (Gonçalves et al., 2022; Mota et al., 2024).

Neste contexto, o contributo específico desta dissertação incide na conceção, implementação e otimização do geoportal SeverusPT enquanto plataforma web operacional, assumindo-se como uma ligação entre a produção científica na área da severidade dos incêndios florestais e a sua aplicação prática em contextos reais de apoio à decisão. O trabalho desenvolvido destaca a integração tecnológica, a acessibilidade da informação geoespacial e a criação de mecanismos que facilitam a utilização efetiva destes dados por utilizadores com diferentes níveis de especialização técnica.

De forma concreta, as principais contribuições desta dissertação incluem:

- **Definição da Arquitetura do Sistema:** planeamento e estruturação da plataforma de forma modular e escalável, assegurando a integração eficiente com bases de dados e serviços geoespaciais e facilitando a sua evolução futura;
- **Implementação do Backend:** desenvolvimento de serviços e interfaces de programação de aplicações (APIs) para o processamento e disponibilização de dados de severidade, incluindo a geração de mapas e estatísticas baseadas em imagens de satélite e índices espectrais amplamente utilizados na literatura (Key & Benson, 2006; Lentile et al., 2006);
- **Construção do Frontend (Interface do Utilizador):** criação de uma interface web responsiva e acessível, permitindo a interação com os dados através de mapas dinâmicos, gráficos e ferramentas de análise, sem exigir conhecimentos aprofundados de Sistemas de Informação Geográfica (SIG);
- **Integração com Google Earth Engine e outras Fontes de Dados:** configuração de rotinas para a extração, processamento e atualização automática de imagens de satélite, garantindo consistência, atualidade e fiabilidade dos dados disponibilizados (Gonçalves et al., 2022; Mota et al., 2024);
- **Desenvolvimento de Serviços de Interoperabilidade Geoespacial:** implementação de um serviço WMS (*Web Map Service*) em conformidade com os princípios definidos pelo Open Geospatial Consortium (OGC), possibilitando o acesso direto aos dados a partir de software SIG (por exemplo, QGIS e ArcGIS) e de outras aplicações externas (OGC, 2006);
- **Otimização da Usabilidade e do Desempenho do Sistema:** adoção de soluções técnicas que asseguram uma experiência de utilização fluida e eficiente em diferentes dispositivos e contextos de utilização;
- **Testes e Validação da Plataforma:** realização de testes funcionais e recolha de feedback de potenciais utilizadores, permitindo ajustar funcionalidades e interface de forma a garantir robustez, acessibilidade e alinhamento com as necessidades do público-alvo.

O contributo do presente trabalho representa um avanço relevante na disponibilização e disseminação de dados sobre a severidade dos incêndios florestais, ao demonstrar como soluções web baseadas em computação geoespacial podem facilitar a articulação entre a

produção científica e a sua aplicação em contextos operacionais. Ao longo desta dissertação são descritas as opções técnicas adotadas, as dificuldades encontradas e as soluções implementadas, contribuindo para consolidar o projeto SeverusPT como uma referência nacional na análise da severidade dos incêndios e para evidenciar o potencial das tecnologias web na disseminação de informação geoespacial em contextos ambientais.

1.4. Metodologia geral

A estratégia de desenvolvimento do geoportal SeverusPT baseou-se numa abordagem iterativa e estruturada, enquadrável numa metodologia de investigação aplicada com desenvolvimento de sistema, combinando princípios de engenharia de software, processamento geoespacial e validação prática. Esta abordagem permitiu não apenas a implementação técnica da plataforma, mas também a avaliação da sua adequação enquanto ferramenta de apoio à análise e gestão da severidade dos incêndios florestais.

De forma geral, a metodologia adotada compreendeu as seguintes etapas principais:

1. **Levantamento de requisitos e definição da arquitetura:** Nesta fase procedeu-se à identificação das necessidades e expectativas dos diferentes perfis de utilizadores, incluindo investigadores, técnicos florestais e entidades gestoras do território. Com base nesse levantamento, definiram-se os principais componentes do sistema e a arquitetura global da plataforma, com particular atenção à modularidade, à escalabilidade e à interoperabilidade, de modo a assegurar a integração de múltiplas fontes de dados e de serviços geoespaciais.
2. **Desenvolvimento e implementação do sistema:** A fase de desenvolvimento abrangeu a implementação dos principais componentes do geoportal, incluindo os mecanismos de processamento e de disponibilização de dados geoespaciais, bem como a construção da interface web. Esta etapa contemplou a integração de dados provenientes de deteção remota e a operacionalização das funcionalidades de visualização e análise da severidade dos incêndios florestais, em alinhamento com os objetivos definidos.
3. **Testes e validação:** Foram realizados testes funcionais com o objetivo de avaliar a estabilidade, o desempenho e a consistência do sistema. Adicionalmente,

procedeu-se à validação da integração dos dados geoespaciais e à recolha de feedback de potenciais utilizadores, permitindo avaliar a usabilidade da plataforma e verificar se as funcionalidades implementadas respondiam de forma adequada às necessidades do público-alvo.

4. **Análise dos resultados e refinamento do sistema:** A fase final consistiu na análise do desempenho global do geoportal e na avaliação da sua eficácia enquanto ferramenta de apoio à disponibilização e análise de dados de severidade. Com base nos resultados obtidos, foram identificadas limitações, oportunidades de melhoria e funcionalidades a considerar em desenvolvimentos futuros.

Esta metodologia forneceu uma base sólida para o desenvolvimento estruturado do geoportal SeverusPT, permitindo equilibrar desempenho técnico, usabilidade e integração de dados geoespaciais. A natureza iterativa do processo possibilitou a realização de ajustes contínuos ao longo do desenvolvimento, assegurando a concretização dos objetivos definidos e o alinhamento com as questões de investigação formuladas. A descrição detalhada de cada uma destas etapas é apresentada nos capítulos seguintes, com foco especial na metodologia e nas soluções técnicas adotadas.

1.5. Organização do documento

A presente dissertação encontra-se organizada em cinco capítulos, seguidos das referências bibliográficas e dos anexos, de modo a apresentar de forma clara e estruturada o enquadramento, o desenvolvimento metodológico, os resultados e as conclusões associadas ao geoportal SeverusPT. Cada capítulo aborda uma componente fundamental do estudo, contribuindo para uma compreensão integrada do problema em análise, da solução proposta e do trabalho desenvolvido.

- **Capítulo 1** – Introdução: apresenta o enquadramento do estudo, a motivação, os objetivos e o contributo específico da dissertação. Inclui ainda as questões de investigação formuladas e a metodologia geral adotada;
- **Capítulo 2** – Revisão da Literatura: analisa os principais conceitos, metodologias e trabalhos relevantes relacionados com incêndios florestais, severidade do fogo, deteção remota, sistemas de informação geográfica (SIG), tecnologias web e

processamento de dados geoespaciais, enquadrando o projeto SeverusPT no estado da arte;

- **Capítulo 3** – Conceção, desenvolvimento e validação do geoportal SeverusPT: apresenta o processo de levantamento de requisitos, modelação, definição da arquitetura, seleção das tecnologias, implementação das principais funcionalidades, integração de dados geoespaciais e procedimentos de teste e validação da plataforma;
- **Capítulo 4** - Resultados e Discussão: apresenta e discute os principais resultados obtidos com o desenvolvimento do geoportal SeverusPT, destacando as funcionalidades implementadas, os produtos disponibilizados, os mecanismos de acesso e interoperabilidade, bem como o desempenho global da plataforma no contexto da monitorização da severidade dos incêndios florestais;
- **Capítulo 5** - Conclusões: sintetiza os principais contributos da dissertação, evidencia a relevância técnica e estratégica do geoportal desenvolvido, integra uma reflexão sobre condicionantes associadas à utilização dos dados e apresenta perspectivas de evolução futura da plataforma.

As **referências bibliográficas** reúnem as fontes científicas, técnicas e institucionais utilizadas ao longo do trabalho. Os **anexos** incluem documentação complementar relevante para a compreensão e contextualização do trabalho desenvolvido, nomeadamente materiais técnicos, relatórios adicionais e conteúdos de apoio.

2. Revisão da literatura

Este capítulo apresenta uma revisão da literatura sobre os principais conceitos e tecnologias que sustentam o desenvolvimento desta dissertação. A monitorização da severidade dos incêndios florestais tem-se afirmado como um desafio relevante, motivando o desenvolvimento de metodologias baseadas em deteção remota, análise geoespacial e infraestruturas digitais orientadas para o apoio à decisão.

A revisão inicia-se com o enquadramento dos incêndios florestais e da importância da monitorização da severidade, destacando a evolução das metodologias de avaliação e o papel dos índices espectrais. Seguidamente, abordam-se plataformas e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) aplicados à gestão de incêndios e à disseminação de informação para diferentes perfis de utilizadores. Posteriormente, analisam-se os princípios de arquitetura de sistemas web para dados espaciais, bem como as tecnologias de processamento, visualização e interoperabilidade. Por fim, discutem-se APIs e *frameworks* relevantes para o desenvolvimento de aplicações web geográficas, fundamentais para a implementação de plataformas acessíveis, escaláveis e orientadas para a disseminação de dados geoespaciais.

Esta revisão tem como objetivo enquadrar o desenvolvimento do geoportal SeverusPT, identificando metodologias, arquiteturas e tecnologias relevantes para a monitorização da severidade dos incêndios florestais, bem como limitações e desafios ainda existentes.

2.1. Incêndios florestais e a importância da monitorização da severidade

Os incêndios florestais são fenómenos naturais que, em determinados contextos, desempenham um papel ecossistémico relevante, contribuindo para a renovação de habitats, a reciclagem de nutrientes e a manutenção de processos ecológicos. Contudo, quando ocorrem com frequência elevada, intensidade e/ou extensão, podem comprometer a regeneração da vegetação, degradar os solos e colocar em risco comunidades humanas (Keeley, 2009).

A crescente severidade dos incêndios florestais tem sido impulsionada por múltiplos fatores, incluindo as alterações climáticas, o abandono rural e a acumulação de biomassa combustível, sobretudo em regiões mediterrânicas como Portugal (Gonçalves et al., 2023). Estes fatores criam condições favoráveis à propagação rápida do fogo, aumentando a complexidade da gestão e mitigação dos seus impactos.

Neste contexto, a severidade do incêndio refere-se ao grau de alteração provocado pelo fogo na estrutura, composição e funcionamento do ecossistema, refletindo impactos na vegetação e no solo após a ocorrência do evento. Importa distingui-la da intensidade do fogo, associada à energia libertada durante a combustão, enquanto a severidade se centra nas consequências ecológicas e biofísicas do incêndio (Keeley, 2009; Tanase et al., 2011).

A avaliação da severidade é fundamental para identificar áreas prioritárias para intervenção, estimar os tempos de recuperação e apoiar estratégias de gestão florestal e de ordenamento do território. Adicionalmente, influencia a estabilidade do solo e os ciclos hidrológicos, sendo determinante na antecipação de riscos secundários, como erosão e movimentos de vertente (Gonçalves et al., 2023).

Historicamente, a severidade era avaliada sobretudo através de trabalho de campo e metodologias qualitativas, com elevada exigência de tempo e recursos, particularmente em áreas ardidas extensas (Key & Benson, 2006). A evolução da deteção remota veio permitir estimativas mais consistentes e comparáveis no espaço e no tempo, com custos e tempos de resposta reduzidos.

Com base em imagens de satélite, foram desenvolvidos índices de severidade pós-incêndio que quantificam alterações na vegetação antes e depois do incêndio com base no índice espectral NBR:

- **NBR (Normalized Burn Ratio)** - índice baseado nas bandas do infravermelho próximo (NIR) e do infravermelho de ondas curtas (SWIR), amplamente utilizado para detetar alterações associadas ao fogo.

Com base no NBR foram calculados os seguintes índices de severidade que comparam as condições pré e pós-fogo através da diferença:

- **dNBR (delta Normalized Burn Ratio)** - diferença entre os valores NBR pré e pós-incêndio, permitindo estimar a severidade de forma quantitativa (Key & Benson, 2006);
- **RdNBR (Relativized delta Normalized Burn Ratio)** - variante do dNBR que introduz um ajuste relativo, reduzindo o efeito da variabilidade da vegetação pré-fogo e melhorando a comparabilidade entre áreas (Miller & Thode, 2007);
- **RBR (Relative Burn Ratio)** - métrica relativizada que procura minimizar efeitos de saturação, sobretudo em áreas com elevada biomassa, aumentando a robustez da estimativa de severidade (Parks et al., 2014).

Estes índices são tipicamente calculados a partir de sensores como Sentinel-2, Landsat e MODIS, possibilitando a monitorização de grandes extensões e a análise temporal da regeneração pós-fogo (Gonçalves et al., 2023). A sua ampla adoção resulta da robustez, simplicidade de cálculo e compatibilidade com séries temporais multisensor, permitindo análises multi-escala e comparações consistentes no tempo. Em mais detalhe, no caso do SeverusPT, as condições pré e pós-fogo foram obtidas através de compósitos trimestrais medianos de imagem, a 3, 6, 9 e 12 meses após a data de ocorrência do incêndio. Isto permitiu avaliar a severidade máxima (frequentemente concentrada no primeiro trimestre pós-fogo) e avaliar as trajetórias de mudança das áreas ardidas até um ano após o evento.

A monitorização da severidade tem vindo a tornar-se uma prática essencial para gestores florestais, entidades de proteção civil e investigadores, permitindo identificar padrões de impacto, apoiar a priorização de intervenções e otimizar estratégias de recuperação (Keeley, 2009; Marcos et al., 2023). Em paralelo, a evolução dos SIG e da computação em nuvem tem facilitado a automatização do processamento e a disseminação de mapas comparáveis no espaço e no tempo.

Em síntese, a literatura evidencia que a deteção remota fornece indicadores robustos para estimar severidade, mas a sua utilização operacional continua dependente de soluções que integrem múltiplas fontes, automatizem processamento e disponibilizem resultados de forma acessível. Esta lacuna justifica o desenvolvimento de plataformas como o SeverusPT, orientadas para operacionalizar estes métodos e disponibilizar produtos de severidade de forma padronizada e utilizável em contextos reais de gestão pós-incêndio.

2.2. Plataformas e sistemas de informação geográfica para gestão de incêndios

A utilização de plataformas digitais e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para a monitorização e gestão de incêndios florestais tem evoluído significativamente nas últimas décadas. Estas ferramentas desempenham um papel central na compilação, análise e disseminação de informação georreferenciada, permitindo a integração de múltiplas fontes de dados e o suporte a processos de tomada de decisão em diferentes escalas espaciais e temporais (Gonçalves et al., 2023).

Os SIG de ambiente desktop, como o QGIS e o ArcGIS, possibilitam a análise detalhada de padrões espaciais associados aos incêndios florestais, incluindo a geração de mapas de risco, modelos preditivos e avaliações de severidade. Estas plataformas permitem integrar dados de satélite, inventários florestais e registos históricos de ignições, suportando análises aprofundadas das áreas ardidas e dos impactos ambientais resultantes (Keeley, 2009; Kremens et al., 2010). Contudo, a sua utilização requer frequentemente competências técnicas especializadas e instalações locais, o que limita a disseminação rápida e padronizada de informação junto de um público mais alargado.

Como resposta a estas limitações, têm emergido portais e sistemas web especializados, que possuem ferramentas interativas para visualização, consulta e análise de dados geoespaciais relacionados com incêndios florestais. Estas plataformas assumem um papel crescente no apoio a entidades governamentais, equipas de proteção civil, investigadores e gestores florestais, ao garantirem um acesso mais rápido, centralizado e normalizado a informação crítica sobre a dinâmica dos incêndios.

2.2.1. Plataformas para monitorização de incêndios

Têm sido desenvolvidas diversas iniciativas com o objetivo de monitorizar incêndios florestais em tempo quase real e disponibilizar informação sobre a sua ocorrência, extensão e evolução. Entre as soluções mais relevantes, destacam-se:

- **Fire Information for Resource Management System (FIRMS)** - desenvolvido pela NASA, fornece dados globais sobre incêndios ativos e anomalias térmicas com base

em sensores como MODIS e VIIRS, disponibilizando mapas online, dados prontos para análise e serviços web;

- **Copernicus Emergency Management Service (CEMS)** - serviço da União Europeia que disponibiliza produtos cartográficos e serviços de apoio à gestão de emergências, incluindo informação relacionada com incêndios florestais. No domínio dos fogos florestais, integra o EFFIS;
- **European Forest Fire Information System (EFFIS)** integrado no CEMS, fornece informação histórica e em tempo quase real sobre incêndios florestais à escala europeia, incluindo áreas ardidas, incêndios ativos, perigo de incêndio e camadas temáticas disponibilizadas por serviços de dados.

A Tabela 1 sintetiza as principais características das plataformas descritas, comparando-as segundo dimensões relevantes para a disponibilização e exploração de dados de severidade pós-fogo, e permite enquadrar o posicionamento do SeverusPT face às soluções existentes.

Tabela 1 - Características das plataformas analisadas

Dimensão	FIRMS	EFFIS	GEE Apps	SeverusPT
Foco principal	Deteção de incêndios ativos	Área ardida, risco e informação operacional	Processamento geoespacial genérico	Severidade pós-fogo
Cobertura geográfica	Global	Europeia	Global	Portugal Continental
Índices de severidade (dNBR, RdNBR, RBR)	Não	Informação limitada/indireta	Não aplicável	Sim, padronizados
Download (dados e metadados)	Sim	Sim	Dependente da aplicação	Sim
Serviços OGC (WMS)	Sim	Sim	Não	Sim

Acesso público sem registo	Sim	Sim	Dependente da aplicação	Sim
-----------------------------------	-----	-----	-------------------------	-----

Apesar da sua relevância operacional, estas plataformas encontram-se predominantemente orientadas para a deteção de incêndios ativos, cartografia de área ardida e produtos gerais de apoio à gestão de risco, apresentando limitações no que respeita à exploração detalhada e sistemática da severidade pós-fogo ao nível espacial e temporal exigido por técnicos e investigadores. Em particular, a flexibilidade analítica, a organização padronizada dos produtos e a articulação direta com fluxos de trabalho específicos de análise pós-incêndio nem sempre se encontram asseguradas de forma integrada.

Neste contexto, o SeverusPT procura responder a estas lacunas ao disponibilizar ferramentas especificamente orientadas para a análise pós-incêndio da severidade, promovendo uma maior acessibilidade e exploração dos dados geoespaciais. A ferramenta SeverusPT Burn Severity Mapper constitui um exemplo desta abordagem, permitindo a visualização e análise de produtos de severidade derivados de imagens de satélite e índices espectrais (Gonçalves, 2024; Mota et al., 2024).

2.2.2. Desafios na conceção de plataformas de monitorização de incêndios

Apesar dos avanços tecnológicos observados, a conceção e implementação de plataformas integradas para a gestão de incêndios florestais continuam a enfrentar desafios significativos, nomeadamente:

- **Interoperabilidade entre sistemas** - a integração de serviços SIG, como Web Map Service (WMS), Web Feature Service (WFS) e bases de dados locais ou em ambiente *cloud*, exige a adoção de padrões abertos e infraestruturas escaláveis que assegurem a compatibilidade e a partilha eficiente de dados;
- **Escalabilidade no processamento e armazenamento** - o elevado volume de dados de satélite requer soluções baseadas em computação na nuvem capazes de garantir processamento eficiente sem comprometer a acessibilidade para os utilizadores finais;

- **Usabilidade e acessibilidade** - para maximizar a utilização dos dados geoespaciais, as plataformas devem disponibilizar interfaces intuitivas, adaptadas a utilizadores com diferentes níveis de literacia em SIG.

A evolução das tecnologias SIG e o crescimento da computação em nuvem têm permitido mitigar parte destas dificuldades, possibilitando a implementação de sistemas mais eficientes e escaláveis para análise de incêndios florestais. Neste âmbito, o Google Earth Engine (GEE) tem-se afirmado como uma plataforma de referência, permitindo o processamento de grandes volumes de imagens de satélite e a aplicação de algoritmos de cálculo de índices espectrais e de análise da severidade (Gorelick et al., 2017).

Estudos recentes demonstram que plataformas baseadas em computação na nuvem podem acelerar significativamente o processamento de imagens de satélite, melhorar a consistência metodológica das análises e facilitar a disponibilização e exportação de produtos geoespaciais. Trabalhos como os de Gorelick et al. (2017), no contexto do Google Earth Engine, e de Gonçalves et al. (2023), aplicados à monitorização da severidade de incêndios florestais, evidenciam ganhos substanciais em eficiência computacional, reprodutibilidade e acessibilidade dos dados.

Assim, os desafios identificados tais como interoperabilidade, escalabilidade e usabilidade, assumem-se como requisitos centrais no desenvolvimento do geoportal SeverusPT, influenciando diretamente as opções arquiteturais e tecnológicas apresentadas nos capítulos seguintes.

2.3. Arquitetura de sistemas de dados espaciais na web

A crescente procura por dados geoespaciais atualizados, de elevada resolução e em grande volume tem impulsionado o desenvolvimento de arquiteturas escaláveis e modulares, otimizadas para processamento intensivo em ambiente web. Para além de suportarem grandes quantidades de informação, estes sistemas devem garantir interoperabilidade entre diferentes aplicações SIG, permitindo uma partilha e análise eficientes dos dados geoespaciais (Marcos et al., 2021).

A arquitetura de um sistema de dados espaciais varia em função dos requisitos de desempenho, escalabilidade, interoperabilidade e integração com outras plataformas. De forma geral, podem identificar-se três abordagens principais:

- **Cliente-servidor tradicional:** baseia-se num servidor central responsável pelo armazenamento e processamento dos dados, enquanto o cliente (por exemplo, QGIS ou ArcGIS) consome a informação disponibilizada (Longley et al., 2015). Apesar da simplicidade de implementação, esta abordagem pode apresentar limitações na gestão de grandes volumes de dados e no suporte a múltiplos utilizadores em simultâneo;
- **Arquitetura distribuída e em nuvem:** tira partido de infraestruturas de computação em nuvem, permitindo processamento e armazenamento distribuídos (Gonçalves et al., 2023). Este modelo possibilita análises eficientes de imagens de satélite e séries temporais extensas, reduzindo a dependência de infraestruturas locais de elevado desempenho;
- **Arquitetura baseada em serviços Web:** centra-se na disponibilização de funcionalidades através de APIs e protocolos padronizados, como WMS, WFS e WMTS, assegurando a interoperabilidade e facilitando a integração com diversas ferramentas SIG e aplicações web (Percivall, 2011).

A seleção da arquitetura mais adequada deve considerar fatores como custo, flexibilidade, velocidade de processamento e número de utilizadores-alvo, sendo frequentemente adotadas abordagens híbridas que combinam diferentes modelos arquiteturais.

Para responder às exigências de processamento em larga escala e de análise em tempo quase real, os sistemas de dados espaciais recorrem a diferentes componentes tecnológicos, nomeadamente:

- **Bases de dados geoespaciais:** soluções como o PostGIS (extensão do PostgreSQL) e o Spatialite suportam tipos de dados espaciais e permitem a execução de consultas geográficas avançadas (Rigaux et al., 2001);
- **Plataformas de computação em nuvem:** ferramentas como o Google Earth Engine, AWS Earth e Microsoft Azure possibilitam o processamento distribuído e o acesso

remoto a grandes repositórios de dados geoespaciais (Tamiminia et al., 2020). A utilização de formatos otimizados, como *Cloud Optimized GeoTIFF* (COG), facilita a indexação e o acesso escalável a dados raster;

- **Estratégias de indexação espacial:** mecanismos como índices R-Tree ou estruturas de dados otimizadas permitem melhorar significativamente o desempenho na manipulação de grandes conjuntos de dados, incluindo imagens de satélite e modelos digitais de terreno;

A adoção de padrões abertos promovidos pelo Open Geospatial Consortium (OGC) assume um papel fundamental na integração e interoperabilidade entre sistemas SIG (Percivall, 2011). Estes padrões definem protocolos para o acesso, partilha e visualização de dados geoespaciais, destacando-se:

- **Web Map Service (WMS):** permite a disponibilização de mapas raster renderizados dinamicamente, reduzindo a transferência de grandes volumes de dados (OGC, 2006);
- **Web Feature Service (WFS):** possibilita o acesso e edição de dados vetoriais, promovendo a atualização contínua da informação geoespacial (OGC, 2005).

Embora serviços como WFS ou WCS (Web Coverage Service) sejam particularmente relevantes em contextos que exigem acesso direto a dados vetoriais ou coberturas raster completas, a disseminação de informação de severidade de incêndios privilegia frequentemente serviços WMS, por oferecerem uma visualização eficiente de mapas raster e uma integração mais simples em plataformas web orientadas para a disseminação pública.

A evolução das infraestruturas de computação em nuvem veio transformar de forma significativa a forma como grandes volumes de dados geoespaciais são armazenados e processados (Gonçalves et al., 2023). Estas infraestruturas permitem o cálculo de índices espectrais e a geração de mapas de severidade em tempo quase real, recorrendo a processamento paralelo, armazenamento distribuído e APIs web que simplificam a comunicação entre camadas de processamento (backend) e visualização (frontend).

Em síntese, a literatura evidencia que arquiteturas baseadas em serviços web, computação em nuvem e padrões abertos constituem a base para sistemas geoespaciais escaláveis, interoperáveis e orientados à disseminação pública. Estes princípios arquiteturais fundamentam as opções adotadas no desenvolvimento do geoportal SeverusPT, descritas no capítulo seguinte, visando assegurar eficiência no processamento, acessibilidade da informação e integração com fluxos de trabalho SIG existentes.

2.4. Tecnologias para processamento e visualização de dados geoespaciais

O tratamento de dados geoespaciais requer um conjunto de tecnologias capazes de transformar grandes volumes de informação espacial em produtos úteis para análise, apoio à decisão e comunicação. No contexto da monitorização da severidade dos incêndios florestais, estas tecnologias assumem um papel central ao permitir o processamento eficiente de imagens de satélite, a análise temporal de dados e a disponibilização de resultados através de interfaces interativas. Nesta secção são analisadas as principais soluções de processamento e visualização, complementando os aspetos arquiteturais discutidos na Secção 2.3.

2.4.1. Computação geoespacial: plataformas e APIs

O processamento geoespacial engloba operações como o cálculo de índices espectrais (por exemplo, NBR, dNBR, RdNBR e RBR), a análise de séries temporais e, em contextos mais avançados, a aplicação de técnicas de modelação e *machine learning*. Estas operações requerem infraestruturas computacionais capazes de lidar com grandes volumes de dados e de fornecer resultados em tempo útil.

Neste contexto, têm-se destacado plataformas e serviços de computação geoespacial em ambiente *cloud*, que permitem escalar o processamento e reduzir a dependência de infraestruturas locais. Entre estas soluções, o Google Earth Engine (GEE) assume particular relevância ao disponibilizar extensas coleções de imagens de satélite e ferramentas integradas para análise geoespacial, facilitando o cálculo de índices de severidade e a análise de grandes áreas (Gonçalves et al., 2023). De forma complementar, APIs de computação geoespacial e serviços de armazenamento em nuvem possibilitam o acesso remoto a repositórios de dados e o processamento distribuído. Este modelo reduz a

dependência de infraestruturas computacionais locais e favorece a monitorização contínua da severidade dos incêndios (Armbrust et al., 2010; Tamiminia et al., 2020).

Estas abordagens revelam-se particularmente adequadas em cenários que exigem resultados atualizados de forma ágil, como a análise pós-incêndio à escala regional ou nacional, justificando a sua adoção em plataformas orientadas para a monitorização operacional da severidade.

2.4.2. Frameworks e bibliotecas de visualização 2D

A visualização dos resultados constitui uma etapa fundamental na interpretação e comunicação da informação geoespacial. Em aplicações web, esta função é frequentemente assegurada por bibliotecas JavaScript que permitem a representação interativa de camadas raster e vetoriais sobre mapas dinâmicos.

Bibliotecas como Leaflet, OpenLayers e Mapbox GL são amplamente utilizadas neste contexto, oferecendo diferentes níveis de desempenho, flexibilidade e suporte a padrões OGC. Estas ferramentas permitem a sobreposição de mapas de severidade com outras camadas relevantes, como limites administrativos ou infraestruturas, facilitando análises comparativas e apoiando a tomada de decisão por diferentes perfis de utilizadores (Agafonkin, 2011).

A escolha entre estas bibliotecas depende de fatores como o volume de dados a visualizar, os requisitos de personalização cartográfica e a necessidade de integração com serviços normalizados são aspetos que devem ser ponderados no desenvolvimento de plataformas web geoespaciais orientadas à disseminação pública, como é o caso do SeverusPT.

2.4.3. Visualização 3D e análise avançada

Embora a representação bidimensional continue a predominar em aplicações de monitorização da severidade dos incêndios, as tecnologias de visualização tridimensional têm vindo a assumir maior relevância em contextos de análise geoespacial avançada, nomeadamente na interpretação de terrenos, na análise topográfica e na exploração de cenários espaciais complexos (Biljecki et al., 2015). Ferramentas como CesiumJS e deck.gl

permitem representar terrenos e fenómenos espaciais em ambientes 3D, podendo oferecer vantagens na análise de áreas com relevo acentuado e em aplicações de simulação ou modelação.

No entanto, estas abordagens apresentam maior complexidade técnica e requisitos computacionais mais elevados, sendo frequentemente mais adequadas a contextos especializados do que a plataformas orientadas para disseminação pública. Em aplicações web destinadas ao apoio à decisão operacional, a visualização 2D continua a ser frequentemente privilegiada devido à sua simplicidade, desempenho e facilidade de utilização (Longley et al., 2015).

No contexto do SeverusPT, optou-se por não integrar visualização 3D, privilegiando soluções mais leves, amplamente suportadas e compatíveis com padrões abertos, adequadas à visualização interativa de mapas de severidade e ao acesso por múltiplos perfis de utilizador.

2.5. APIs e frameworks para desenvolvimento de aplicações web geográficas

A crescente necessidade de disponibilizar, explorar e analisar dados geoespaciais na web tem impulsionado o desenvolvimento de APIs e frameworks especializados, que simplificam a construção de aplicações dinâmicas, escaláveis e interativas. Estas tecnologias viabilizam a integração de dados espaciais, a visualização intuitiva de informação geográfica e a execução de análises geoespaciais em tempo quase real, assumindo um papel central em aplicações orientadas para o apoio à decisão (Longley et al., 2015).

De forma geral, as tecnologias utilizadas no desenvolvimento de aplicações web geográficas podem ser agrupadas em quatro categorias principais: frameworks frontend, APIs geoespaciais para processamento e visualização, serviços baseados em padrões OGC e arquiteturas backend orientadas a SIG.

2.5.1. Frameworks frontend para aplicações web geográficas

As frameworks frontend permitem o desenvolvimento de interfaces reativas e eficientes para a interação com mapas e camadas geoespaciais, sendo particularmente relevantes no

contexto de aplicações web dinâmicas e Single-Page Applications (SPAs). Entre as soluções mais adotadas destacam-se frameworks como React, Vue.js e Svelte/SvelteKit, que oferecem diferentes abordagens à construção de interfaces modulares e de elevado desempenho.

A utilização destas frameworks contribui para a criação de interfaces fluidas e intuitivas, facilitando a integração de bibliotecas cartográficas e APIs geoespaciais, bem como a adaptação da interface a diferentes perfis de utilizadores e dispositivos. A escolha da framework adequada depende de fatores como desempenho, facilidade de manutenção e compatibilidade com as restantes camadas do sistema, aspetos considerados no desenvolvimento do SeverusPT (Mota et al., 2024).

2.5.2. APIs geoespaciais para processamento e visualização de dados

As APIs geoespaciais permitem o acesso remoto a dados espaciais e a serviços de análise, possibilitando a interação direta com imagens de satélite, modelos digitais de terreno e bases de dados SIG. Estas interfaces são fundamentais para integrar capacidades avançadas de processamento e visualização em aplicações web.

Entre as soluções mais relevantes, destaca-se a Google Earth Engine API, que disponibiliza métodos para pesquisa e análise de grandes coleções de imagens de satélite, permitindo o cálculo eficiente de índices espectrais e a identificação de padrões espaciais à escala regional e global (Gonçalves et al., 2023). De forma complementar, APIs como a Mapbox API e a ArcGIS API para JavaScript fornecem funcionalidades avançadas para renderização cartográfica e manipulação de dados vetoriais, facilitando a personalização e a integração de mapas interativos em aplicações web (Esri, 2023).

A utilização destas APIs suporta o tratamento de grandes volumes de dados e simplifica a incorporação de análises geoespaciais em plataformas web orientadas para a disseminação pública e o apoio à decisão.

2.5.3. Padrões OGC e serviços de disseminação de dados geoespaciais

A interoperabilidade em sistemas de informação geográfica assenta em padrões abertos definidos pelo Open Geospatial Consortium (OGC), como WMS, WFS e WMTS, que permitem a partilha estruturada de dados entre aplicações web e desktop. Estes padrões são particularmente relevantes em arquiteturas orientadas à disseminação e reutilização de informação geoespacial, assegurando compatibilidade entre diferentes plataformas e ferramentas SIG.

A adoção de serviços baseados em padrões OGC facilita a integração de dados geoespaciais em fluxos de trabalho existentes e promove a reutilização da informação em diferentes contextos de análise e visualização.

2.5.4. Arquiteturas backend para aplicações SIG e microserviços geoespaciais

As aplicações web geográficas requerem um backend robusto para a gestão de dados espaciais, execução de análises geoespaciais e distribuição de camadas de informação. O paradigma de microserviços tem vindo a ser adotado em sistemas web escaláveis, ao permitir a separação de funcionalidades, a evolução independente dos componentes e a comunicação através de mecanismos leves, frequentemente baseados em APIs RESTful (Fowler & Lewis, 2014). Em complemento, plataformas de computação em nuvem e arquiteturas distribuídas para processamento geoespacial tornam viável a execução de workflows complexos e a manipulação eficiente de grandes volumes de dados raster e vetoriais (Pakdil et al., 2021; Tamiminia et al., 2020).

2.5.5. Fatores a considerar na Escolha de APIs e frameworks para aplicações SIG

A seleção das APIs e *frameworks* mais adequados para o desenvolvimento de aplicações web geográficas depende de diversos critérios técnicos e operacionais, entre os quais se destacam:

- **Desempenho e Escalabilidade:** essenciais em sistemas que processam grandes volumes de dados geoespaciais e requerem tempos de resposta reduzidos;

- **Complexidade da Análise Geoespacial:** variando entre aplicações orientadas apenas à visualização cartográfica e sistemas que integram análises avançadas, como séries temporais ou algoritmos de *machine learning*;
- **Integração com Serviços na Nuvem:** capacidade de ligação direta a plataformas de computação e armazenamento em cloud, permitindo o processamento distribuído, a atualização contínua dos dados e a redução da dependência de infraestruturas locais.

A adoção de soluções modulares, escaláveis e baseadas em padrões abertos permite o desenvolvimento de aplicações mais robustas, acessíveis e interoperáveis, maximizando o valor dos dados geoespaciais para diferentes perfis de utilizadores.

2.6. Considerações finais

A literatura analisada evidencia um conjunto consistente de metodologias, arquiteturas e tecnologias para a monitorização de incêndios florestais, destacando a severidade como um parâmetro crítico para apoiar ações de recuperação e mitigação de riscos futuros. Os avanços em deteção remota, sistemas de informação geográfica, computação em nuvem e tecnologias web têm permitido o desenvolvimento de plataformas integradas capazes de disponibilizar dados geoespaciais em tempo quase real a uma ampla diversidade de utilizadores (Keeley, 2009; Gonçalves et al., 2023).

A análise das plataformas existentes evidencia que, apesar da disponibilidade crescente de dados de deteção remota e de ferramentas de processamento geoespacial, continua a existir uma lacuna relevante entre a produção científica de produtos de severidade e a sua disponibilização operacional e acessível a diferentes perfis de utilizadores (Gonçalves et al., 2022). É neste enquadramento que se insere o desenvolvimento do geoportal SeverusPT, respondendo ao problema identificado na revisão da literatura, em particular aplicado ao contexto nacional.

Neste enquadramento, o SeverusPT posiciona-se como uma solução orientada para a operacionalização destes avanços, ao integrar dados de múltiplos sensores, algoritmos de processamento de índices espectrais e interfaces web interativas para análise e exportação de resultados. Os tópicos abordados ao longo desta revisão desde a relevância da

severidade até às arquiteturas e tecnologias web geoespaciais, fundamentam as opções metodológicas e arquiteturais apresentadas no capítulo seguinte, sustentando o desenvolvimento de um geoportal robusto e escalável para a monitorização da severidade dos incêndios florestais em Portugal Continental.

3. Conceção, desenvolvimento e validação do geoportal SeverusPT

Este capítulo apresenta o processo de conceção, desenvolvimento e validação do geoportal SeverusPT, detalhando as etapas, opções técnicas e decisões de implementação que orientaram a construção da plataforma. O trabalho insere-se num contexto de investigação aplicada com desenvolvimento e avaliação de sistema, tendo como objetivo a criação de uma solução funcional para a organização, disponibilização, consulta e disseminação de informação sobre a severidade dos incêndios florestais em Portugal Continental.

Com base no enquadramento teórico apresentado no Capítulo 2, este processo apoiou-se na integração de técnicas de deteção remota, processamento geoespacial e tecnologias web, articuladas numa arquitetura modular e escalável. As opções adotadas refletem os principais desafios identificados na literatura, nomeadamente no que respeita à acessibilidade aos dados, à interoperabilidade entre sistemas, à escalabilidade do processamento e à usabilidade para diferentes perfis de utilizadores.

O desenvolvimento do SeverusPT seguiu uma abordagem iterativa, permitindo a evolução progressiva das funcionalidades e a validação contínua da plataforma ao longo do processo. Esta abordagem facilitou a incorporação sucessiva de melhorias, contribuindo para a consistência dos resultados, o desempenho do sistema e o alinhamento com os objetivos definidos para a dissertação.

Ao longo deste capítulo, são descritos o levantamento e a priorização de requisitos, a arquitetura geral do sistema, as tecnologias utilizadas no backend e no frontend, os mecanismos de processamento, gestão e disseminação de dados geoespaciais, bem como os procedimentos de teste e validação adotados. Esta descrição estabelece a base para a apresentação e discussão dos resultados no capítulo seguinte.

3.1. Levantamento e priorização de requisitos

Antes da fase de implementação, foi realizado um processo estruturado de levantamento e priorização de requisitos, envolvendo potenciais utilizadores e entidades relevantes no contexto da monitorização e gestão de incêndios florestais. A identificação de requisitos funcionais e não funcionais teve como objetivo assegurar que a plataforma respondesse de

forma eficaz às necessidades práticas e operacionais dos utilizadores finais, bem como aos desafios técnicos identificados na literatura.

Os requisitos identificados foram classificados em funcionais (relacionados com as funcionalidades e capacidades da plataforma) e não funcionais (relacionados com o desempenho, interoperabilidade, acessibilidade e usabilidade), de modo a estruturar e orientar de forma consistente as decisões de desenvolvimento.

Este processo incluiu a aplicação de questionários e a realização de workshops participativos com estudantes, investigadores, empresas do setor florestal e representantes de entidades públicas responsáveis pela gestão de incêndios e conservação da natureza. Os participantes foram convidados a indicar e a classificar as características consideradas mais relevantes para um geoportal web dedicado à análise da severidade dos incêndios, nomeadamente:

- Resolução espacial e temporal dos dados;
- Frequência de atualização;
- Facilidade de utilização da interface;
- Interoperabilidade com software SIG (ex.: QGIS, ArcGIS);
- Possibilidade de exportação de dados;
- Visualização interativa e responsiva;
- Acesso via browser sem necessidade de instalação adicional.

De acordo com o relatório de análise das respostas ao questionário do projeto SeverusPT (SeverusPT, 2024) e das interações realizadas nos workshops permitiu atribuir uma importância relativa a cada requisito, orientando a sua priorização no processo de desenvolvimento. De um modo geral, os resultados desse processo de levantamento de requisitos evidenciaram uma valorização significativa de critérios associados à atualização dos dados, ao acesso via browser, à simplificação do processo de atualização da severidade e à utilização de soluções baseadas em software livre e de código aberto, refletindo a necessidade de uma plataforma operacional, acessível e facilmente integrável em diferentes contextos institucionais.

A Figura 1 apresenta uma síntese das pontuações atribuídas aos requisitos considerados mais relevantes pelos participantes. Os resultados evidenciam uma valorização

particularmente elevada de critérios relacionados com a atualização simplificada dos dados de severidade, o acesso via browser, a utilização de soluções baseadas em software livre e de código aberto (FOSS) e a possibilidade de automatização do processo de atualização. Em contraste, aspetos como a gestão avançada de utilizadores ou funcionalidades mais complexas foram considerados menos prioritários nesta fase.

Esta hierarquização de requisitos influenciou diretamente as decisões metodológicas e arquiteturais adotadas no desenvolvimento do SeverusPT, nomeadamente a opção por uma plataforma web acessível sem instalação local, baseada em tecnologias open source e suportada por processos de atualização automatizados.

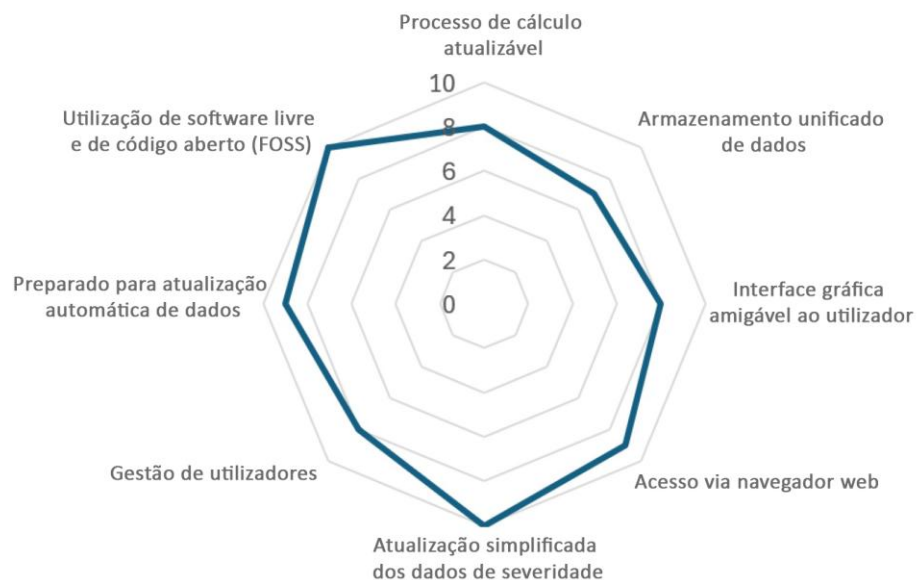


Figura 1 - Pontuações de relevância para cada requisito da plataforma web. Adaptado de Castro et al. (2025)

O levantamento de requisitos assumiu uma natureza iterativa, envolvendo múltiplas interações ao longo do desenvolvimento do sistema. Em diferentes momentos do processo, nomeadamente durante a validação do protótipo inicial, a implementação do sistema de filtros e a integração de metadados, foram realizadas sessões de demonstração e recolha de feedback qualitativo, com o objetivo de aferir a adequação funcional e a usabilidade da plataforma. As sugestões recolhidas, como a simplificação da estrutura de filtros e a melhoria da apresentação dos metadados, foram incorporadas de forma incremental,

reforçando a adequação do sistema às necessidades dos utilizadores e influenciando as decisões arquiteturais e funcionais descritas nas secções seguintes.

3.2. Modelação de software

3.2.1. Diagrama de casos de uso

O diagrama de casos de uso tem como objetivo identificar as principais funcionalidades do geoportal SeverusPT e explicitar a relação entre essas funcionalidades e os diferentes perfis de utilizador, assegurando coerência entre requisitos funcionais e permissões de acesso.

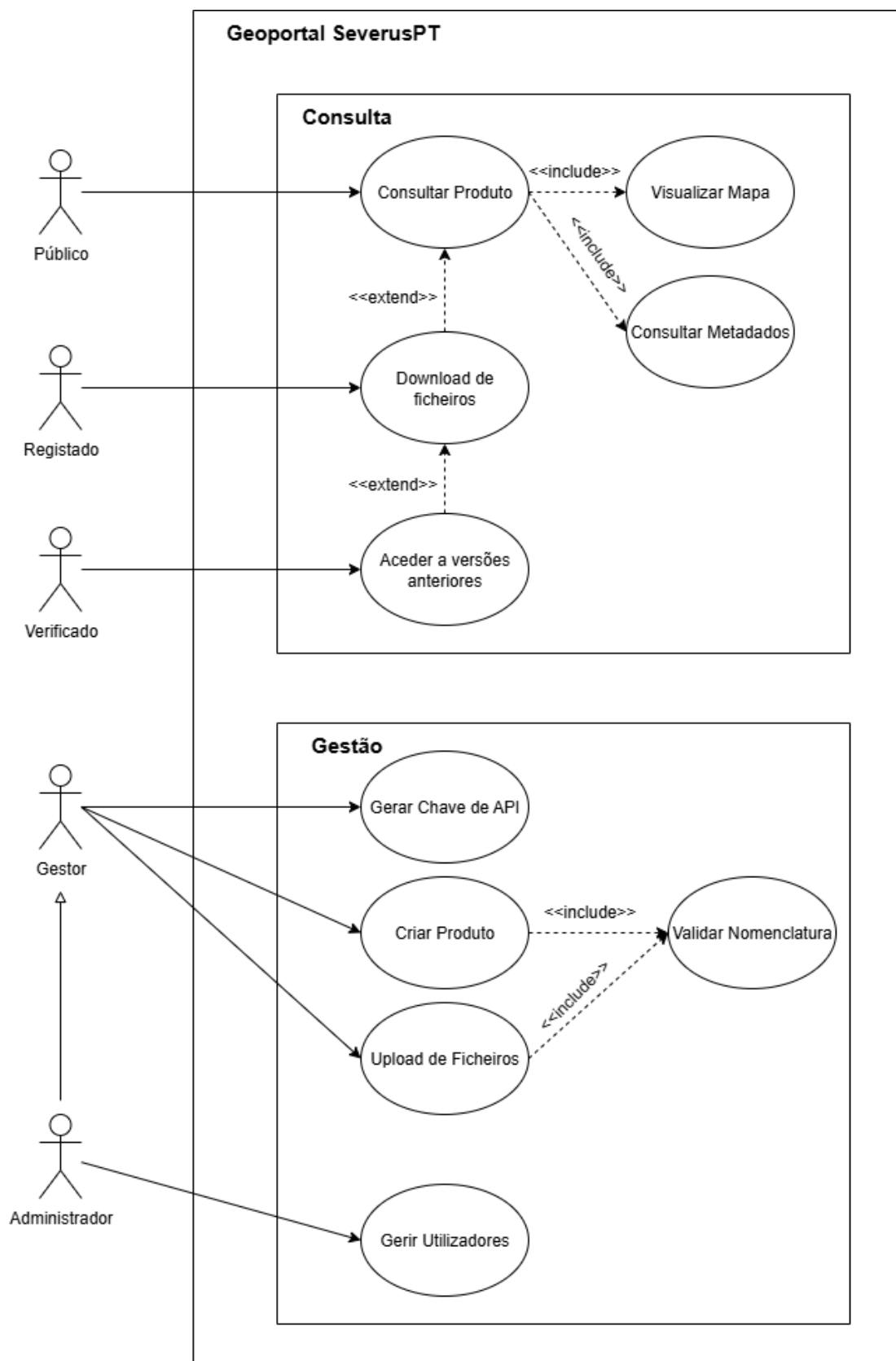


Figura 2 - Diagrama de casos de uso do Geoportal SeverusPT

Os principais atores do geoportal são: Público, Registrado, Verificado, Gestor e Administrador, com permissões progressivas desde a visualização até à administração do sistema. A figura 3 sintetiza os casos de uso por ator, que incluem:

- **Público:** consultar produtos no portal - este caso inclui a visualização do mapa e a consulta de metadados;
- **Registrado:** tudo o que o Público pode fazer, acrescentando a transferência de ficheiros;
- **Verificado:** tudo o que o Registrado pode fazer, acrescentando o acesso a versões anteriores de ficheiros/produtos;
- **Gestor:** gerar chave de API, criar produto e fazer upload de ficheiros (incluem a validação de nomenclatura);
- **Administrador:** além das capacidades do Gestor, gerir utilizadores (criar/editar/remover);

As permissões dos atores aqui descritos estão detalhadas na secção 4.2.2 (Perfis de Utilizador e Níveis de Acesso), enquanto as funcionalidades associadas à gestão de conteúdos são apresentadas na secção 4.2.5.



Figura 3 - Estrutura hierárquica dos perfis de utilizador e respetivos níveis de acesso no geoportal SeverusPT. Adaptado de Castro et al. (2025)

3.2.2. Descrição dos casos de uso

A descrição dos casos de uso identificados no diagrama anterior é apresentada nas tabelas 2 a 8 e inclui a especificação do ator principal, dos atores secundários quando aplicável, das pré e pós-condições, do cenário principal de interação e dos cenários alternativos ou exceções relevantes.

UC1 – Consultar produto

Tabela 2- Caso de uso UC1: Consultar produto

Campo	Descrição
Id	UC1
Caso de Uso	Consultar Produto
Ator Principal	Público
Atores Secundários	Registado, Verificado
Pré-condições	Existirem produtos publicados no sistema
Pós-condições	Produto visualizado e/ou metadados consultados
Cenário Principal	1. O utilizador acede ao geoportal. 2. O utilizador seleciona um produto. 3. O sistema apresenta o produto no mapa (Visualizar Mapa). 4. O utilizador consulta os metadados associados (Consultar Metadados).
Cenários Alternativos	A1: Não existem produtos para os filtros selecionados → o sistema informa o utilizador.
Exceções	E1: Falha no carregamento do mapa → o sistema apresenta mensagem de erro.

UC2 – Download de ficheiros

Tabela 3 - Caso de uso UC2: Download de ficheiros

Campo	Descrição
Id	UC2
Caso de Uso	Download de Ficheiros
Ator Principal	Registado
Atores Secundários	Verificado
Pré-condições	Utilizador autenticado; ficheiros disponíveis
Pós-condições	Download do ficheiro iniciado/concluído
Cenário Principal	1. O utilizador seleciona um produto. 2. O utilizador solicita o download. 3. O sistema valida permissões. 4. O sistema disponibiliza o ficheiro (ou pacote ZIP).
Cenários Alternativos	A1: Utilizador não autenticado → redireciona para autenticação.
Exceções	E1: Ficheiro indisponível → o sistema informa o utilizador.

UC3 – Aceder a versões anteriores

Tabela 4 - Caso de uso UC3: Aceder a versões anteriores

Campo	Descrição
Id	UC3
Caso de Uso	Aceder a Versões Anteriores
Ator Principal	Verificado
Pré-condições	Existirem versões históricas do produto
Pós-condições	Versão histórica visualizada ou transferida
Cenário Principal	1. O utilizador seleciona um produto. 2. O utilizador acede à lista de versões anteriores. 3. O sistema apresenta as versões disponíveis. 4. O utilizador seleciona uma versão.

Exceções	E1: Não existem versões anteriores → o sistema informa o utilizador.
-----------------	--

UC4 – Gerar chave de API

Tabela 5 - Caso de uso UC4: Gerar chave de API

Campo	Descrição
Id	UC4
Caso de Uso	Gerar Chave de API
Ator Principal	Gestor
Atores Secundários	Administrador
Pré-condições	Utilizador autenticado com permissões adequadas
Pós-condições	Chave de API criada e associada ao utilizador
Cenário Principal	1. O utilizador acede à área de gestão. 2. Seleciona “Gerar chave de API”. 3. O sistema cria e armazena a chave de forma segura. 4. O sistema apresenta a chave mascarada.
Exceções	E1: Falha na geração → o sistema apresenta erro.

UC5 – Criar produto

Tabela 6 - Caso de uso UC5: Criar produto

Campo	Descrição
Id	UC5
Caso de Uso	Criar Produto
Ator Principal	Gestor
Atores Secundários	Administrador
Pré-condições	Utilizador autenticado
Pós-condições	Produto criado no sistema
Cenário Principal	1. O utilizador introduz os dados do produto. 2. O sistema valida a nomenclatura.

	3. O sistema cria o produto.
Exceções	E1: Código inválido ou duplicado → criação rejeitada.

UC6 – Upload de ficheiros

Tabela 7 - Caso de uso UC6: Upload de ficheiros

Campo	Descrição
Id	UC6
Caso de Uso	Upload de Ficheiros
Ator Principal	Gestor
Atores Secundários	Administrador
Pré-condições	Produto existente; utilizador autenticado
Pós-condições	Ficheiros publicados ou erro registado
Cenário Principal	1. O utilizador seleciona ficheiros. 2. O sistema valida nomenclatura. 3. O sistema guarda os ficheiros. 4. O sistema publica a versão.
Cenários Alternativos	A1: Erros de nomenclatura → upload bloqueado.
Exceções	E1: Falha no armazenamento → erro registado.

UC7 – Gerir utilizadores

Tabela 8 - Caso de uso UC7: Gerir utilizadores

Campo	Descrição
Id	UC7
Caso de Uso	Gerir Utilizadores
Ator Principal	Administrador
Pré-condições	Administrador autenticado
Pós-condições	Utilizador criado/atualizado/removido
Cenário Principal	1. O administrador acede à gestão de utilizadores. 2. Cria, edita ou remove um utilizador.

	3. Define o respetivo perfil.
Exceções	E1: Dados inválidos → operação rejeitada.

3.2.3. Modelo de domínio (Diagrama de Classes UML)

O modelo de domínio do SeverusPT representa os conceitos de negócio que sustentam os casos de uso do geoportal e organiza-os em quatro blocos lógicos (pacotes UML), distinguindo claramente o que é persistido em base de dados do que é armazenado externamente (ficheiros GeoTIFF/COG e respetivos metadados). No diagrama apresentado na Figura 4 são utilizadas as seguintes convenções UML: <<DB>> para entidades persistidas, <<Storage>> para objetos armazenados fora da BD, <<Value>> para objetos-valor agregados a outras entidades, e <<Service>> para processos/serviços de aplicação.

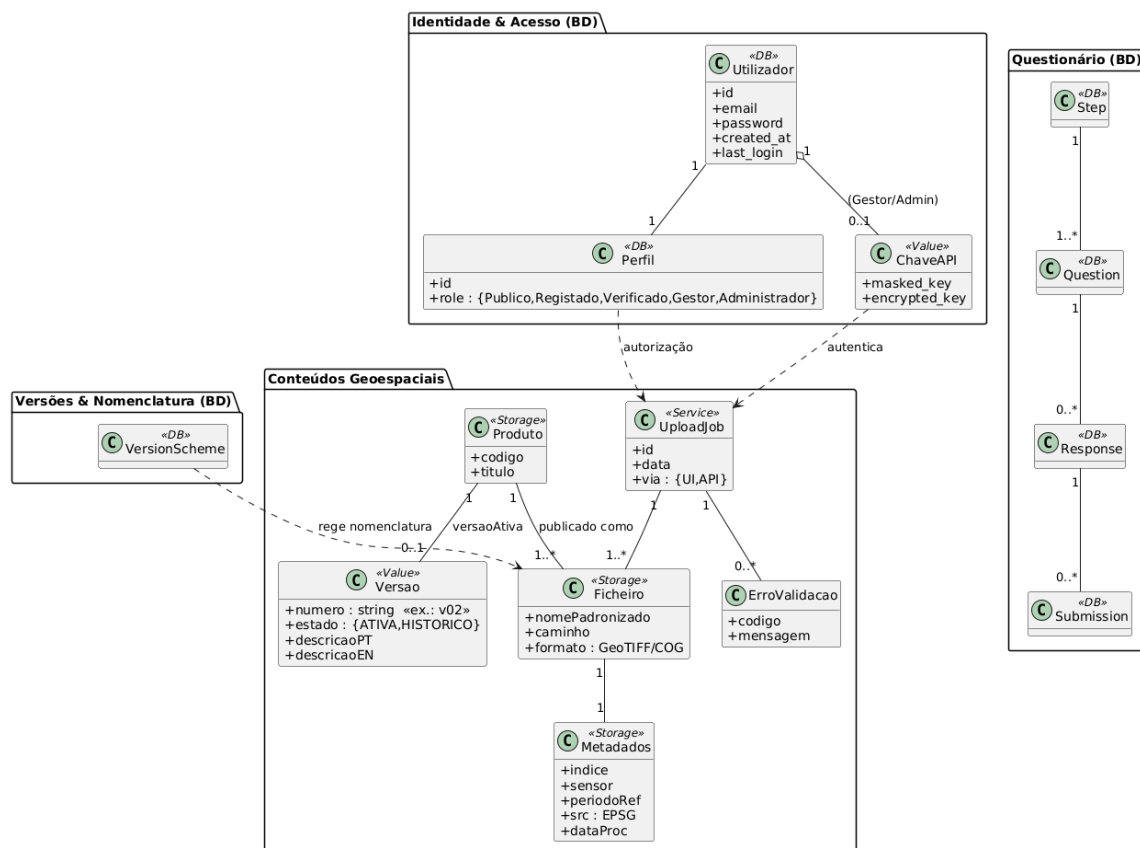


Figura 4 - Modelo de domínio do SeverusPT

Os elementos do modelo de domínio são:

i. Conteúdos geoespaciais

Este bloco foca a publicação e consumo de produtos raster.

- **Produto** (<<Storage>>) agrega os ficheiros publicados de um dado indicador/índice e é identificado por um *código* e *título*.
- **Versão** (<<Value>>) é um objeto-valor associado ao **Produto** que explicita o *número de versão* (p.ex., v02), o *estado* (*ATIVA* ou *HISTÓRICO*) e pequenas descrições. Mantém-se apenas uma versão ativa por produto (Produto 1 — 0..1 Versao). As versões históricas materializam-se nos próprios ficheiros guardados com nomenclatura padronizada.
- **Ficheiro** (<<Storage>>) representa cada artefacto publicado (GeoTIFF/COG) e contém o *nome padronizado*, *caminho* e *formato*.
- **Metadados** (<<Storage>>) detalham o *índice* (p.ex., dNBR/RdNBR), *sensor* (S2, L8...), *período de referência*, *SRC* (EPSG) e *data de processamento*; cada Ficheiro tem exatamente um conjunto de Metadados.
- **UploadJob** (<<Service>>) modela o processo de publicação (via UI ou API), que recebe um ou mais ficheiros, valida a nomenclatura e efetua o *commit* para o armazenamento.
- **ErroValidacao** regista inconformidades detetadas durante o *upload* (nomes, componentes em falta, datas inválidas, etc.), associadas ao respetivo **UploadJob**.

ii. Identidade e acesso (BD).

Modela a autenticação, autorização e credenciais de integração.

- **Utilizador** (<<DB>>) guarda as credenciais e dados de auditoria;
- **Perfil** (<<DB>>) define o papel do utilizador (*Público*, *Registado*, *Verificado*, *Gestor*, *Administrador*), do qual derivam as permissões dos casos de uso;
- **ChaveAPI** (<<Value>>) é um objeto-valor agregado ao Utilizador que armazena a chave encriptada e a forma mascarada para exibição. Por política de autorização, apenas Gestor/Administrador podem possuir/usar chave API. No diagrama, essa

regra aparece como ligação de Perfil ao UploadJob (autorização) e de ChaveAPI ao UploadJob (autenticação).

iii. Questionário (BD).

Inclui Step, Question, Response e Submission, que suportam a recolha de informação estruturada (avaliar necessidades e uso dos dados). Este contexto é independente dos conteúdos geoespaciais, mas integra-se analiticamente nos resultados da plataforma.

iv. Versões e nomenclatura (BD).

A entidade VersionScheme (<<DB>>) cataloga as regras de versão e de nomenclatura (separadores e componentes dos nomes de pastas/ficheiros). Estas regras regem a geração/validação do *nome padronizado* dos Ficheiros e, por consequência, a coerência das Versões expostas no portal.

Ligações entre contextos

As regras de nomenclatura de VersionScheme aplicam-se aos Ficheiros (*constraint* transversal). O UploadJob é autenticado por ChaveAPI (quando a publicação é programática) e autorizado pelo Perfil do Utilizador, refletindo as permissões descritas nos casos de uso.

Justificação da modelação adotada

O diagrama reflete a realidade operacional: os rasters e metadados encontram-se fora da BD (armazenamento de ficheiros), enquanto utilizadores, perfis, questionário e regras de nomenclatura encontram-se na BD. A classe Versão é um objeto-valor no agregado Produto, o que simplifica o ciclo de vida (apenas uma versão ativa) e mantém o histórico nos próprios ficheiros com nomes normalizados. Já o UploadJob representa o processo (UI/API) em que essas regras são aplicadas e onde se registam erros de validação, assegurando qualidade e rastreabilidade.

A correspondência entre este modelo conceptual e a implementação relacional encontra-se no Esquema lógico da BD (Secção 3.4.1, Figura 9), que valida as entidades Utilizador/Perfil, questionário e VersionScheme.

Rastreabilidade com os casos de uso

- *Consultar Produto / Visualizar Mapa / Consultar Metadados* operam sobre Produto, Ficheiro e Metadados.
- *Transferência* e *Aceder a versões anteriores* consomem Ficheiros (ativos e históricos) gerados sob VersionScheme.
- *Criar Produto* e *Upload de Ficheiros* são instâncias do UploadJob; *Validar Nomenclatura* é um passo interno obrigatório; *Gerar Chave de API* cria uma ChaveAPI para integrações do Gestor; *Gerir Utilizadores* atua sobre Utilizador e Perfil.

Design racional

Modelou-se Versão como objeto-valor do agregado Produto, porque a versão ativa/histórica materializa-se nos próprios ficheiros (nomenclatura padronizada), evitando duplicação relacional e simplificando o invariante “apenas uma versão ativa”. Centralizou-se a regra de nomes em VersionScheme para impor e automatizar a nomenclatura (validação no *upload*), garantindo consistência, reprodutibilidade e interoperabilidade sem espalhar regras pela BD e pelo código. Este desenho reduz o acoplamento, facilita a auditoria e torna explícitas as responsabilidades de cada contexto.

3.2.4. Diagramas de sequência (fluxos críticos)

Após a definição estrutural do sistema, os diagramas de sequência permitem descrever o comportamento dinâmico da plataforma, evidenciando a interação temporal entre atores, frontend, API e serviços de armazenamento.

Para clarificar interações temporais entre atores e componentes, apresentam-se sequências simplificadas dos fluxos Transferência (Registado/Verificado) (Figura 5) e Upload com Validação e Publicação (Gestor/Administrador) (Figura 6). Estas sequências alinham com as permissões por perfil e com a exposição de endpoints REST/WMS.

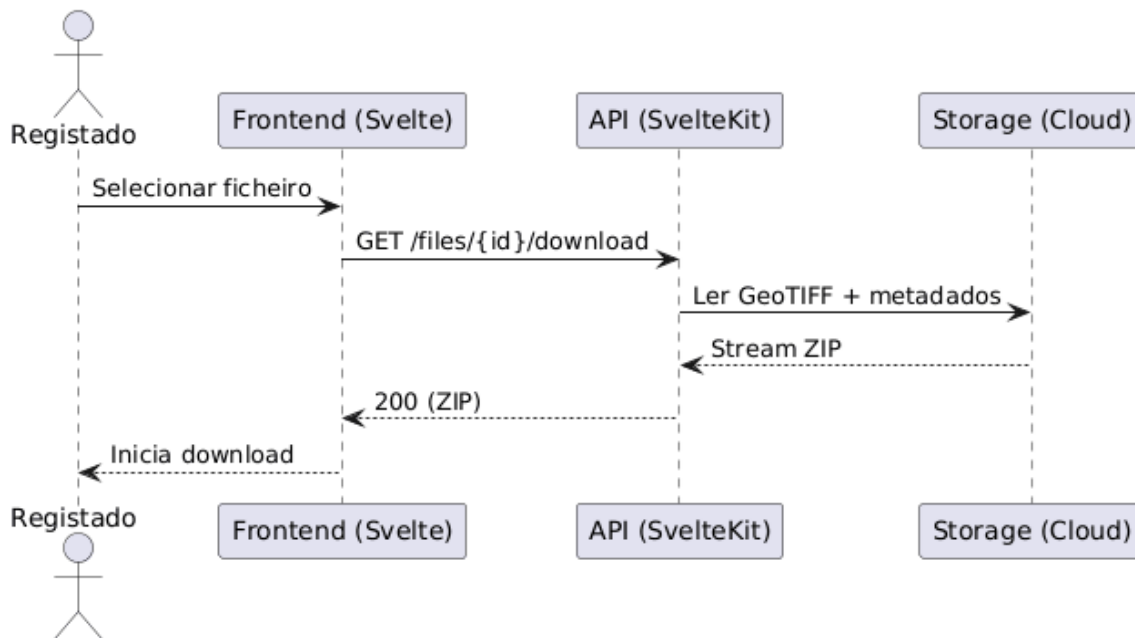


Figura 5 - Diagrama de sequência (transferência de ficheiro)

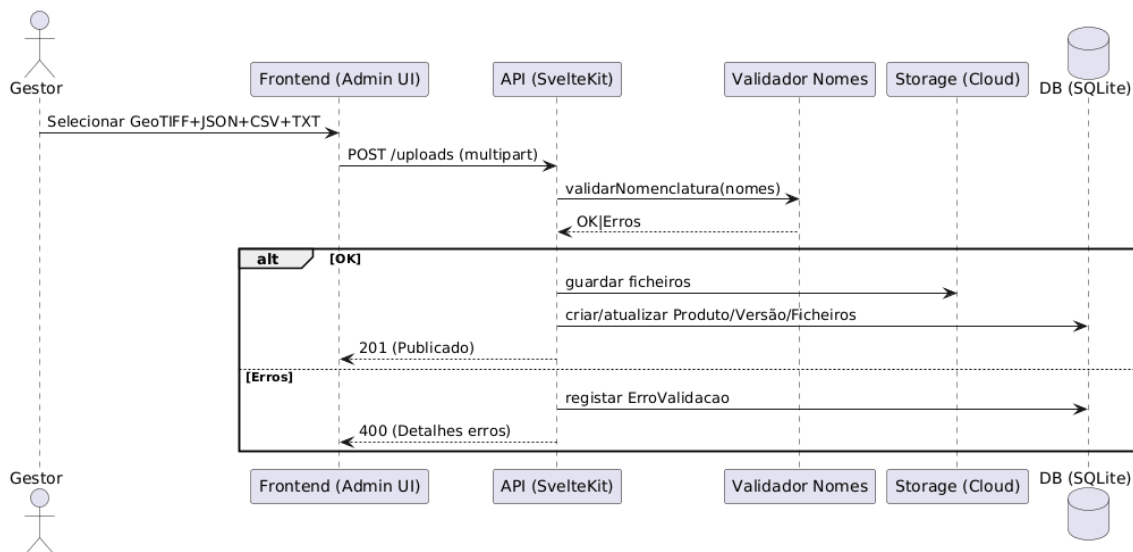


Figura 6 - Diagrama de sequência (upload de produto)

Os passos condicionados pelo perfil de utilizador seguem o exposto na secção 4.2.2, enquanto as operações de gestão representadas nestes fluxos são descritas com maior detalhe na secção 4.2.5.

3.2.5. Diagrama de implementação (*Deployment*)

Relativamente ao ambiente operacional do geoportal SeverusPT, o diagrama de implementação permite especificar os principais componentes tecnológicos do sistema, a sua distribuição no ambiente de execução e as relações de dependência entre serviços, armazenamento e mecanismos de acesso.

O diagrama de implementação descreve a configuração física e lógica da solução adotada, evidenciando a forma como a aplicação, os serviços de dados e os componentes de armazenamento se articulam no funcionamento do geoportal. Neste caso, representa-se a interação entre os utilizadores, os serviços expostos externamente e os componentes internos alojados no servidor.

A solução adotada assenta numa aplicação web desenvolvida com o framework SvelteKit, executada num contentor Docker. A base de dados SQLite e os ficheiros COG (Cloud Optimized GeoTIFF) com os respetivos metadados residem no servidor, sendo acedidos pela aplicação através de um mecanismo de bind mount (volume). O serviço WMS foi implementado na própria API da aplicação, permitindo a disponibilização direta de camadas geoespaciais a clientes externos, nomeadamente navegadores web e software SIG, como o QGIS ou o ArcGIS, tal como ilustrado na Figura 7.

A publicação externa dos serviços é assegurada através de um Cloudflare Tunnel, que encaminha os pedidos recebidos para a aplicação alojada no servidor. Esta opção contribui para a simplificação da arquitetura operacional, reduz a exposição direta do servidor à Internet e favorece um modelo de publicação mais controlado.

A utilização de SQLite justifica-se pelo reduzido número de operações concorrentes de escrita, pela simplicidade de manutenção e pela sua adequação ao contexto operacional do sistema, não constituindo uma limitação relevante para os requisitos funcionais e não funcionais definidos.

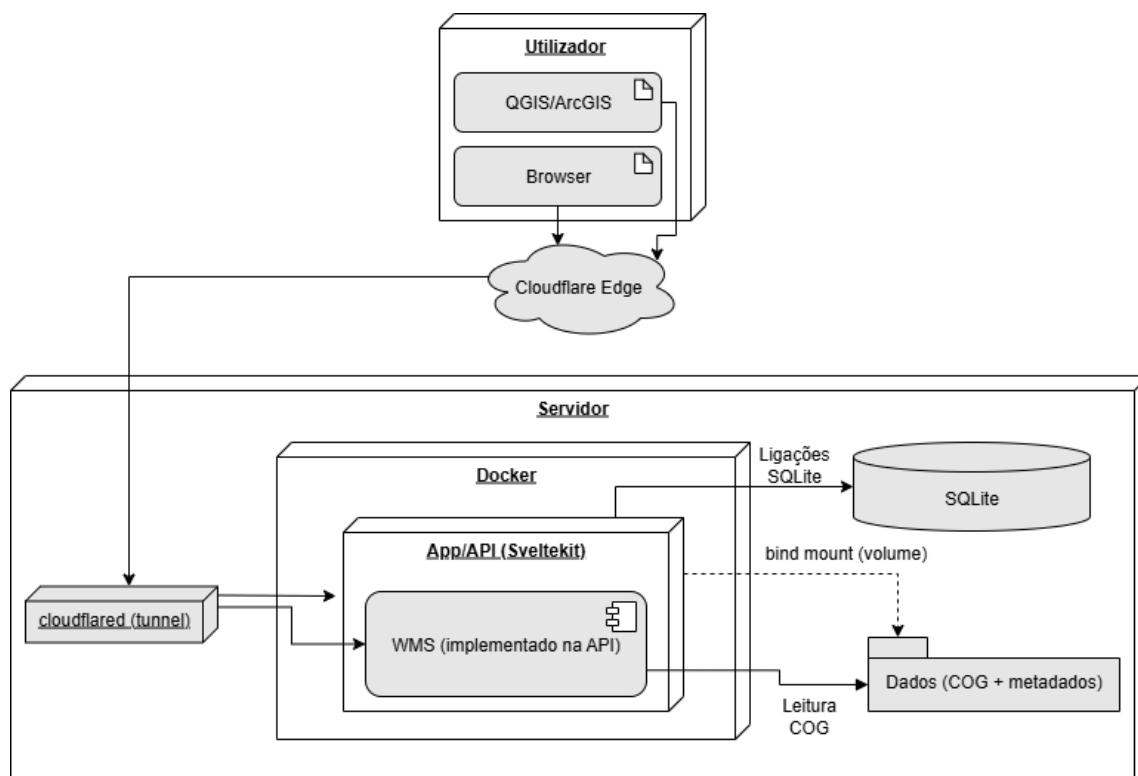


Figura 7 - Diagrama de implementação

As opções de segurança e desempenho associadas a esta implementação foram posteriormente verificadas através dos testes de segurança descritos na secção 3.7.2 e dos testes de desempenho apresentados na secção 3.7.3.

3.2.6. Requisitos funcionais

A priorização destes requisitos reflete diretamente os resultados do levantamento apresentado na Figura 1 (Secção 3.1), nomeadamente a valorização da atualização simplificada, do acesso via browser e da interoperabilidade SIG.

Com base no levantamento de requisitos (Secção 3.1), nos casos de uso definidos (Secção 3.2.1) e na modelação do sistema (Secção 3.2.2), foram identificados os requisitos funcionais do geoportal SeverusPT. Estes requisitos descrevem as funcionalidades que o sistema deve disponibilizar aos diferentes perfis de utilizador, assegurando coerência entre permissões, fluxos operacionais e componentes de software.

A Tabela 9 apresenta a lista de requisitos funcionais, organizados por identificador, descrição e prioridade.

Tabela 9 - Requisitos funcionais do Geoportal SeverusPT

Identificador	Requisito Funcional	Perfil	Prioridade
RF01	O sistema deve permitir a consulta pública dos produtos de severidade disponíveis.	Público	Alta
RF02	O sistema deve permitir a visualização interativa de mapas de severidade via browser.	Público	Alta
RF03	O sistema deve permitir a consulta dos metadados associados a cada produto.	Público	Alta
RF04	O sistema deve permitir o download de ficheiros raster (GeoTIFF).	Registado	Alta
RF05	O sistema deve permitir o acesso a versões anteriores dos produtos.	Verificado	Média
RF06	O sistema deve permitir a criação de novos produtos de severidade.	Gestor	Alta
RF07	O sistema deve permitir o upload de ficheiros com validação automática de nomenclatura.	Gestor	Alta
RF08	O sistema deve permitir a geração e gestão de chaves de API para integração programática.	Gestor	Média
RF09	O sistema deve permitir a gestão de utilizadores (criar, editar, remover perfis).	Administrador	Alta
RF10	O sistema deve disponibilizar os produtos através de serviços OGC (WMS).	Sistema externo	Alta

3.2.7. Requisitos não funcionais

Para além dos requisitos funcionais descritos anteriormente, o desenvolvimento do SeverusPT teve em consideração um conjunto de requisitos não funcionais (Tabela 10), fundamentais para garantir desempenho, segurança, interoperabilidade e facilidade de manutenção do sistema. Estes requisitos influenciaram diretamente as decisões arquiteturais e tecnológicas descritas nas secções anteriores.

Tabela 10 - Requisitos não funcionais do Geoportal SeverusPT

Identificador	Requisito Não Funcional	Categoria	Prioridade	Evidência / Implementação
RNF01	O sistema deve garantir tempos de carregamento aceitáveis e acesso eficiente a mapas raster de grande dimensão em ambiente web.	Desempenho	Alta	Uso de COG com overviews internas, blocksize 512, compressão DEFLATE e lazy loading; testes com GTmetrix e Lighthouse.
RNF02	O sistema deve garantir autenticação e autorização com base em perfis de utilizador.	Segurança	Alta	Perfis (Público, Registrado, Verificado, Gestor, Administrador).
RNF03	O sistema deve permitir autenticação programática	Segurança	Média	Chaves de API encriptadas, com possibilidade de rotação/revogação.

	através de chave de API.			
RNF04	O sistema deve proteger as comunicações através de TLS e mecanismos de firewall.	Segurança	Alta	TLS e WAF via Cloudflare; verificação OWASP/SSL.
RNF05	O sistema deve validar automaticamente a nomenclatura dos ficheiros submetidos.	Manutenção	Alta	VersionScheme e validação no processo de UploadJob.
RNF06	O sistema deve manter histórico de versões dos produtos publicados.	Manutenção	Média	Versionamento baseado em nomenclatura padronizada e estado ATIVA/HISTÓRICO.
RNF07	O sistema deve garantir interoperabilidade com software SIG externo.	Interoperabilidade	Alta	Serviços WMS conformes OGC, consumíveis em QGIS e ArcGIS.
RNF08	O sistema deve ser modular e permitir evolução futura sem	Escalabilidade	Média	Separação entre módulo de processamento e módulo web;

	impacto na disponibilidade.			arquitetura desacoplada.
--	--------------------------------	--	--	-----------------------------

3.3. Estrutura e componentes do Geoportal SeverusPT

A arquitetura do geoportal SeverusPT foi desenhada de forma modular, com o objetivo de maximizar a eficiência no processamento e na disponibilização dos dados, garantindo simultaneamente escalabilidade, automatização e interoperabilidade com outros Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Esta organização reflete a modelação conceptual e os fluxos operacionais descritos na Secção 3.2 e encontra-se alinhada com os princípios de arquiteturas geoespaciais modulares discutidos na literatura (Secção 2.3), favorecendo a independência entre componentes e a evolução incremental do sistema.

A estrutura assenta em dois módulos principais:

- **Módulo de Determinação de Produtos de Severidade:** responsável pelo cálculo dos índices espectrais e processamento dos dados de satélite;
- **Módulo do Geoportal Web:** responsável pela gestão, visualização e disponibilização dos produtos de severidade aos utilizadores finais.

O módulo de determinação de produtos opera de forma independente e assíncrona relativamente ao geoportal web, permitindo que novos produtos sejam gerados e publicados sem impacto na disponibilidade do sistema de disseminação.

A Figura 8 apresenta uma visão geral da arquitetura do sistema SeverusPT, destacando os principais componentes tecnológicos e os fluxos de dados entre módulos.

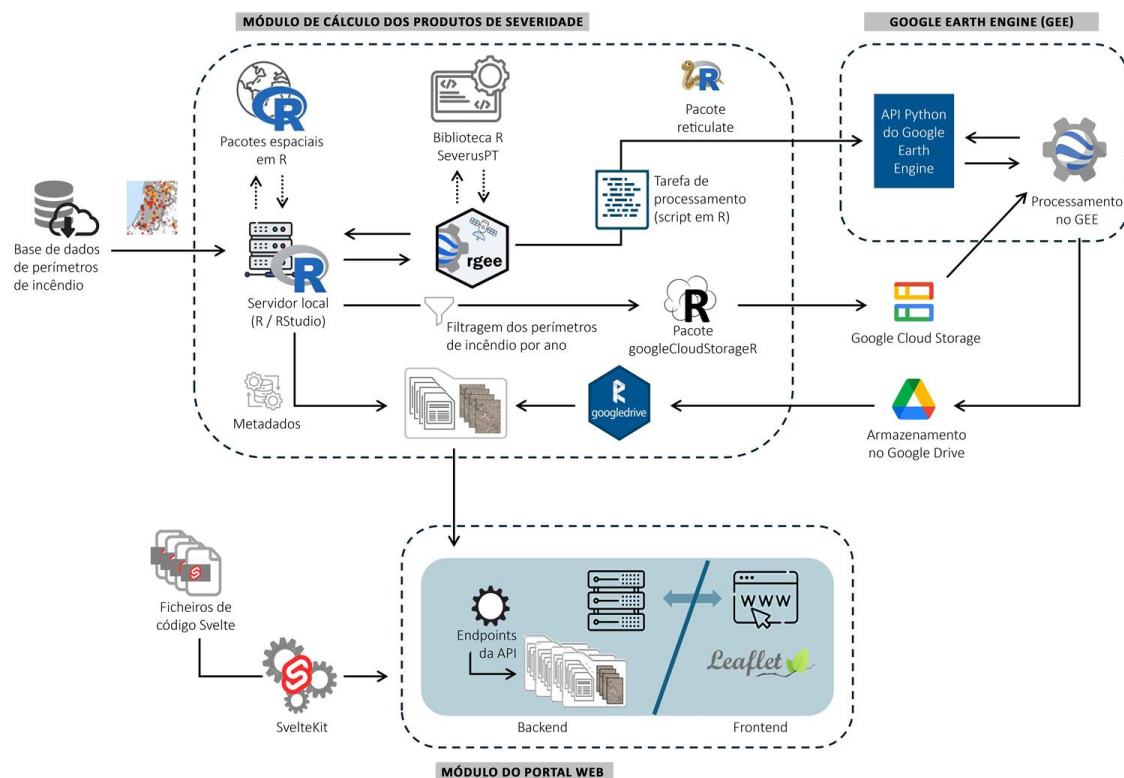


Figura 8 - Estrutura e componentes do geoportal web SeverusPT. Adaptado de Castro et al. (2025)

3.3.1. Módulo de determinação de produtos de severidade

O módulo de determinação de produtos de severidade (produção/cálculo) é responsável pelo cálculo automatizado dos índices espectrais utilizados na avaliação da severidade dos incêndios, tais como o dNBR (Delta Normalized Burn Ratio), RdNBR (Relativized dNBR) e RBR (Relative Burn Ratio). O seu funcionamento é independente e desacoplado do geoportal, sendo dedicado exclusivamente à geração e atualização periódica dos produtos, que são posteriormente consumidos pelo geoportal web.

A infraestrutura combina o poder de processamento do Google Earth Engine (GEE) com a flexibilidade do ambiente R, recorrendo ao pacote *rgee* para comunicação entre ambos. O pacote (package) - *reticulate* permite a ligação entre R e Python, e os pacotes *googleCloudStorageR* e *googledrive* facilitam a gestão de ficheiros e o armazenamento em cloud. Esta arquitetura assegura a automatização robusta de todo o pipeline de cálculo.

O processo é composto pelas seguintes etapas:

1. **Obtenção de Imagens de Satélite:** as imagens dos satélites Sentinel-2 e Landsat são obtidas diretamente no GEE, tendo como base uma base de dados de perímetros de incêndio;
2. **Processamento dos Índices:** no ambiente RStudio, as imagens são filtradas por ano e área ardida, sendo aplicados algoritmos espectrais para o cálculo dos índices de severidade;
3. **Armazenamento dos Produtos:** os resultados são exportados em formato Cloud Optimized GeoTIFF e guardados no Google Cloud Storage ou Google Drive. O Google Cloud Storage constitui o repositório principal dos produtos finais utilizados pelo sistema, enquanto o Google Drive é utilizado apenas como mecanismo auxiliar ou intermédio em determinados fluxos de trabalho, não sendo diretamente consumido pelo geoportal web;
4. **Geração de Metadados:** cada produto é acompanhado de ficheiros de metadados, organizados por ano, índice e missão satélite.

Este módulo permite o processamento eficiente e contínuo de novos produtos de severidade à medida que surgem novas imagens.

3.3.2. Módulo do geoportal web

O Módulo do Geoportal Web constitui a camada de disseminação e interação do sistema SeverusPT, funcionando como o ponto de contacto entre os produtos de severidade gerados e os utilizadores finais. Este módulo é responsável pela gestão do acesso, visualização, consulta e disponibilização dos dados de severidade dos incêndios florestais, assegurando simultaneamente usabilidade, interoperabilidade e segurança.

Do ponto de vista arquitetural, o geoportal web encontra-se organizado em três componentes principais, com responsabilidades bem definidas e comunicantes entre si:

1. Backend (servidor web e gestão de dados)
2. Frontend (interface do utilizador)
3. Serviços geoespaciais

Esta separação permite uma clara distinção de responsabilidades entre as camadas do sistema, facilitando a manutenção, a evolução funcional do portal e a integração com aplicações externas.

O backend foi implementado com SvelteKit, que integra frontend e backend numa única base de código sobre a runtime Node.js, facilitando a gestão de rotas, APIs e autenticação. As principais funcionalidades incluem:

- Disponibilização de endpoints RESTful para consulta dos dados e metadados, bem como transferência dos mesmos;
- Integração com serviços OGC, nomeadamente o WMS, para visualização de camadas geográficas;
- Gestão da autenticação e permissões de acesso.

Os dados sobre severidade são armazenados no servidor seguem uma estrutura padronizada e hierárquica de pastas e ficheiros, com o objetivo de facilitar a gestão, o acesso e a disseminação eficiente dos produtos. Cada produto segue um esquema de nomenclatura normalizado, que inclui:

- Índice de severidade utilizado (ex.: dNBR, RdNBR, RBR);
- Satélite/missão (ex.: Sentinel-2, Landsat-8);
- Período temporal (pré e pós-incêndio);
- Sistema de referência de coordenadas;
- Versão do produto.

Esta estrutura facilita a automatização da gestão e a integração contínua de novos dados.

O frontend foi desenvolvido em Svelte, proporcionando uma experiência de uso responsiva, fluida e intuitiva. Para a visualização de mapas interativos, utiliza a biblioteca Leaflet.js, que permite:

- Navegação pelos mapas de severidade com possibilidade de aplicar filtros geográficos e temporais;
- Consulta dos metadados associados a cada produto;
- Interação fluida com os dados disponibilizados via API.

O portal disponibiliza um serviço geoespacial compatível com os padrões do Open Geospatial Consortium (OGC), nomeadamente o WMS (Web Map Service), que permite a visualização remota de camadas raster associadas à severidade dos incêndios, assegurando a interoperabilidade com outras plataformas SIG. A comunicação entre o frontend e o backend é realizada através de APIs REST, assegurando a atualização dinâmica dos mapas e a troca eficiente de dados e parâmetros.

3.3.3. Fluxo de dados e comunicação entre módulos

O fluxo de dados no SeverusPT decorre de forma automatizada, contínua e modular, articulando os dois módulos principais do sistema. O processamento dos dados satélite no módulo de determinação de produtos (ponto 3.3.1) é realizado no Google Earth Engine, com controlo e execução em R. Os resultados (GeoTIFF e metadados) são armazenados em serviços cloud (Google Cloud Storage ou Drive) e posteriormente integrados no módulo web (ponto 3.3.2), onde são expostos através de APIs REST e visualizados no frontend com Leaflet.js.

Esta arquitetura permite uma comunicação eficaz entre módulos e assegura a interoperabilidade com plataformas externas via WMS, mantendo independência entre o processamento científico e a camada de disseminação.

3.3.4. Visão geral das tecnologias do sistema

O desenvolvimento do geoportal SeverusPT implicou a integração de diversas tecnologias especializadas ao longo de todas as fases desde a aquisição de dados, passando pelo cálculo de índices de severidade, até à sua disponibilização web. A Tabela 11 resume as principais ferramentas adotadas e a função de cada uma no pipeline do sistema.

Tabela 11 - Tecnologias utilizadas e respetivas funcionalidades no sistema SeverusPT

Componente	Descrição
Google Earth Engine	Processamento em larga escala de dados de satélite e cálculo dos índices espectrais (dNBR, RdNBR, RBR, etc.).

R (rgee)	Integração entre a linguagem R e o GEE, permitindo análise espacial e filtros específicos.
Google Cloud Storage	Armazenamento distribuído dos produtos de severidade em formato raster (Cloud Optimized GeoTIFF (COG)).
SvelteKit	Framework que unifica backend e frontend em Node.js, gerindo rotas e APIs de forma simplificada.
Leaflet.js	Biblioteca JavaScript para mapas interativos, permitindo manipular camadas raster e vetoriais.
APIs REST e OGC (WMS)	Protocolo de serviços para acesso remoto aos dados e visualização padronizada, facilitando a interoperabilidade com softwares externos.

Esta arquitetura modular torna o SeverusPT escalável e interoperável, simplificando atualizações e acréscimo de novas fontes de dados ou algoritmos de severidade, de acordo com a evolução das necessidades de monitorização.

3.4. Tecnologias e frameworks utilizadas

A seleção das tecnologias e frameworks utilizadas no desenvolvimento do geoportal SeverusPT, apresentadas anteriormente nas figuras 7 e 8, teve como critérios principais o desempenho, a escalabilidade, a interoperabilidade e a facilidade de utilização, em alinhamento com os requisitos funcionais e não funcionais definidos na Secção 3.2 e com a arquitetura descrita na Secção 3.3.

3.4.1. Backend: estrutura de dados e APIs

O backend do SeverusPT é implementado com recurso ao SvelteKit, uma framework moderna baseada em Node.js que unifica o desenvolvimento do frontend e backend numa única aplicação. Esta abordagem permite:

- A definição centralizada de rotas API e páginas web;
- A renderização server-side (SSR) com fallback automático para client-side rendering, quando necessário;
- A criação de endpoints dinâmicos que respondem a pedidos de consulta e manipulação de dados de forma eficiente.

Para o armazenamento e gestão dos dados geoespaciais (nomeadamente os mapas de severidade em formato Cloud Optimized GeoTIFF - COG), o sistema utiliza serviços de armazenamento em cloud, conforme descrito na Secção 3.3.1. O Google Cloud Storage funciona como repositório principal dos produtos finais disponibilizados pelo geoportal, assegurando escalabilidade e acesso eficiente aos dados. A transferência automatizada dos ficheiros do ambiente de processamento (R + GEE) para a cloud é garantida através dos pacotes googleCloudStorageR e googledrive. Esta estrutura permite:

- Organização lógica dos ficheiros por índice, ano, satélite e versão;
- Disponibilidade imediata dos dados para consumo via API e frontend;
- Escalabilidade e compatibilidade com outras plataformas externas.

As APIs REST expostas pelo backend disponibilizam endpoints otimizados para:

- Consulta dos metadados associados aos produtos de severidade;
- Transferência direta dos ficheiros em formato Cloud Optimized GeoTIFF (COG);
- Integração com aplicações SIG e outros sistemas através de serviços compatíveis com o padrão OGC, como o Web Map Service (WMS).

Toda a lógica de processamento das requisições é gerida no ambiente Node.js, garantindo elevada performance na manipulação assíncrona de dados e respostas rápidas a múltiplos pedidos simultâneos.

Para funcionalidades relacionadas com autenticação de utilizadores, submissão de respostas e gestão de permissões, o sistema recorre a uma base de dados relacional SQLite, alojada no servidor, com mecanismos de proteção ao nível do sistema e da aplicação. Esta solução leve e segura permite armazenar de forma eficiente:

- Dados dos utilizadores e respetivos perfis (user, user_role);
- Configurações de questionários e registos de respostas (questions, responses, questionnaire_responses);
- Registos de versões de dados e histórico de alterações (version).

A opção por SQLite segue a justificação apresentada na Sec. 3.2.4, sendo adequada a um sistema dominado por operações de leitura e com reduzida concorrência de escrita.

A Figura 9 apresenta o esquema lógico da base de dados SeverusPT, evidenciando as principais entidades e relações que suportam o funcionamento do sistema.



Figura 9 - Esquema base de dados SeverusPT

Para melhorar a eficiência das operações de leitura e ligação entre entidades, especialmente durante o carregamento de interfaces dinâmicas ou pedidos API, foram definidos índices em colunas-chave das tabelas:

- step_id na tabela questions, para acelerar a recuperação de questões por etapa;

- `response_id` em `questionnaire_responses`, para associar rapidamente respostas selecionadas;
- `question_id` em `responses`, para obter todas as respostas associadas a uma pergunta;
- `email` na tabela `user`, para autenticação e verificação de unicidade do utilizador.

Esta definição de índices foi orientada pelos padrões de acesso observados nos fluxos descritos em Sec. 3.2.3, assegurando coerência entre modelação, implementação e utilização efetiva do sistema.

Estes índices foram definidos com o objetivo de otimizar o desempenho das consultas mais frequentes, nomeadamente durante a navegação interativa no portal e o consumo de dados via API.

Esta estratégia de indexação contribui para tempos de resposta reduzidos em operações críticas do sistema, nomeadamente durante a consulta interativa de produtos e a submissão de respostas aos questionários.

3.4.2. Frontend: interface gráfica e experiência do utilizador

O frontend foi desenvolvido com Svelte, através da framework SvelteKit, que permite integrar numa única base de código a camada de interface e os endpoints de API, conforme descrito na secção 3.4.1. O Svelte possibilita o desenvolvimento de interfaces interativas e responsivas, sendo particularmente adequado a aplicações web orientadas para a visualização dinâmica de dados. A sua abordagem baseada em compilação traduz os componentes diretamente em JavaScript otimizado durante a fase de compilação, reduzindo a necessidade de processamento adicional no navegador e contribuindo para uma execução mais eficiente no cliente.

A visualização de dados geoespaciais é implementada com recurso à biblioteca Leaflet.js, selecionada pela sua reduzida sobrecarga computacional, flexibilidade e compatibilidade com formatos e serviços baseados em padrões OGC. Esta biblioteca permite a criação de mapas interativos onde os utilizadores podem:

- Navegar sobre camadas raster e vetoriais representando os produtos de severidade;

- Aplicar filtros espaciais (por localização) e temporais (por datas/períodos);
- Interagir com elementos do mapa para aceder à informação associada aos produtos.

A exibição de metadados descritivos é implementada no frontend com base na lógica da aplicação, sendo esses metadados carregados a partir da API. Assim, quando um produto é selecionado no mapa, a interface apresenta informações detalhadas como o índice utilizado, data, missão satélite e resolução espacial, funcionalidades estas complementares ao Leaflet, mas não nativamente suportadas por ele.

O design da interface gráfica foi centrado na experiência do utilizador, garantindo usabilidade mesmo para perfis sem experiência prévia em SIG. A interface incorpora as seguintes características:

- Layout intuitivo, com menus e filtros acessíveis diretamente a partir do mapa;
- Design responsivo, compatível com diferentes tamanhos de ecrã (incluindo tablets);
- Navegação fluida e direta, permitindo alternar facilmente entre funcionalidades como seleção de ano, tipo de índice ou zona geográfica.

O desenvolvimento da interface beneficiou de feedback contínuo dos utilizadores ao longo do processo, resultando em vários ajustes gráficos e funcionais como a reorganização dos filtros, o melhoramento da legibilidade dos títulos das camadas, ou a otimização da apresentação dos metadados.

A combinação do Svelte com Leaflet.js garante uma solução robusta, leve e eficaz, capaz de disponibilizar informação crítica sobre a severidade dos incêndios em tempo útil e de forma acessível. Este componente é fundamental para reforçar a utilidade pública do SeverusPT e o seu contributo para uma gestão florestal mais informada em Portugal Continental.

3.5. Integração com fontes de dados geoespaciais

A integração eficiente com fontes de dados geoespaciais é essencial para o geoportal SeverusPT, permitindo a disponibilização atualizada e contínua dos produtos de severidade dos incêndios florestais. Esta secção detalha os modelos de severidade implementados e os serviços utilizados para a visualização interativa dos dados.

3.5.1. Modelos de severidade implementados

A plataforma SeverusPT integra diferentes métricas baseadas no índice espectral NBR (Normalized Burn Ratio), amplamente referenciadas na literatura científica e adotadas em contextos operacionais de monitorização pós-incêndio. O NBR constitui um índice espectral calculado a partir de imagens de satélite, enquanto os restantes indicadores resultam da comparação entre as condições pré e pós-fogo, permitindo estimar a severidade do incêndio. Estas métricas não constituem modelos físicos do comportamento do fogo, mas sim indicadores espectrais do grau de alteração da vegetação após o incêndio. Consideraram-se, neste contexto, os seguintes índices:

- **NBR (Normalized Burn Ratio):** índice espectral de base que utiliza a diferença entre as bandas do infravermelho próximo (NIR) e do infravermelho de ondas curtas (SWIR), sendo amplamente utilizado para detetar alterações na vegetação associadas ao fogo;
- **dNBR (Delta Normalized Burn Ratio):** calculado pela diferença entre os valores de NBR antes e depois do incêndio, permitindo quantificar de forma direta a severidade pós-fogo;
- **RdNBR (Relativized delta Normalized Burn Ratio):** variante do dNBR que introduz um ajustamento relativo, reduzindo o efeito da variabilidade da vegetação pré-fogo e permitindo estimativas mais estáveis em diferentes contextos;
- **RBR (Relative Burn Ratio):** indicador derivado do dNBR que procura atenuar efeitos de saturação, sobretudo em áreas com elevada biomassa, contribuindo para uma estimativa mais robusta da severidade.

Estes índices são calculados automaticamente através da integração com o Google Earth Engine (GEE), utilizando imagens dos satélites Sentinel-2 e Landsat, com frequência temporal e resolução espacial adequadas à análise de grandes incêndios. A utilização conjunta destas métricas permite apoiar a avaliação dos impactos ecológicos e biofísicos do fogo.

3.5.2. Serviços de mapas e visualização de dados

Para assegurar a disponibilização e visualização interativa dos resultados, o SeverusPT adota serviços compatíveis com os padrões abertos do Open Geospatial Consortium (OGC), com destaque para o Web Map Service (WMS). Este serviço permite a integração direta com aplicações SIG como o QGIS ou o ArcGIS, facilitando o acesso por diferentes utilizadores e promovendo a interoperabilidade entre sistemas.

No geoportal web, os mapas de severidade são visualizados no frontend através da biblioteca Leaflet.js, recorrendo a ficheiros em formato Cloud Optimized GeoTIFF (COG). Esta visualização não utiliza diretamente WMS, mas sim uma abordagem baseada em carregamento local de rasters, utilizando bibliotecas especializadas como georaster e georaster-layer-for-leaflet. Este método permite uma renderização eficiente dos dados diretamente no navegador, garantindo flexibilidade e desempenho.

O serviço WMS é, assim, utilizado sobretudo para interoperabilidade externa com software SIG, enquanto o geoportal web privilegia a renderização direta de rasters para maior controlo da experiência do utilizador.

Paralelamente, o portal permite a consulta interativa dos metadados associados a cada produto de severidade, incluindo informações detalhadas sobre:

- A origem e missão dos dados satélite;
- A data de aquisição das imagens;
- O índice espectral utilizado (dNBR, RdNBR, RBR);
- As especificações técnicas dos dados raster (ex.: resolução espacial, sistema de coordenadas, versão do produto).

Esta abordagem integrada simplifica o acesso, reforça a interoperabilidade com plataformas externas, e promove a utilização eficaz dos dados espaciais gerados pelo SeverusPT, contribuindo diretamente para uma monitorização mais eficiente, acessível e tecnicamente sólida dos incêndios florestais.

Estas opções de integração e visualização constituem a base operacional dos resultados apresentados no Capítulo 4, onde se demonstra a aplicação prática dos produtos de severidade no geoportal SeverusPT.

3.6. Funcionalidades implementadas

O geoportal SeverusPT implementa um conjunto estruturado de funcionalidades que facilitam o acesso, a análise e a gestão dos dados relativos à severidade dos incêndios florestais. Estas funcionalidades foram desenvolvidas para dar resposta a diferentes perfis de utilizadores, desde técnicos e investigadores até gestores florestais e entidades públicas.

De forma resumida, destacam-se as seguintes capacidades da plataforma:

- **Processamento de dados e disponibilização de produtos:** cálculo dos principais índices de severidade (NBR, dNBR, RdNBR, RBR) realizado em ambiente R com integração ao Google Earth Engine. Os produtos são inicialmente carregados no portal em formato GeoTIFF, através da interface web ou via API. Para suportar a visualização remota eficiente, a plataforma gera posteriormente uma versão em formato Cloud Optimized GeoTIFF (COG), utilizada na renderização dos mapas.
- **Visualização e análise interativa:** navegação por mapas interativos com filtros por índice, satélite e período temporal. A plataforma permite a sobreposição de camadas e a consulta de metadados descritivos, promovendo uma análise espacial dos produtos de severidade.
- **Exportação e interoperabilidade:** os produtos podem ser descarregados em formato Cloud Optimized GeoTIFF (COG) e integrados em software SIG (como QGIS ou ArcGIS) através de download direto de ficheiros GeoTIFF ou via serviços compatíveis com os padrões OGC, nomeadamente o Web Map Service (WMS).
- **Gestão de produtos e permissões:** interface de administração que permite a utilizadores com privilégios (gestores e administradores) gerir os produtos disponíveis, editar metadados e controlar a visibilidade. O sistema suporta diferentes níveis de acesso consoante o perfil do utilizador.

- **Web services e APIs:** disponibilização dos dados através de endpoints RESTful e serviços WMS, permitindo a integração direta com aplicações externas e fluxos de trabalho personalizados.

Estas funcionalidades são posteriormente analisadas no Capítulo 4 (Resultados e Discussão), com base na sua aplicação no geoportal SeverusPT.

3.7. Procedimento de testes e validação do geoportal web

Com o objetivo de assegurar o correto funcionamento, a segurança e o desempenho do geoportal SeverusPT, foram realizados diversos procedimentos de teste e validação ao longo do processo de desenvolvimento. Esta secção descreve os principais tipos de testes efetuados, incluindo testes funcionais, validação com utilizadores e testes específicos de segurança e desempenho.

3.7.1. Testes funcionais e feedback dos utilizadores

Ao longo do desenvolvimento do sistema, foram realizados testes funcionais de forma iterativa, incidindo sobre os principais fluxos operacionais e casos de uso definidos na Secção 3.2. Estes testes foram maioritariamente de natureza manual e envolveram a verificação dos componentes individuais, a integração entre módulos e a validação do correto funcionamento das funcionalidades críticas do portal, como a consulta de produtos, a visualização de mapas, o descarregamento de ficheiros e a gestão de permissões.

Adicionalmente, foram promovidos momentos de demonstração e recolha de feedback junto de utilizadores finais, incluindo investigadores, técnicos florestais e outros participantes nos workshops realizados no âmbito do projeto. Estas interações tiveram como objetivo aferir a clareza da interface, a adequação funcional da plataforma e a sua utilidade em contextos de utilização reais ou potenciais. Embora esta abordagem não constitua uma avaliação formal de usabilidade com metodologia estruturada, o processo iterativo de recolha e incorporação de feedback permitiu identificar necessidades de melhoria que foram progressivamente integradas no sistema.

As principais sugestões recolhidas ao longo deste processo, bem como as melhorias implementadas em resposta, encontram-se sistematizadas na Tabela 12.

Tabela 12 - Melhorias implementadas com base no feedback dos utilizadores

Problema/sugestão identificada	Sessão/fase	Melhoria implementada
O carregamento dos mapas era percecionado como lento, sobretudo em ficheiros raster de maior dimensão.	Testes internos da equipa de projeto	Otimização da visualização remota através da conversão para COG na primeira visualização, melhorando o desempenho na leitura progressiva dos rasters.
Necessidade de melhorar a filtragem e tornar a navegação mais direta.	Feedback interno da equipa e sessões de demonstração	Reorganização da estrutura de filtros e simplificação dos fluxos de navegação entre produtos e ficheiros.
Necessidade de tornar a leitura da informação mais imediata.	Feedback da equipa/workshops	Melhoria dos painéis de leitura rápida da informação e dos <i>pop-ups</i> com metadados e detalhes da nomenclatura.
Foi identificada a necessidade de clarificar a nomenclatura dos produtos e ficheiros.	Workshop 1	Introdução de mecanismos de explicação dos componentes dos nomes, permitindo interpretar a estrutura codificada diretamente na interface.
Foi sugerida a disponibilização de documentação de apoio integrada no portal.	Feedback interno e workshops	Adição de sistema de ajuda/manual técnico acessível a partir da interface.

Foi identificada a necessidade de explicitar a forma de citação dos dados e do portal.	Feedback da equipa/workshops	Inclusão de secção “Como citar”, com indicação das referências recomendadas para o portal e para os dados.
Foi assinalada a importância de permitir integração direta com software SIG externo.	Workshop 1	Implementação e disponibilização do serviço WMS, com instruções de utilização no portal.
Foi identificada a necessidade de gerir de forma mais estruturada os utilizadores registados.	Evolução funcional da plataforma/feedback da equipa	Implementação de painel de controlo de utilizadores e diferenciação por perfis e permissões.
Foram reportadas dificuldades no formulário de inscrição, bem como necessidade de simplificação.	Workshop 2	Ajustes ao processo de registo e identificação da necessidade de simplificação adicional em desenvolvimentos futuros.
Alguns participantes sugeriram mais apoio contextual durante a utilização.	Workshop 1	Reforço da informação contextual na interface e identificação da possibilidade de introduzir ajuda adicional em etapas específicas.
Foi identificada a utilidade de disponibilizar a plataforma em mais do que uma língua.	Feedback da equipa/evolução do projeto	Implementação de versão bilingue da plataforma (PT/EN).

Foi considerada relevante a recolha de métricas de utilização do portal.	Feedback da equipa	Integração de serviços de <i>tracking</i> e estatísticas de utilização.
Foi identificada a necessidade de suportar melhor submissões automáticas.	Feedback técnico da equipa	Melhoramentos no carregamento de dados via chave de API.

Os resultados dos inquéritos pós-workshop apontam, de forma geral, para uma perceção positiva da simplicidade e utilidade da plataforma, embora com sugestões de melhoria concretas. No questionário da 1.^a edição surgem observações relativas à necessidade de melhor explicar procedimentos através de pop-ups, clarificar a nomenclatura dos dados e reforçar exemplos de aplicação prática dos produtos. Já no questionário da 2.^a edição, um dos participantes refere explicitamente a necessidade de “resolver alguns erros no formulário de inscrição e simplificar um pouco”, enquanto outro destaca o potencial de aplicação dos produtos em projetos de restauro ecológico. Estes contributos, ainda que qualitativos e pontuais, confirmam a relevância de incorporar feedback de utilizadores no refinamento funcional da plataforma.

Por último, importa referir que uma avaliação formal de usabilidade, baseada em metodologias estruturadas, não foi realizada no âmbito desta dissertação. Considerando o tempo disponível, a natureza iterativa do desenvolvimento e o tipo de retorno obtido nas sessões de demonstração e workshops, optou-se por privilegiar a recolha de feedback qualitativo orientado à melhoria funcional da plataforma. Em trabalhos futuros, poderá ser relevante complementar esta abordagem com instrumentos formais, como o System Usability Scale (SUS), proposto por Brooke (1996), permitindo validar de forma mais sistemática a adequação da plataforma às necessidades dos utilizadores.

3.7.2. Testes de segurança (OWASP ZAP e SSL)

A segurança do portal foi avaliada com recurso à ferramenta OWASP ZAP, tendo sido realizados testes em diferentes fases do desenvolvimento. Um primeiro relatório, efetuado

em março de 2025, identificou vulnerabilidades relacionadas com a política de segurança de conteúdo (CSP), a ausência de alguns cabeçalhos HTTP de segurança e a exposição de informações do servidor.

Após a aplicação de medidas corretivas, foi realizado um segundo teste com a mesma ferramenta, tendo-se verificado uma redução clara do número e da gravidade das vulnerabilidades identificadas. No primeiro relatório, foram assinalados 15 tipos de alertas, incluindo 7 de risco médio, 4 de risco baixo e 4 informacionais, entre os quais se destacavam problemas como a ausência de cabeçalhos de segurança (Content Security Policy Header Not Set, Missing Anti-clickjacking Header, Strict-Transport-Security Header Not Set e X-Content-Type-Options Header Missing), bem como a exposição da versão do servidor e a divulgação de marcas temporais Unix. No segundo relatório, o número total de alertas foi reduzido para 6 tipos, distribuídos por 2 de risco médio, 1 de risco baixo e 3 informacionais, permanecendo apenas ocorrências relacionadas com as diretivas unsafe-inline da política CSP, a exposição da versão do servidor no cabeçalho Server e alguns alertas informacionais. Estes resultados evidenciam uma melhoria substancial da configuração de segurança da aplicação, demonstrando que as medidas corretivas implementadas tiveram impacto efetivo na mitigação das vulnerabilidades inicialmente detetadas.

Complementarmente, foi realizado um teste de segurança SSL/TLS utilizando a plataforma Qualys SSL Labs sobre o domínio geoportal.severus.pt, confirmando que as comunicações entre o cliente e o servidor utilizam configurações compatíveis com as boas práticas de segurança recomendadas.

3.7.3. Testes de desempenho (GTmetrix e Lighthouse)

O desempenho do geoportal foi avaliado através das ferramentas GTmetrix e Lighthouse, com o objetivo de analisar tempos de carregamento e indicadores de performance relevantes para a experiência do utilizador. O relatório do GTmetrix apresentou um desempenho global de 73% e uma estrutura técnica de 87%, identificando recomendações relacionadas com a utilização de CDN, otimização de redirecionamentos e melhorias no carregamento de recursos.

O relatório Lighthouse evidenciou valores favoráveis em métricas-chave, como o Largest Contentful Paint (1.5 s) e o Speed Index (1.0 s), indicando tempos de resposta compatíveis com as boas práticas de desempenho web. Estes resultados foram considerados na avaliação global da plataforma, tendo em conta a infraestrutura de segurança e encaminhamento adotada com recurso ao Cloudflare Zero Trust.

3.8. Principais desafios e limitações encontrados

Durante o desenvolvimento do geoportal SeverusPT surgiram diversos desafios técnicos e operacionais que exigiram soluções específicas para garantir a fiabilidade, segurança e desempenho do sistema. As limitações aqui descritas dizem respeito sobretudo ao processo de desenvolvimento, às opções metodológicas adotadas e aos constrangimentos técnicos identificados durante a implementação da plataforma.

No plano arquitetural, um dos principais desafios esteve relacionado com a necessidade de assegurar a robustez da infraestrutura face à diversidade dos dados e à complexidade das operações envolvidas, incluindo o tratamento, validação e disponibilização online dos produtos de severidade.

A implementação de serviços interoperáveis compatíveis com o padrão WMS revelou-se particularmente exigente, sobretudo no processo de validação da compatibilidade com diferentes plataformas SIG externas, o que implicou múltiplos ciclos de teste e de afinação para garantir a conformidade com os padrões OGC.

Relativamente à interface de utilizador, verificou-se que algumas funcionalidades inicialmente consideradas intuitivas necessitavam de ajustes adicionais, nomeadamente na apresentação dos filtros e dos metadados. Estas melhorias resultaram de um processo iterativo baseado no feedback recolhido durante workshops e sessões de validação com utilizadores.

No domínio da segurança, os testes iniciais identificaram vulnerabilidades relevantes, cuja mitigação implicou alterações estruturais na aplicação, com impacto na configuração dos cabeçalhos de segurança e na proteção de endpoints sensíveis. A segurança das comunicações foi igualmente revista, assegurando a conformidade com boas práticas de SSL/TLS.

Ao nível do desempenho, apesar de os resultados obtidos com ferramentas como GTmetrix e Lighthouse terem sido globalmente positivos, algumas recomendações, como a adoção direta de CDN e HTTP/2 não foram implementadas integralmente durante a fase de desenvolvimento. Em alternativa, optou-se pela integração da infraestrutura no Cloudflare Zero Trust, através de um túnel seguro com Cloudflared, privilegiando segurança, controlo de acessos e mecanismos próprios de otimização de desempenho.

Por fim, identificou-se como limitação do processo de implementação a dependência de intervenção manual para a disponibilização de novos produtos no portal, o que condiciona a atualização imediata dos dados após o processamento.

Estes desafios e limitações permitiram identificar pontos críticos do sistema e fundamentar decisões técnicas ao longo do desenvolvimento, contribuindo para a consolidação da arquitetura e das funcionalidades implementadas. A análise do impacto destas opções e a identificação de oportunidades de evolução da plataforma são abordadas nos capítulos seguintes.

4. Resultados e discussão

4.1. Características e contributos do geoportal SeverusPT para a monitorização da severidade dos incêndios

O Projeto SeverusPT representa um avanço face às abordagens tradicionais de cartografia temática de incêndios, ao conjugar estrategicamente três pilares fundamentais: (i) integração de dados de observação da Terra, (ii) automação de processos de produção de indicadores e, (iii) acessibilidade aberta e padronizada através de um geoportal web. Esta abordagem permite responder com maior rapidez e precisão à necessidade crescente de avaliar os impactos dos incêndios, otimizando, ao mesmo tempo, o acesso à informação por parte de diversos perfis de utilizadores.

4.1.1. Integração de múltiplas fontes de dados de satélite

O sistema SeverusPT integra dados provenientes de várias missões de satélite — nomeadamente MODIS, Landsat 5/7/8 e Sentinel-2, oferecendo uma cobertura temporal e

espacial mais abrangente para a monitorização da severidade dos incêndios florestais. Cada uma destas plataformas apresenta características complementares e oferece redundância e comparabilidade entre produtos:

- **MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)** fornece uma elevada frequência temporal, ideal para deteção rápida de alterações em grandes áreas, embora com menor resolução espacial.
- **Landsat (missões 5, 7 e 8)** apresenta um equilíbrio entre frequência e resolução (30 m), sendo particularmente útil para análise multitemporal de longo prazo, com dados consistentes desde a década de 1980.
- **Sentinel-2**, com resolução espacial de 10 a 20 metros, oferece uma frequência de revisita de cinco dias, permitindo uma caracterização mais detalhada e precisa da severidade do fogo, especialmente em áreas de menor dimensão e elevada heterogeneidade espacial.

A escolha destes três sensores permite que o SeverusPT beneficie tanto de uma cobertura temporal densa, essencial para a deteção rápida de eventos, como de uma resolução espacial adequada para a caracterização pormenorizada da paisagem afetada pelo fogo.

Esta complementaridade reflete-se diretamente na capacidade do geoportal em disponibilizar produtos consistentes para diferentes escalas espaciais e temporais, conforme ilustrado nos resultados apresentados nas secções seguintes.

4.1.2. Automatização dos processos de cálculo de indicadores de severidade

A produção dos produtos de severidade no SeverusPT está fortemente assente na automatização do processamento de dados de satélite, utilizando uma combinação entre a plataforma Google Earth Engine (GEE) e a linguagem de programação R, através do pacote *rgee*. Este fluxo de trabalho permite gerar produtos consistentes, atualizados e replicáveis, reduzindo significativamente o tempo necessário para a disponibilização da informação após um evento de incêndio.

A Figura 10 apresenta uma síntese visual do procedimento implementado no SeverusPT para o cálculo automatizado dos indicadores de severidade. O esquema foi adaptado do artigo

publicado por Castro et al. (2025) e representa as diferentes etapas do processo, desde a definição dos parâmetros de entrada até à exportação dos produtos finais.

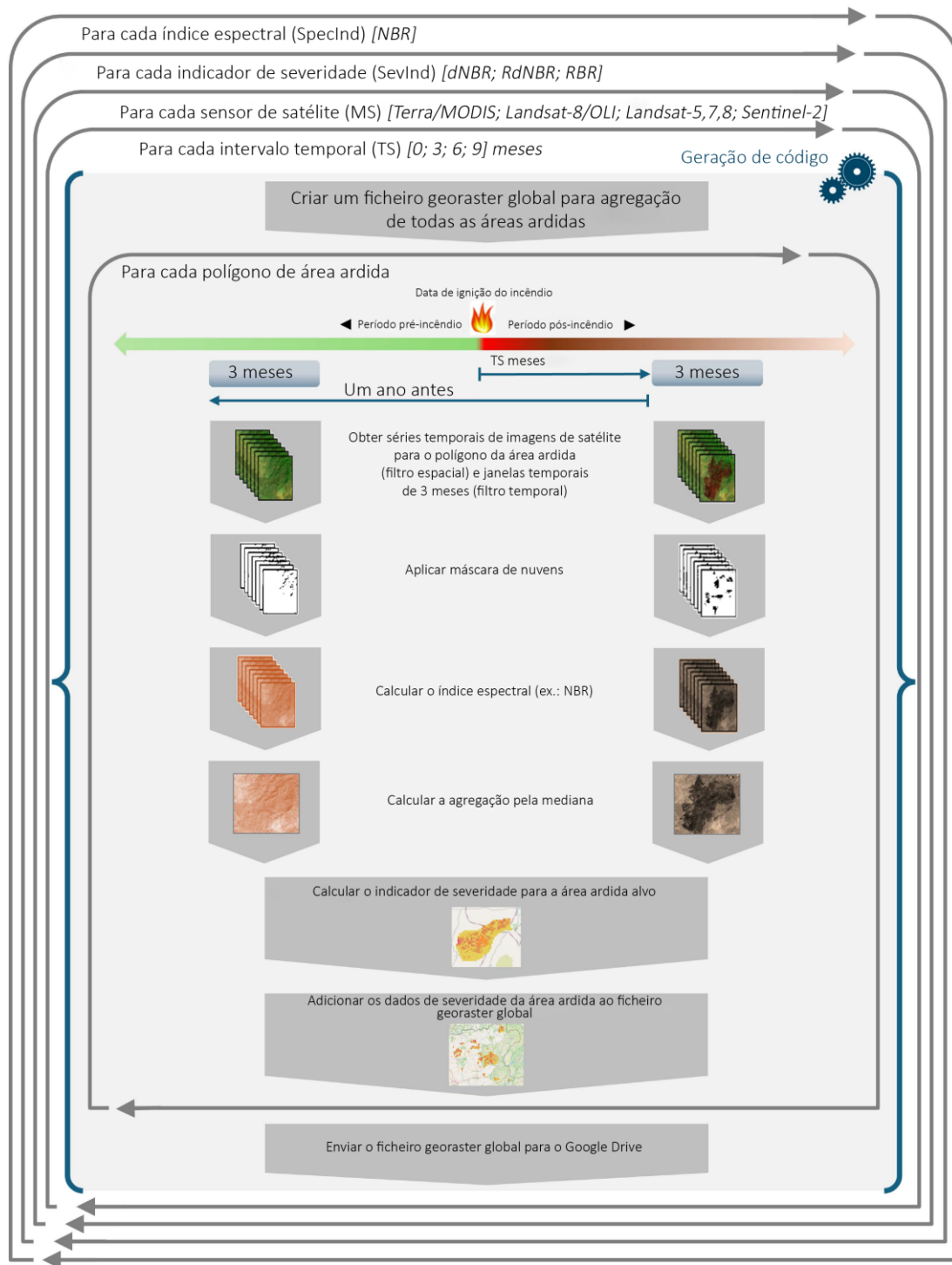


Figura 10 - Esquema do fluxo automatizado de cálculo de indicadores de severidade no SeverusPT. Adaptado de Castro et al. (2025)

O processo automatizado segue os seguintes passos principais:

- **Seleção de dados de entrada:** para cada polígono de área ardida e para cada combinação de índice espectral, sensor satélite e intervalo temporal, são obtidas séries temporais de imagens satélite, considerando janelas pré e pós-incêndio.
- **Filtragem e pré-processamento:** é aplicada uma máscara de nuvens às imagens e calculado o índice espectral relevante (ex.: NBR).
- **Cálculo dos indicadores de severidade:** a partir das composições medianas, são calculados automaticamente os indicadores dNBR, RdNBR e RBR para cada polígono.
- **Exportação e agregação:** os resultados são agregados e exportados como ficheiros Cloud Optimized GeoTIFF (COG), prontos para integração no geoportal, juntamente com os metadados técnicos correspondentes.

Este processo garante não só a padronização metodológica e a comparabilidade entre regiões e períodos, como também uma resposta rápida e fiável à ocorrência de novos incêndios, minimizando a intervenção manual e os riscos de erro.

A implementação deste fluxo automatizado permitiu reduzir significativamente o tempo entre a ocorrência do incêndio e a disponibilização dos produtos de severidade no geoportal.

4.1.3. Acessibilidade dos dados e interface orientada ao utilizador

Um dos elementos centrais do SeverusPT é a disponibilização aberta e estruturada dos produtos de severidade, através de um geoportal web concebido com especial atenção à usabilidade e acessibilidade. A plataforma permite realizar diversas operações de consulta e exploração de dados, nomeadamente:

- **Consulta hierárquica**, organizada por tipo de sensor, ano de ocorrência e índice de severidade;
- **Pesquisa e filtragem personalizada**, com base em parâmetros como período temporal, sistema de referência cartográfica, resolução espacial e tipo de índice espectral;

- **Visualização interativa dos produtos em mapa**, com possibilidade de aceder a valores de severidade, consultar os metadados associados e descarregar os dados em alta resolução.

A acessibilidade é reforçada através de um sistema de permissões que distingue entre perfis de utilizador: públicos (com acesso básico), utilizadores registados/verificados (com acesso completo aos dados), e gestores de dados (com capacidade para inserir e atualizar produtos diretamente na plataforma).

Adicionalmente, o portal suporta serviços compatíveis com os padrões do Open Geospatial Consortium (OGC), nomeadamente o Web Map Service (WMS), permitindo a integração dos dados em sistemas de informação geográfica externos, como o QGIS ou o ArcGIS, sem necessidade de descarregamento local.

Este modelo de disponibilização de dados promove uma abordagem aberta, transparente e colaborativa, potenciando a sua aplicação em contextos operacionais, académicos e de planeamento estratégico pós-incêndio.

4.2. Geoportal SeverusPT: funcionalidades, acesso e utilização

O geoportal SeverusPT constitui a interface central de acesso, consulta, visualização e disseminação dos produtos de severidade de incêndios florestais gerados no âmbito do projeto. Desenvolvido em conformidade com os objetivos definidos nesta dissertação, o portal materializa os princípios de acessibilidade, interoperabilidade e escalabilidade discutidos nos capítulos anteriores, permitindo a utilização efetiva dos dados por diferentes perfis de utilizadores.

Nesta secção apresentam-se os principais resultados associados à implementação do geoportal, incidindo na estrutura dos dados, nos mecanismos de acesso, nas funcionalidades disponibilizadas e na forma como estas concretizam os objetivos operacionais da plataforma.

4.2.1. Organização e estrutura dos dados no portal

A estrutura do portal SeverusPT foi concebida para suportar grandes volumes de dados geoespaciais e facilitar a sua consulta por diferentes utilizadores, assegurando consistência, clareza e rapidez na localização dos produtos. Os dados encontram-se organizados segundo uma hierarquia funcional composta por duas entidades principais: produtos e ficheiros.

Os produtos correspondem a conjuntos agregados de ficheiros que partilham características comuns, como o indicador de severidade, o índice espectral base, o sensor utilizado e a fonte dos perímetros de área ardida. Cada produto segue uma convenção de nomenclatura padronizada, composta pelos seguintes elementos:

- acrónimo do projeto (SPT);
- código da abordagem (por exemplo, D para delta);
- indicador de severidade (por exemplo, DELTA);
- índice espectral base (por exemplo, NBR);
- código do satélite ou sensor (por exemplo, L8 para Landsat-8);
- fonte de dados de área ardida (por exemplo, E para EFFIS);
- número da versão (por exemplo, v01).

Um exemplo de nome de produto é SPT-D-DELTA-NBR-L8-E-v01, sendo cada componente separado pelo caractere “-”. Este identificador corresponde a um produto de severidade baseado na diferença pré e pós-incêndio do índice NBR, gerado a partir de imagens Landsat-8 e utilizando polígonos de área ardida provenientes do EFFIS.

Esta convenção permite identificar de forma imediata os principais atributos do produto, facilitando a navegação, a distinção entre variantes metodológicas e a comparação entre versões. A Figura 11 apresenta a interface do portal relativa à navegação e visualização dos produtos disponíveis.

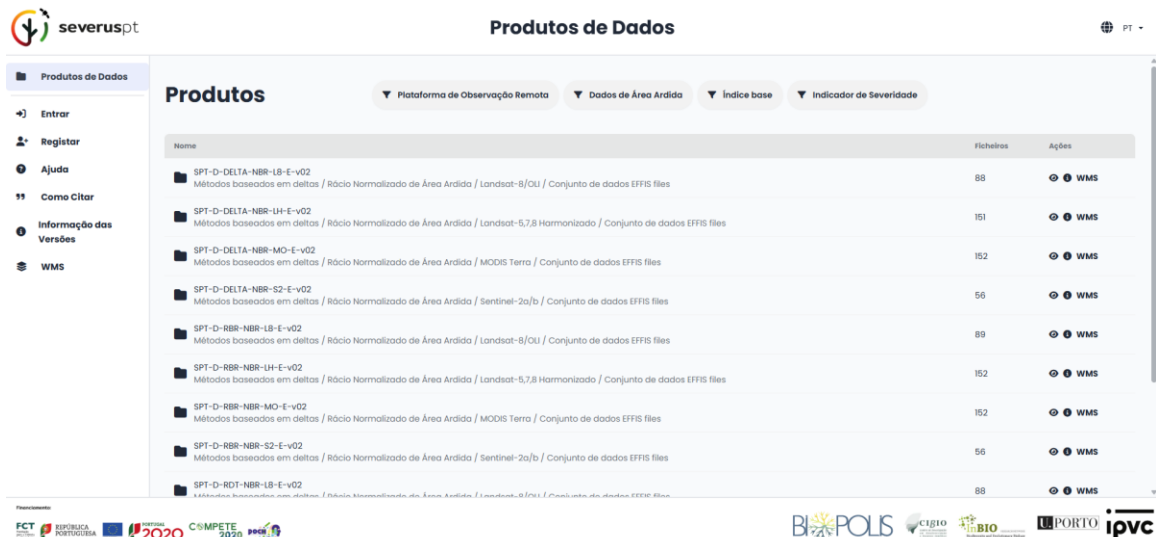


Figura 11 - Interface do portal com visualização dos produtos disponíveis

Os ficheiros constituem as unidades discretas de dados geoespaciais, disponibilizadas em formato Cloud Optimized GeoTIFF (COG). Cada ficheiro corresponde a uma combinação única de parâmetros temporais, espaciais e técnicos. A sua nomenclatura inclui:

- acrónimo do projeto (SPT);
- indicador e índice espectral (por exemplo, DELTA_NBR);
- código do sensor (por exemplo, L8OLI);
- fonte da área ardida (por exemplo, E);
- ano de referência;
- período de referência;
- sistema de coordenadas;
- data de processamento;
- versão do ficheiro.

Um exemplo de nome de ficheiro é SPT_DELTA_NBR_L8OLI_E2014_R003P003_32629_20231204_v02, sendo os parâmetros separados pelo caractere “_”. Este identificador corresponde a um ficheiro de severidade relativo ao ano de 2014, obtido com o sensor OLI do Landsat-8, com determinado período de referência pós-incêndio, processado no sistema UTM zona 29N e gerado a 4 de dezembro de 2023.

A padronização desta estrutura revelou-se fundamental para a gestão de grandes volumes de dados, permitindo identificar rapidamente o conteúdo, a origem e o contexto temporal de cada ficheiro sem necessidade de recorrer a documentação externa. A Figura 12 ilustra o painel de visualização e acesso aos ficheiros associados a um determinado produto.

The screenshot shows the 'Produtos de Dados' (Data Products) section of the SeverusPT portal. On the left is a navigation menu with options: Entrar, Registar, Ajuda, Como Citar, Informação das Versões, and WMS. The main area displays the 'Ficheiros' (Files) for the selected product 'SPT-D-DELTA-NBR-L8-E-v02'. Above the file list are filters for 'Ano de Referência', 'Período de Referência', and 'Sistema de Coordenadas'. The file list table has three columns: 'Nome', 'Última Atualização', and 'Ações'. Each row represents a file with a specific name, update date, and a set of action icons (download, share, etc.). At the bottom of the page, there are logos for various partners and funding sources, including FCT, REPÚBLICA PORTUGUESA, 2020, COMPETE 2020, BIA POLIS, CIGIO, INBIO, and ipvc.

Figura 12 - Interface de visualização e acesso aos ficheiros associados a um produto selecionado

A organização hierárquica entre produtos e ficheiros constitui, assim, um elemento central da arquitetura funcional do portal, permitindo uma navegação eficiente e uma exploração estruturada dos dados de severidade.

4.2.2. Perfis de utilizador e níveis de acesso

Com base nos requisitos funcionais definidos no Capítulo 3, o geoportal SeverusPT foi concebido com um sistema de autenticação e autorização que distingue diferentes perfis de utilizador. Este modelo permite equilibrar a disponibilização aberta dos dados com mecanismos de controlo, segurança e gestão eficiente dos conteúdos.

Foram definidos cinco níveis de acesso:

- **Público** - utilizador não autenticado;
- **Registado** - utilizador autenticado com permissões de consulta e descarregamento;
- **Verificado** - utilizador autenticado com acesso expandido a versões anteriores;

- **Gestor** - utilizador com permissões de gestão de conteúdos;
- **Administrador** - utilizador com controlo alargado sobre a plataforma e os restantes perfis.

Este modelo hierárquico permite ajustar o grau de interação com a plataforma às necessidades e responsabilidades de cada utilizador, assegurando simultaneamente a integridade da informação e a sustentabilidade operacional do sistema.

O perfil Público constitui o ponto de entrada para qualquer visitante da plataforma e permite o acesso às principais funcionalidades de consulta, visualização e exploração dos dados. Este nível inclui a pesquisa de produtos e ficheiros, a visualização de mapas de severidade, a consulta de metadados e o acesso a serviços WMS públicos.

O perfil Registado acrescenta a possibilidade de descarregar ficheiros raster e os respetivos metadados, permitindo a reutilização dos dados em contextos analíticos, técnicos ou institucionais.

O perfil Verificado corresponde a uma extensão do perfil Registado, sendo ativado mediante validação por parte da equipa gestora. Este nível permite aceder a versões anteriores dos produtos, o que é particularmente relevante em contextos de reprodutibilidade, comparação metodológica e análise temporal.

A gestão de conteúdos está reservada ao perfil Gestor, que dispõe de um painel próprio para criação e atualização de produtos, carregamento de ficheiros e metadados, e gestão de versões.

Por fim, o perfil Administrador representa o nível máximo de acesso, incluindo a gestão dos restantes utilizadores, o controlo das permissões e a supervisão global da plataforma.

A existência destes perfis permite responder a uma diversidade de públicos e casos de uso, desde utilizadores ocasionais até técnicos especializados e investigadores. A Figura 3, apresentada no Capítulo 3, representa esquematicamente esta estrutura de permissões e a progressão funcional entre perfis.

4.2.3. Funcionalidades de acesso público

O geoportal SeverusPT disponibiliza, de forma aberta e sem necessidade de autenticação, um conjunto alargado de funcionalidades dirigidas ao perfil Público. Estas funcionalidades foram concebidas para permitir a consulta e exploração interativa dos dados de severidade, assegurando transparência, acessibilidade e facilidade de utilização.

A interface principal do portal permite a consulta dos produtos disponíveis através de uma listagem estruturada, onde cada entrada apresenta a nomenclatura normalizada do produto, bem como os principais atributos que o identificam. Para apoiar a interpretação dessa nomenclatura, a plataforma disponibiliza um mecanismo de consulta dos respetivos componentes, permitindo ao utilizador compreender de forma imediata a lógica de identificação adotada (Figura 13).

Produtos de Dados

Produtos

Informação

ProjectAcronym:
SPT: Acrónimo do projeto

ApproachCode:
D: Métodos baseados em deltas

SeverityIndicator:
DELTA: Diferença Pós-fogo - Pré-fogo/método delta

BaseIndex:
NBR: Rácio Normalizado de Área Ardida

PlatformCode:
LB: Landsat-8/OLI

BurntAreaDataset:
E: Conjunto de dados EFFIS

VersionNumber:
v02: Número da versão do produto. Composto por dois dígitos que denota alterações apenas na versão principal

Nome	Ficheiros	Ações
SPT-D-DELTA-NBR-LB-E-v02 Métodos baseados em deltas / Rácio Norm	88	WMS
SPT-D-DELTA-NBR-LH-E-v02 Métodos baseados em deltas / Rácio Norm	151	WMS
SPT-D-DELTA-NBR-MQ-E-v02 Métodos baseados em deltas / Rácio Norm	152	WMS
SPT-D-DELTA-NBR-S2-E-v02 Métodos baseados em deltas / Rácio Norm	56	WMS
SPT-D-RBR-NBR-LB-E-v02 Métodos baseados em deltas / Rácio Norm	89	WMS
SPT-D-RBR-NBR-LH-E-v02 Métodos baseados em deltas / Rácio Norm	152	WMS
SPT-D-RBR-NBR-MQ-E-v02 Métodos baseados em deltas / Rácio Norm	152	WMS
SPT-D-RBR-NBR-S2-E-v02 Métodos baseados em deltas / Rácio Normalizado de Área Ardida / Sentinel-2a/b / Conjunto de dados EFFIS files	56	WMS
SPT-D-RDT-NBR-LB-E-v02 Métodos baseados em deltas / Rácio Normalizado de Área Ardida / Landsat-8/OLI / Conjunto de dados EFFIS files	88	WMS

Figura 13 - Descrição dos componentes do nome de produto

Cada produto disponibilizado no portal pode ainda ser associado ao respetivo endpoint WMS, permitindo a sua integração direta em aplicações SIG externas, sem necessidade de descarregamento prévio dos dados. A Figura 14 exemplifica esta funcionalidade.



Figura 14 - Visualização do URL do WMS de um determinado produto

Ao seleccionar um produto, o utilizador acede à lista de ficheiros associados, onde cada ficheiro representa uma variante específica em termos temporais, espaciais ou técnicos. Para cada ficheiro, a plataforma disponibiliza um conjunto de capacidades de exploração, nomeadamente:

- visualização direta no mapa interativo;
- consulta de metadados técnicos;
- interpretação da nomenclatura do ficheiro;
- obtenção do respetivo link WMS individual.

Estas funcionalidades permitem ao utilizador compreender a origem, o enquadramento técnico e a distribuição espacial dos dados, promovendo uma exploração transparente e orientada da informação geoespacial (Figuras 15 a 18).

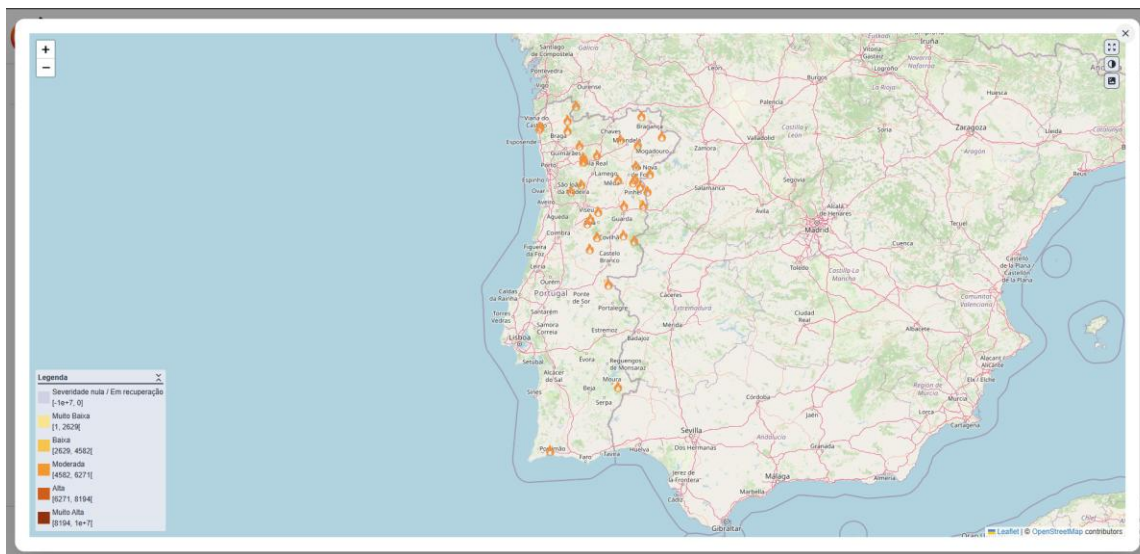


Figura 15 - Visualização do ficheiro de severidade no mapa interativo do portal

Parameter	Value
ProjectAcronym	SeverusPT
ProjectName	A web-based data product and service for fire severity assessment and prediction in mainland Portugal
ProjectWebsite	https://severus.pt/en/
ContactEntity	CIBIO/INBIO/BIOPOLIS/ECOCHANGE Team - University of Porto
ContactAddress	U. Porto, Campus de Vairão, R. Padre Armando Quintas 7, 4495-661 Vairão
ContactEmail	geral@severus.pt
ProductType	Observed/historical severity
ProductName	Fire/burn severity / Indicator: DELTA NBR / moving window 3 months composite
SpatialResolution	30 meters
TemporalResolution	3 months composite
CoordRefSystem	Secondary CRS: WGS 1984/UTM 29N (EPSG: 32629)
CalculationDate	2023-12-04 06:47:35 Lisbon GMT +00:00
CalculationPlatforms	Google Earth Engine; R/RStudio; EE-API-version: 0.1.323 / rgee-version: 1.1.5
BurntAreaDataset	EFFIS
BurntAreaDatasetURL	https://effis.jrc.ec.europa.eu/applications/data-and-services
ReferenceYear	2014
MinFireSize	10 hectares
SatCollectionData	LBOU / Landsat-8/OLI
SatProcLevel	Level L2/L2A: Surface reflectance (SR)
SatColVersion	
CloudMaskUsed	Yes
CloudMaskMethod	Pixel QA band: Cirrus, clouds and/or cloud shadows

Figura 16 - Consulta dos metadados técnicos do ficheiro selecionado

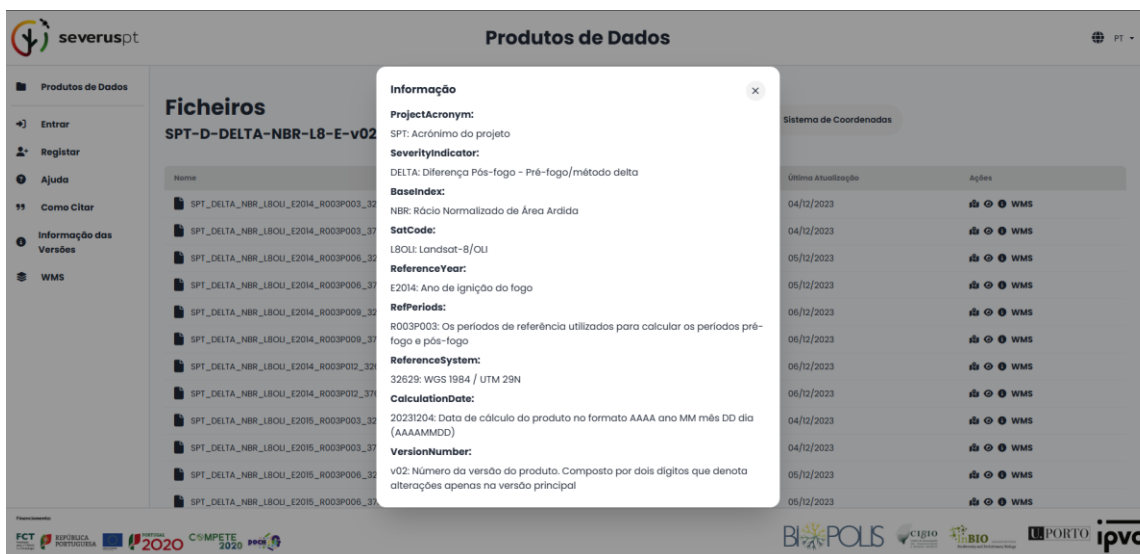


Figura 17 - Descrição dos componentes do nome de ficheiro

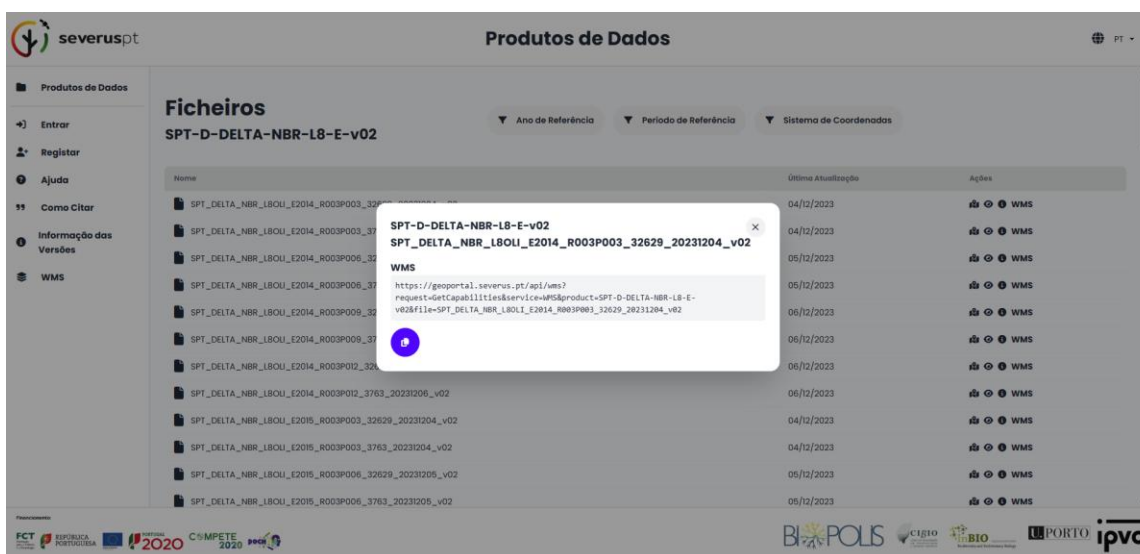


Figura 18 - Visualização do URL do WMS de um determinado ficheiro

Outra funcionalidade central do perfil Público consiste na pesquisa e filtragem dinâmica dos produtos e ficheiros disponíveis. O sistema permite restringir os resultados com base em critérios como plataforma de observação remota, fonte de área ardida, índice espectral, indicador de severidade, ano de referência, período de referência e sistema de coordenadas. Esta capacidade reduz significativamente o esforço de localização dos dados mais relevantes e facilita a exploração de repositórios extensos (Figuras 19 a 22).

Produtos

▼ Plataforma de Observação Remota

▼ Dados de Área Ardida

▼ Índice base

▼ Indicador de Severidade

Figura 19 - Filtros disponíveis para pesquisa e seleção de produtos

The screenshot shows the 'Produtos de Dados' interface. On the left is a sidebar with navigation links: Entrar, Registrar, Ajuda, Como Citar, Informação das Versões, and WMS. The main area is titled 'Produtos' and features a filter dropdown menu for 'Plataforma de Observação Remota'. The dropdown is open, showing options: S2 (Sentinel-2a/b) (selected), M0 (MODIS Terra), M1 (MODIS Aqua), L8 (Landsat-8/OLI), and L9 (Landsat-5,7,9 Harmonizado). Below the dropdown is a table with columns 'Nome', 'Ficheiros', and 'Ações'. The table lists three products: SPT-D-DELTA-NBR-S2-E-v02, SPT-D-RBR-NBR-S2-E-v02, and SPT-D-RDT-NBR-S2-E-v02. Each product has a description, a file count (56), and a 'WMS' action link.

Figura 20 - Exemplo de aplicação de um filtro nos produtos, neste caso plataforma de observação remota

Ficheiros

SPT-D-DELTA-NBR-L8-E-v02

▼ Ano de Referência

▼ Período de Referência

▼ Sistema de Coordenadas

Figura 21 - Filtros de pesquisa aplicáveis aos ficheiros individuais associados a um produto

The screenshot shows the 'Ficheiros' interface for the product 'SPT-D-DELTA-NBR-S2-E-v02'. The sidebar is the same as in Figure 19. The main area is titled 'Ficheiros' and features a filter dropdown for 'Ano de Referência'. The dropdown is open, showing a date range from 2024 to 2025. Below the dropdown is a table with columns 'Nome', 'Última Atualização', and 'Ações'. The table lists eight files with names like SPT_DELTA_NBR_S2MSI_E2024_R003P003_32629_20250311_v02. Each file has a date (11/03/2025 or 12/03/2025) and a 'WMS' action link.

Figura 22 - Exemplo de aplicação de um filtro nos ficheiros, neste caso ano de referência

Para além da exploração direta dos dados, a barra lateral do portal disponibiliza funcionalidades complementares de apoio à utilização, incluindo acesso ao manual técnico, instruções de citação dos dados e informação relativa às versões dos produtos. Estas funcionalidades contribuem para a rastreabilidade, reutilização e correta interpretação da informação disponibilizada.

Adicionalmente, a plataforma disponibiliza instruções de utilização do serviço WMS, promovendo a interoperabilidade com software SIG externo e reforçando a capacidade de integração dos dados em diferentes contextos operacionais e analíticos (Figura 23).

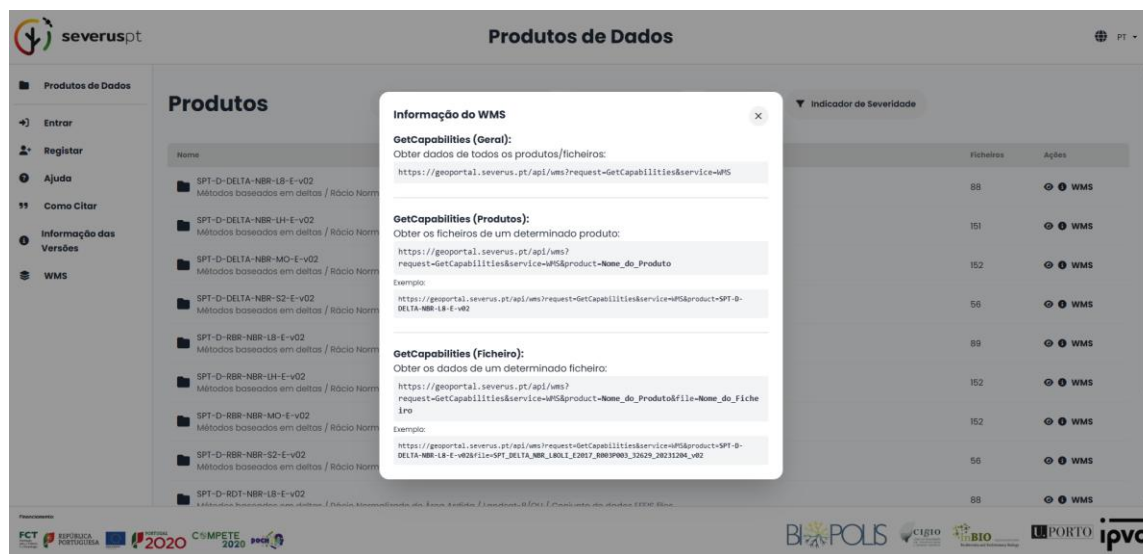


Figura 23 - Interface de instruções para utilização dos serviços WMS no SeverusPT

Em conjunto, estas funcionalidades demonstram que o perfil Público não se limita à visualização passiva da informação, permitindo já uma exploração substantiva dos produtos de severidade através de mecanismos de consulta, interpretação e interoperabilidade.

4.2.4. Funcionalidades adicionais para utilizadores registados e verificados

O registo na plataforma SeverusPT permite o acesso a funcionalidades adicionais não disponíveis no perfil Público, alargando significativamente as possibilidades de utilização dos dados.

O processo de registo é realizado através de um formulário estruturado, no qual são recolhidas informações relativas ao setor de atividade do utilizador, âmbito geográfico de utilização, frequência de uso, contexto de aplicação dos dados e dados de autenticação. Após validação do endereço de correio eletrónico, o utilizador passa a integrar o perfil Registrado.

A funcionalidade mais relevante deste perfil consiste na possibilidade de descarregar os produtos de severidade em alta resolução, em formato GeoTIFF, juntamente com os respetivos metadados em formatos JSON, CSV e TXT. Para efeitos de visualização remota no portal, a plataforma utiliza versões otimizadas em formato Cloud Optimized GeoTIFF (COG), geradas internamente. A transferência pode ser efetuada sobre produtos completos ou sobre ficheiros individuais, de forma simples ou múltipla, consoante as necessidades do utilizador.

Esta capacidade permite integrar os dados do SeverusPT em fluxos de trabalho académicos, operacionais e institucionais, nomeadamente em software SIG ou em pipelines de análise automatizada. A Figura 24 apresenta um exemplo da estrutura local resultante de uma transferência de dados.

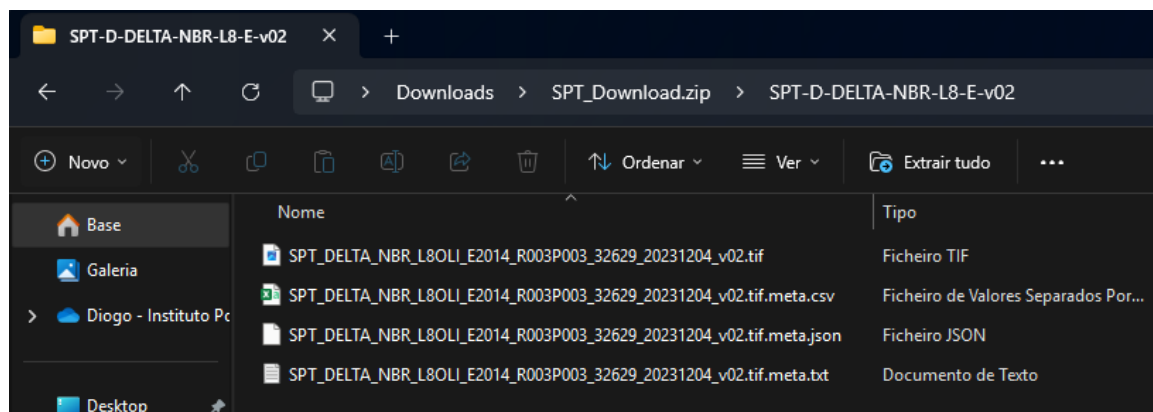


Figura 24 - Estrutura local de ficheiros após transferência múltipla de dados do SeverusPT

Mediante solicitação e validação manual por parte da equipa gestora, os utilizadores podem transitar para o perfil Verificado, ganhando acesso a versões anteriores dos produtos de severidade. Esta funcionalidade é particularmente útil em contextos de comparação temporal, análise metodológica e rastreabilidade de dados anteriormente utilizados em estudos ou relatórios.

O modelo de permissões adotado assegura, assim, uma abertura progressiva das funcionalidades do portal, conciliando acessibilidade com mecanismos de responsabilidade e controlo no uso dos dados.

4.2.5. Funcionalidades de gestão de conteúdos (perfil Gestor)

O perfil Gestor foi concebido para suportar a atualização regular dos conteúdos disponibilizados no geoportal, assegurando que novos produtos e ficheiros podem ser integrados de forma controlada, consistente e sem necessidade de intervenção direta no código da aplicação.

As funcionalidades associadas a este perfil estão acessíveis através de um painel específico de gestão e incluem:

- adição de novos produtos;
- adição de novas versões;
- carregamento de ficheiros raster e metadados;
- submissão de dados por API;
- validação de nomenclatura e deteção de erros;
- gestão do histórico de versões.

A adição de um novo produto é realizada através de uma interface onde são definidos os componentes que estruturam a sua nomenclatura, garantindo coerência com as convenções do sistema (Figura 25).

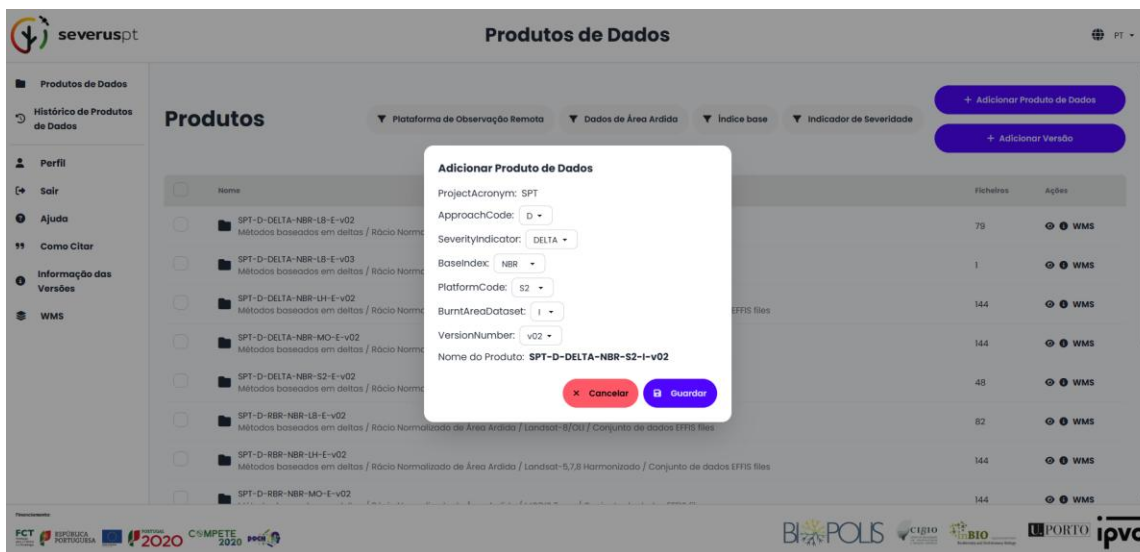


Figura 25 - Interface de adição de um novo produto de dados

A gestão de versões combina uma etapa de definição explícita com mecanismos automáticos de atualização e arquivamento. Sempre que é necessário disponibilizar uma nova versão de um produto, o Gestor pode registar previamente essa versão através de um formulário próprio, indicando o identificador da versão e a descrição das alterações introduzidas, em português e inglês (Figura 26). Esta etapa permite preparar a estrutura lógica do produto antes da submissão dos ficheiros correspondentes.

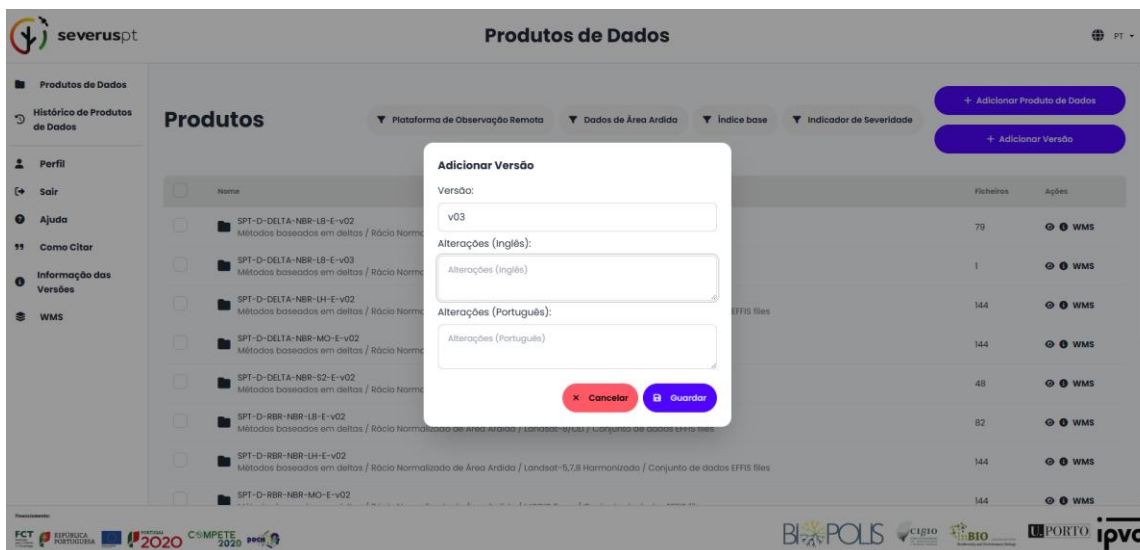


Figura 26 - Interface para criação de uma nova versão e descrição das alterações associadas

Após a submissão dos ficheiros associados a essa versão, o sistema processa automaticamente a sua ativação como versão corrente e reclassifica as versões anteriores como histórico. Deste modo, a criação da versão constitui uma ação explícita de organização do produto, enquanto a atualização do estado das versões e a preservação do histórico são asseguradas automaticamente pelo sistema.

Com o produto e a versão definidos, o Gestor pode proceder ao carregamento dos dados, sendo obrigatória a presença do ficheiro raster em formato GeoTIFF e dos respetivos metadados em JSON, CSV e TXT. Para efeitos de visualização remota no portal, a plataforma gera posteriormente uma versão otimizada em formato Cloud Optimized GeoTIFF (COG). O sistema valida a integridade mínima da submissão e impede o envio em caso de omissão de ficheiros obrigatórios (Figura 27).

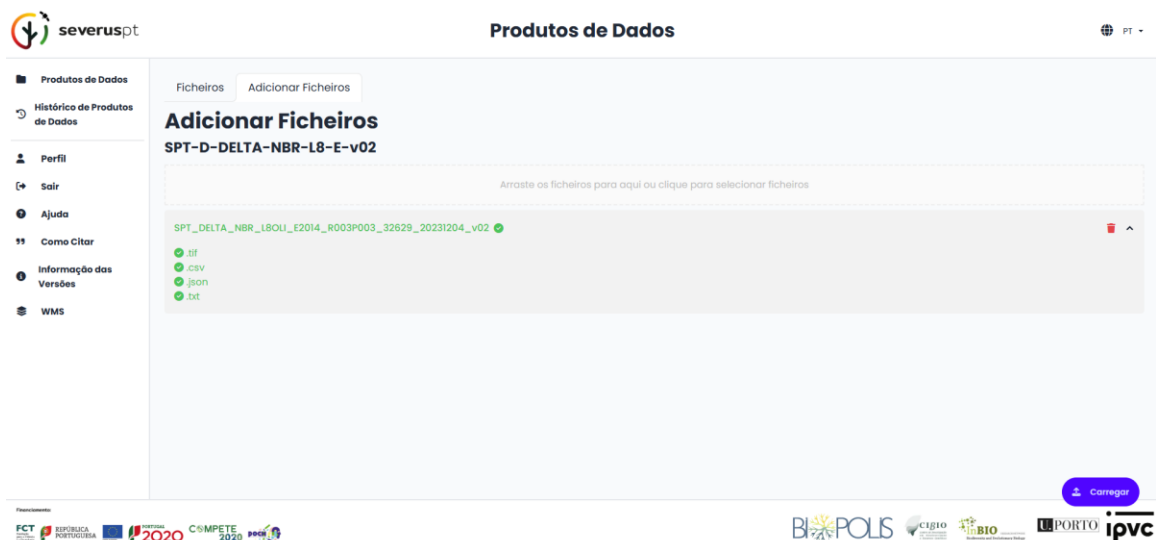


Figura 27 - Interface de carregamento de ficheiros, com validação de extensão e estrutura

Para facilitar a integração com fluxos automatizados de produção, os perfis Gestor e Administrador dispõem ainda de uma API de submissão, acessível na área de perfil do utilizador (Figura 28). Através desta API, é possível submeter ficheiros programaticamente, sendo o sistema responsável pela verificação da nomenclatura, criação do produto, validação ou criação da versão, arquivamento de versões anteriores e associação correta dos ficheiros.

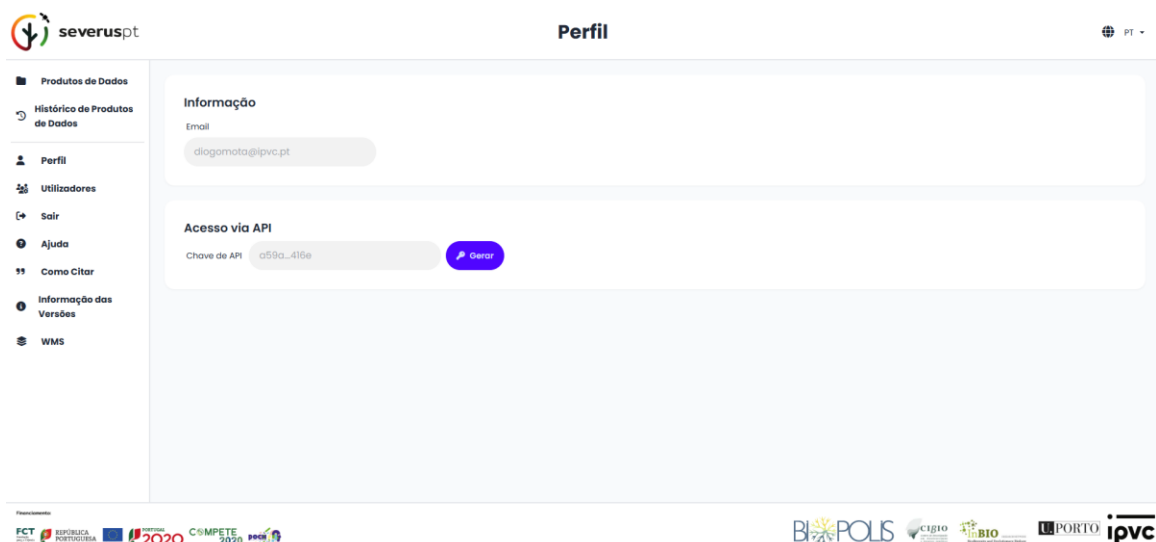


Figura 28 - Interface de gestão do perfil e geração de chave de acesso à API

Durante os processos de submissão, quer pela interface gráfica quer por API, o sistema efetua validações automáticas sobre a estrutura dos nomes e a consistência dos ficheiros. Em caso de erro, são apresentados avisos específicos ao Gestor, contribuindo para reduzir falhas humanas no processo de publicação e reforçando a consistência global do repositório (Figura 29).

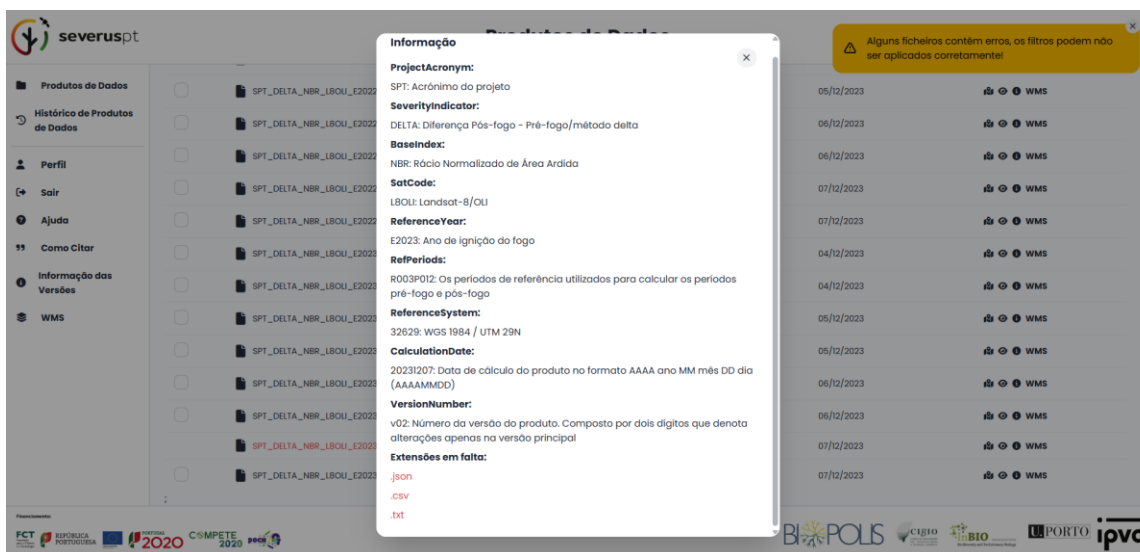


Figura 29 - Visualização de erros que podem existir devido a nomenclatura incorreta ou ficheiros de dados em falta

A manutenção de versões históricas constitui outro elemento central deste perfil. Sempre que uma nova versão é ativada, as anteriores são automaticamente transferidas para o

histórico, permanecendo acessíveis a utilizadores com permissões adequadas. Esta funcionalidade permite comparar diferentes iterações dos produtos e preservar o acesso a dados anteriormente utilizados em análises, relatórios ou estudos, mesmo depois de deixarem de ser a versão ativa no portal.

Em conjunto, estas funcionalidades conferem ao perfil Gestor a capacidade de atualizar os conteúdos do SeverusPT de forma robusta, padronizada e eficiente, assegurando simultaneamente a rastreabilidade das alterações e a continuidade operacional da plataforma.

4.2.6. Funcionalidades avançadas de administração (Perfil Administrador)

O perfil Administrador representa o nível mais elevado de permissões no portal SeverusPT, estando reservado a elementos da equipa técnica responsável pela gestão global da plataforma.

Para além das capacidades herdadas dos perfis Verificado e Gestor, este nível acrescenta funcionalidades de administração de utilizadores, incluindo:

- visualização da lista de contas existentes;
- pesquisa de utilizadores por endereço de correio eletrónico;
- alteração de permissões e perfis;
- remoção de contas.

A listagem de utilizadores inclui, para cada conta, elementos como endereço de correio eletrónico, permissão atribuída, data de criação e data da última utilização da plataforma (Figura 30).

Email	Permissão	Criado em	Última Visita	Ações
ptseverus@gmail.com	ADMIN	2025-02-25 14:24:57	Nunca	
joao.goncalves@icbio.up.pt	CONSULT	2025-02-25 14:24:57	Nunca	
up202008643@up.pt	CONSULT	2025-02-25 14:24:57	Nunca	
cristina.gilma@icbio.up.pt	CONSULT	2025-02-25 14:24:57	Nunca	
pmc@estg.lpvc.pt	CONSULT	2025-02-25 14:24:57	Nunca	
joaofgo@hotmail.com	NOACCESS	2025-02-25 14:24:57	Nunca	
soulinhoj@gmail.com	CONSULT	2025-02-25 14:24:57	Nunca	
diogo.alexandre.mota@gmail.com	ADMIN	2025-02-25 14:24:57	Nunca	
diogomota@lpvc.pt	ADMIN	2025-02-25 14:24:57	2025-05-29 19:34:31	

Figura 30 - Interface de gestão de utilizadores

As funcionalidades de administração permitem adaptar os privilégios atribuídos a cada utilizador ao seu grau de envolvimento com a plataforma, bem como remover contas inválidas, duplicadas ou descontinuadas. Esta camada assegura controlo centralizado, integridade organizacional e capacidade de resposta a novas necessidades operacionais.

4.2.7. Serviços web interoperáveis (WMS)

Uma das componentes estruturais do SeverusPT consiste na disponibilização de um serviço Web Map Service (WMS), em conformidade com as especificações do Open Geospatial Consortium (OGC). Este serviço permite publicar camadas raster diretamente a partir do servidor do portal, sem necessidade de descarregamento local dos ficheiros.

A implementação do serviço WMS exigiu o desenvolvimento de uma infraestrutura própria de publicação geoespacial, integrada no backend do SeverusPT. Foram criadas rotas compatíveis com as operações principais do protocolo WMS 1.3.0, designadamente:

- **GetCapabilities** - descrição dos serviços e camadas disponíveis;
- **GetMap** - retorno da imagem correspondente à camada solicitada;
- **GetLegendGraphic** - disponibilização da legenda associada à simbologia utilizada.

Estes endpoints foram concebidos de forma a cumprir os parâmetros exigidos pelo protocolo, incluindo definição do sistema de referência espacial, bounding box, estilo,

formato de imagem e dimensões do pedido. O serviço foi testado com diferentes clientes SIG, confirmando a sua compatibilidade com ferramentas como QGIS e ArcGIS.

No contexto do SeverusPT, foram implementados três tipos principais de acesso:

1. acesso global ao conjunto de produtos e ficheiros;
2. acesso dirigido a um produto específico;
3. acesso dirigido a um ficheiro individual.

Esta arquitetura permite a integração transparente dos dados de severidade em aplicações externas, promovendo a reutilização da informação em contextos institucionais, operacionais e científicos. A Figura 31 ilustra a renderização de mapas e legendas através do serviço WMS.

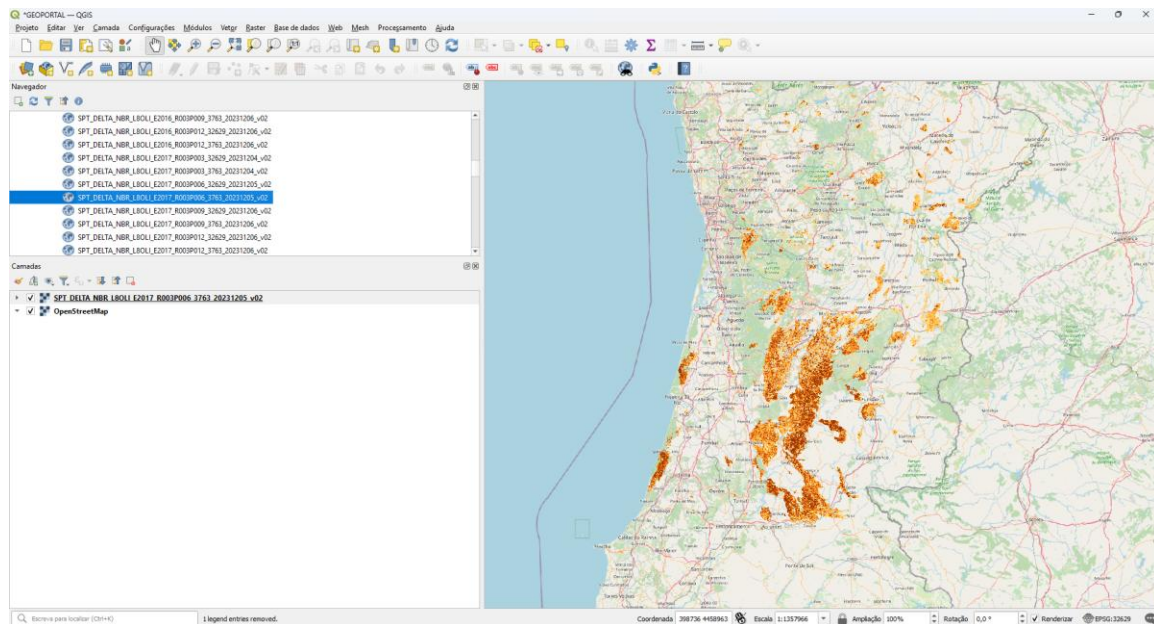


Figura 31 - Renderização de mapa (GetMap) e legenda (GetLegendGraphic)

A disponibilização deste serviço reforça o compromisso do SeverusPT com a abertura, normalização e interoperabilidade da informação geoespacial, garantindo compatibilidade com infraestruturas SIG amplamente utilizadas e ampliando o alcance dos produtos gerados no projeto.

4.2.8. Considerações finais

As funcionalidades implementadas no geoportal SeverusPT constituem um dos principais resultados deste trabalho, traduzindo operacionalmente as opções metodológicas e arquiteturais definidas nos capítulos anteriores. Em particular, a plataforma concretiza os objetivos de organização, disponibilização, consulta e interoperabilidade dos dados de severidade dos incêndios florestais em Portugal Continental, através de uma interface web acessível a diferentes perfis de utilizador.

A estruturação dos dados em produtos e ficheiros, a disponibilização de mecanismos de filtragem e pesquisa, a consulta de metadados, a transferência estruturada de dados, a gestão de versões e a publicação de serviços interoperáveis WMS demonstram que o geoportal SeverusPT não se limita a funcionar como repositório, assumindo-se antes como um ambiente funcional de exploração e disseminação de informação geoespacial.

Do ponto de vista dos objetivos definidos nesta dissertação, os resultados apresentados mostram que foi possível:

1. implementar uma arquitetura funcional e escalável para organização e disponibilização dos produtos;
2. assegurar diferentes níveis de acesso e gestão de conteúdos;
3. suportar a integração com software SIG externo através de mecanismos normalizados;
4. disponibilizar uma interface capaz de facilitar a consulta e utilização dos dados por públicos com diferentes níveis de especialização técnica.

m conjunto, estas características reforçam a relevância do SeverusPT enquanto plataforma de apoio à análise pós-incêndio, promovendo uma utilização mais informada, transparente e interoperável da informação produzida no projeto.

5. Conclusões

A presente dissertação teve como objetivo o desenvolvimento e a implementação do geoportal SeverusPT, uma plataforma web orientada para a monitorização da severidade dos incêndios florestais em Portugal Continental, respondendo a necessidades concretas de acesso, integração e disseminação de informação geoespacial no contexto da gestão pós-incêndio. O trabalho desenvolvido enquadra-se num cenário de frequência e severidade crescentes dos incêndios florestais, no qual a disponibilidade atempada de dados fiáveis constitui um fator crítico para a tomada de decisão informada.

Os objetivos definidos no Capítulo 1 foram cumpridos. Em particular, foi concebida e implementada uma arquitetura modular e escalável que integra dados de deteção remota provenientes de diferentes sensores, automatiza o cálculo de indicadores espectrais de severidade (dNBR, RdNBR e RBR) em ambiente *cloud* e disponibiliza os produtos resultantes através de um geoportal web acessível, interoperável e orientado ao utilizador. A adoção de tecnologias como o Google Earth Engine, R, SvelteKit e Leaflet revelou-se adequada para atender aos requisitos funcionais e não funcionais identificados, assegurando desempenho, flexibilidade e facilidade de manutenção. A interface web desenvolvida, centrada na acessibilidade e na experiência do utilizador, foi validada de forma iterativa através da recolha e incorporação de feedback de potenciais utilizadores, permitindo identificar e corrigir limitações concretas ao longo do processo de desenvolvimento. Foi ainda assegurada a interoperabilidade com plataformas SIG externas, através da implementação de serviços WMS conformes com os padrões OGC, reforçando a interoperabilidade da plataforma e permitindo a integração direta dos dados em fluxos de trabalho já estabelecidos por investigadores, técnicos e entidades gestoras do território.

Do ponto de vista técnico, o SeverusPT distingue-se pela integração completa de um *pipeline* de produção de dados, desde o processamento automatizado até à disseminação web, abrangendo a validação, a organização e a publicação estruturada dos produtos de severidade. Neste fluxo, a conversão dos ficheiros GeoTIFF para o formato Cloud Optimized GeoTIFF (COG) surge como uma etapa técnica orientada especificamente para melhorar a eficiência da visualização remota no geoportal, permitindo um acesso mais rápido e progressivo aos dados raster em ambiente web. Esta integração, suportada por

mecanismos robustos de gestão de produtos, versões e permissões de acesso, contribui para simplificar o fluxo de disponibilização de dados, automatizando tarefas e assegurando consistência e rastreabilidade ao longo do processo.

Em termos científicos, o trabalho contribui para a operacionalização de metodologias validadas baseadas em índices espectrais como ferramentas de avaliação da severidade dos incêndios, demonstrando a sua aplicabilidade em contexto nacional e a sua integração eficaz em plataformas digitais de disseminação. A principal mais-valia da plataforma SeverusPT reside na sua capacidade de transformar metodologias amplamente validadas em produtos operacionais consistentes, reproduzíveis e escaláveis, aproximando a produção científica das necessidades práticas de técnicos, investigadores e decisores.

O impacto prático do SeverusPT é particularmente relevante no contexto institucional e operacional. A plataforma promove o acesso aberto a dados de severidade, reduz barreiras técnicas associadas ao uso de software SIG avançado e disponibiliza produtos normalizados que podem ser utilizados em análises ambientais, planeamento territorial, investigação científica e apoio à decisão pós-incêndio. A existência de diferentes perfis de utilizador e níveis de acesso assegura simultaneamente a abertura, a segurança e o controlo da integridade dos dados.

Importa, contudo, reconhecer que a utilização dos dados publicados no geoportal depende também de condicionantes associadas à geração dos próprios indicadores de severidade, nomeadamente a disponibilidade de imagens óticas, as características da cobertura vegetal e a necessidade de reforço da validação sistemática com dados de campo. Estes aspetos não comprometem a utilidade da plataforma no contexto em que foi desenvolvida, mas devem ser considerados na interpretação dos resultados.

A arquitetura adotada encontra-se tecnicamente preparada para a integração de novos serviços, fontes de dados e funcionalidades analíticas, permitindo a expansão funcional, metodológica e geográfica do sistema. Entre os desenvolvimentos futuros mais relevantes destacam-se a integração de ferramentas de análise temporal e comparação entre produtos, o reforço das capacidades analíticas da interface, a automatização mais completa da submissão de produtos via API e a extensão da interoperabilidade para outros serviços OGC, como WMTS e WFS. Estas possibilidades de evolução reforçam o potencial

do SeverusPT enquanto plataforma em crescimento, capaz de responder de forma progressiva a novas exigências técnicas, científicas e operacionais.

Em síntese, esta dissertação demonstra como a aplicação de tecnologias web e de computação geoespacial pode responder de forma eficaz a desafios reais de monitorização ambiental, reforçando o papel das infraestruturas digitais na gestão do risco e na recuperação ecológica pós-incêndio. O SeverusPT constitui um contributo relevante a nível técnico e estratégico, ao disponibilizar uma plataforma operacional, interoperável e acessível para a análise da severidade dos incêndios florestais em Portugal Continental, apresentando-se como um modelo replicável e adaptável a outros contextos territoriais e domínios de aplicação.

Referências Bibliográficas

Agafonkin, V. (n.d.). *Leaflet: An open-source JavaScript library for mobile-friendly interactive maps*. <https://leafletjs.com>

Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A. D., Katz, R., Konwinski, A., Lee, G., Patterson, D., Rabkin, A., Stoica, I., & Zaharia, M. (2010). A view of cloud computing. *Communications of the ACM*, 53(4), 50–58. <https://doi.org/10.1145/1721654.1721672>

Biljecki, F., Stoter, J., Ledoux, H., Zlatanova, S., & Çöltekin, A. (2015). Applications of 3D city models: State of the art review. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4(4), 2842–2889. <https://doi.org/10.3390/ijgi4042842>

Brooke, J. (1996). SUS: A quick and dirty usability scale. In P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & I. L. McClelland (Eds.), *Usability evaluation in industry* (pp. 189–194). Taylor & Francis.

Castro, P., Gonçalves, J., Mota, D., Marcos, B., Alves, C., Alonso, J., & Honrado, J. P. (2025). Open access to burn severity data—A web-based portal for mainland Portugal. *Fire*, 8(3), Article 95. <https://doi.org/10.3390/fire8030095>

Esri. (n.d.). *ArcGIS Maps SDK for JavaScript*. <https://developers.arcgis.com/javascript/>

Fowler, M., & Lewis, J. (2014, March 25). *Microservices: A definition of this new architectural term*. Martin Fowler. <https://martinfowler.com/articles/microservices.html>

Gonçalves, J., Marcos, B., & Honrado, J. P. (2022). Remotely sensed time series reveal varying levels of association between burned area and severity across regions in mainland Portugal. In D. X. Viegas & L. M. Ribeiro (Eds.), *Advances in forest fire research 2022* (pp. 343–354). Imprensa da Universidade de Coimbra. https://doi.org/10.14195/978-989-26-2298-9_55

Gonçalves, J., Marcos, B., Alcaraz-Segura, D., Cunha, M., & Honrado, J. P. (2023). Assessing the resilience of ecosystem functioning to wildfires using satellite-derived metrics of post-

fire trajectories. *Remote Sensing of Environment*, 286, Article 113441.
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2022.113441>

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>

Guo, L., Li, S., Wu, Z., Parsons, R. A., Lin, S., Wu, B., & Sun, L. (2022). Assessing spatial patterns and drivers of burn severity in subtropical forests in southern China based on Landsat 8. *Forest Ecology and Management*, 524, Article 120515.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120515>

Harris, R. (n.d.). *Svelte: Cybernetically enhanced web apps*. <https://svelte.dev>

Keeley, J. E. (2009). Fire intensity, fire severity and burn severity: A brief review and suggested usage. *International Journal of Wildland Fire*, 18(1), 116–126.
<https://doi.org/10.1071/WF07049>

Key, C. H., & Benson, N. C. (2006). Landscape assessment (LA). In D. C. Lutes, R. E. Keane, J. F. Caratti, C. H. Key, N. C. Benson, S. Sutherland, & L. J. Gangi (Eds.), *FIREMON: Fire effects monitoring and inventory system* (Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-164-CD, pp. LA-1–LA-55). U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.

Kurbanov, E., Vorobev, O., Lezhnin, S., Sha, J., Wang, J., Li, X., Cole, J., Dergunov, D., & Wang, Y. (2022). Remote sensing of forest burnt area, burn severity, and post-fire recovery: A review. *Remote Sensing*, 14(19), Article 4714. <https://doi.org/10.3390/rs14194714>

Lentile, L. B., Holden, Z. A., Smith, A. M. S., Falkowski, M. J., Hudak, A. T., Morgan, P., Lewis, S. A., Gessler, P. E., & Benson, N. C. (2006). Remote sensing techniques to assess active fire characteristics and post-fire effects. *International Journal of Wildland Fire*, 15(3), 319–345. <https://doi.org/10.1071/WF05097>

Lentile, L. B., Morgan, P., Hudak, A. T., Bobbitt, M. J., Lewis, S. A., Smith, A. M. S., & Robichaud, P. R. (2007). Post-fire burn severity and vegetation response following eight

large wildfires across the western United States. *Fire Ecology*, 3(1), 91–108.
<https://doi.org/10.4996/fireecology.0301091>

Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). *Geographic information science and systems* (4th ed.). Wiley.

Marcos, B., Gonçalves, J., Alcaraz-Segura, D., Cunha, M., & Honrado, J. P. (2019). Improving the detection of wildfire disturbances in space and time based on indicators extracted from MODIS data: A case study in northern Portugal. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 78, 77–85. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.09.016>

Meta Platforms. (n.d.). *React: The library for web and native user interfaces*.
<https://react.dev>

Miller, J. D., & Thode, A. E. (2007). Quantifying burn severity in a heterogeneous landscape with a relative version of the delta normalized burn ratio (RdNBR). *Remote Sensing of Environment*, 109(1), 66–80. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.12.006>

Mota, D., Marcos, B., & Gonçalves, J. (2024). SeverusPT: Portal web para avaliação e previsão da severidade dos incêndios em Portugal continental. In *Atas da CIMEI 2024 – Conferência Interna do Mestrado de Engenharia Informática*. Instituto Politécnico de Viana do Castelo.

Open Geospatial Consortium. (2005). *Web Feature Service implementation specification* (Version 1.1.0; P. A. Vretanos, Ed.). <https://www.ogc.org/standards/wfs/>

Open Geospatial Consortium. (2006). *OpenGIS Web Map Server implementation specification* (Version 1.3.0; J. de La Beaujardière, Ed.).
<https://www.ogc.org/standards/wms/>

Open Geospatial Consortium. (2008). *Web Coverage Service (WCS) implementation standard* (Version 1.1.2; A. Whiteside & J. Evans, Ed.). <https://www.ogc.org/standards/wcs/>

Open Geospatial Consortium. (2010). *OpenGIS Web Map Tile Service implementation standard* (Version 1.0.0; J. Masó et al., Ed.). <https://www.ogc.org/standards/wmts/>

- Open Geospatial Consortium. (2011). *OGC reference model* (OGC 08-062r7; G. Percivall, Ed.). <https://www.ogc.org/standards/orm>
- Open Geospatial Consortium. (2021). *OGC® GeoPackage encoding standard* (Version 1.3.1). <https://www.geopackage.org/spec/>
- Pakdil, M. E., Abdikan, S., Bayik, Ç., Balik Sanli, F., Ustuner, M., & İpbüker, C. (2021). Serverless geospatial data processing workflow system design. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(1), Article 20. <https://doi.org/10.3390/ijgi11010020>
- Parks, S. A., Dillon, G. K., & Miller, C. (2014). A new metric for quantifying burn severity: The relativized burn ratio. *Remote Sensing*, 6(3), 1827–1844. <https://doi.org/10.3390/rs6031827>
- Rigaux, P., Scholl, M., & Voisard, A. (2002). *Spatial databases: With application to GIS*. Morgan Kaufmann.
- SeverusPT. (2024, March 22). *SeverusPT stakeholder questionnaire responses analysis* (Version 1) [Relatório interno do projeto]
- Tamiminia, H., Salehi, B., Mahdianpari, M., Quackenbush, L., Adeli, S., & Brisco, B. (2020). Google Earth Engine for geo-big data applications: A meta-analysis and systematic review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 164, 152–170. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.04.001>
- Tanase, M. A., de la Riva, J., & Pérez-Cabello, F. (2011). Estimating burn severity at the regional level using optically based indices. *Canadian Journal of Forest Research*, 41(4), 863–872. <https://doi.org/10.1139/X11-011>
- Veraverbeke, S., Lhermitte, S., Verstraeten, W. W., & Goossens, R. (2010). The temporal dimension of differenced normalized burn ratio (dNBR) fire/burn severity studies: The case of the large 2007 Peloponnese wildfires in Greece. *Remote Sensing of Environment*, 114(11), 2548–2563. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2010.05.029>
- You, E. (n.d.). *Vue.js: The progressive JavaScript framework*. <https://vuejs.org>

Anexos

Os anexos seguintes reúnem a documentação técnica complementar relativa aos testes de segurança, configuração SSL/TLS e desempenho realizados ao geoportal SeverusPT. Estes documentos suportam a análise apresentada na Secção 3.7, permitindo consultar os relatórios completos das ferramentas utilizadas durante a fase de validação do sistema.

Índice de Anexos

Anexo A - Relatório OWASP ZAP (avaliação inicial de segurança)

Anexo B - Relatório OWASP ZAP (avaliação após implementação de melhorias)

Anexo C - Relatório Qualys SSL Labs (avaliação SSL/TLS do domínio geoportal.severus.pt)

Anexo D - Relatório Lighthouse (avaliação de desempenho da página inicial do geoportal)

Anexo E - Relatório GTmetrix (avaliação de desempenho da página inicial do geoportal)

Anexo A - Relatório OWASP ZAP (avaliação inicial de segurança)

Ferramenta: OWASP ZAP 2.16.0

Data do teste: 12 de março de 2025

Alvo avaliado: <https://geoportal.severus.pt>

Síntese: O relatório inicial identificou 15 alertas no total, distribuídos por 7 alertas de risco médio, 4 de risco baixo e 4 informacionais. Este documento corresponde à avaliação inicial de segurança aplicacional realizada antes da implementação das medidas corretivas descritas na dissertação.

ZAP by Checkmarx

Scanning Report

Generated with  ZAP on quarta 12 mar. 2025, at 18:14:28

ZAP Version: 2.16.0

ZAP by [Checkmarx](#)

Contents

- [About this report](#)
 - [Report parameters](#)
- [Summaries](#)
 - [Alert counts by risk and confidence](#)
 - [Alert counts by site and risk](#)
 - [Alert counts by alert type](#)
- [Alerts](#)
 - [Risk=Médio, Confidence=Alto \(5\).](#)
 - [Risk=Médio, Confidence=Médio \(2\).](#)
 - [Risk=Baixo, Confidence=Alto \(2\).](#)
 - [Risk=Baixo, Confidence=Médio \(1\).](#)
 - [Risk=Baixo, Confidence=Baixo \(1\).](#)

- [Risk=Informational, Confidence=Médio \(2\)](#).
- [Risk=Informational, Confidence=Baixo \(2\)](#).
- [Appendix](#)
 - [Alert types](#)

About this report

Report parameters

Contexts

No contexts were selected, so all contexts were included by default.

Sites

The following sites were included:

- <https://geoportal.severus.pt>

(If no sites were selected, all sites were included by default.)

An included site must also be within one of the included contexts for its data to be included in the report.

Risk levels

Included: [Alto](#), [Médio](#), [Baixo](#), [Informational](#)

Excluded: None

Confidence levels

Included: [User Confirmed](#), [Alto](#), [Médio](#), [Baixo](#)

Excluded: [User Confirmed](#), [Alto](#), [Médio](#), [Baixo](#), [Falso Positivo](#)

Summaries

Alert counts by risk and confidence

This table shows the number of alerts for each level of risk and confidence included in the report.

(The percentages in brackets represent the count as a percentage of the total number of alerts included in the report, rounded to one decimal place.)

		Confidence				
		User				
		Confirmed	Alto	Médio	Baixo	Total
Risk	Alto	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Médio	0 (0,0%)	5 (33,3%)	2 (13,3%)	0 (0,0%)	7 (46,7%)
	Baixo	0 (0,0%)	2 (13,3%)	1 (6,7%)	1 (6,7%)	4 (26,7%)
	Informational	0 (0,0%)	0 (0,0%)	2 (13,3%)	2 (13,3%)	4 (26,7%)
	1					
Total		0 (0,0%)	7 (46,7%)	5 (33,3%)	3 (20,0%)	15 (100%)

Alert counts by site and risk

This table shows, for each site for which one or more alerts were raised, the number of alerts raised at each risk level.

Alerts with a confidence level of "False Positive" have been excluded from these counts.

(The numbers in brackets are the number of alerts raised for the site at or above that risk level.)

		Risk				Informational
		Alto (= Alto)	Médio (>= Médio)	Baixo (>= Baixo)	Baixo (>= Informa	tional)
Site	https://geoportal.serveus.pt	0 (0)	7 (7)	4 (11)	4 (15)	

Alert counts by alert type

This table shows the number of alerts of each alert type, together with the alert type's risk level.

(The percentages in brackets represent each count as a percentage, rounded to one decimal place, of the total number of alerts included in this report.)

Alert type	Risk	Count
CSP: Wildcard Directive	Médio	14 (93,3%)
CSP: script-src unsafe-eval	Médio	14 (93,3%)
CSP: script-src unsafe-inline	Médio	21 (140,0%)
CSP: style-src unsafe-inline	Médio	21 (140,0%)
Content Security Policy (CSP) Header Not Set	Médio	4 (26,7%)
Missing Anti-clickjacking Header	Médio	2 (13,3%)
Total		15

Alert type	Risk	Count
X-Frame-Options Setting Malformed	Médio	2 (13,3%)
Server Leaks Version Information via "Server" HTTP Response Header Field	Baixo	62 (413,3%)
Strict-Transport-Security Header Not Set	Baixo	51 (340,0%)
Timestamp Disclosure - Unix	Baixo	4 (26,7%)
X-Content-Type-Options Header Missing	Baixo	49 (326,7%)
Content-Type Header Missing	Informational	7 (46,7%)
Information Disclosure - Suspicious Comments	Informational	7 (46,7%)
Modern Web Application	Informational	9 (60,0%)
Re-examine Cache-control Directives	Informational	6 (40,0%)
Total		15

Alerts

Risk=Médio, Confidence=Alto (5)

<https://geoportal.severus.pt> (5)

[CSP: Wildcard Directive](#) (1)

► GET https://geoportal.severus.pt/robots.txt

CSP: script-src unsafe-eval (1)

► GET https://geoportal.severus.pt/robots.txt

CSP: script-src unsafe-inline (1)

► GET https://geoportal.severus.pt/robots.txt

CSP: style-src unsafe-inline (1)

► GET https://geoportal.severus.pt/sitemap.xml

Content Security Policy (CSP) Header Not Set (1)

► GET https://geoportal.severus.pt/robots.txt

Risk=Médio, Confidence=Médio (2)

https://geoportal.severus.pt (2)

Missing Anti-clickjacking Header (1)

► GET https://geoportal.severus.pt/products

X-Frame-Options Setting Malformed (1)

► GET https://geoportal.severus.pt

Risk=Baixo, Confidence=Alto (2)

https://geoportal.severus.pt (2)

Server Leaks Version Information via "Server" HTTP Response Header Field (1)

► GET

https://geoportal.severus.pt/_app/immutable/chunks/Dm8HGj1p.js

Strict-Transport-Security Header Not Set (1)

► GET

https://geoportal.severus.pt/_app/immutable/chunks/CCaCuxPC.js

Risk=Baixo, Confidence=Médio (1)

<https://geoportal.severus.pt> (1)

X-Content-Type-Options Header Missing (1)

► GET

https://geoportal.severus.pt/_app/immutable/chunks/BZwv1IsL.js

Risk=Baixo, Confidence=Baixo (1)

<https://geoportal.severus.pt> (1)

Timestamp Disclosure - Unix (1)

► GET

https://geoportal.severus.pt/_app/immutable/chunks/CAlxhI7f.js

Risk=Informational, Confidence=Médio (2)

<https://geoportal.severus.pt> (2)

Content-Type Header Missing (1)

► GET https://geoportal.severus.pt/_app/immutable/assets

Modern Web Application (1)

► GET <https://geoportal.severus.pt/sitemap.xml>

Risk=Informational, Confidence=Baixo (2)

<https://geoportal.severus.pt> (2)

Information Disclosure - Suspicious Comments (1)

► GET

https://geoportal.severus.pt/_app/immutable/chunks/Da6jYtP5.js

Re-examine Cache-control Directives (1)

► GET <https://geoportal.severus.pt>

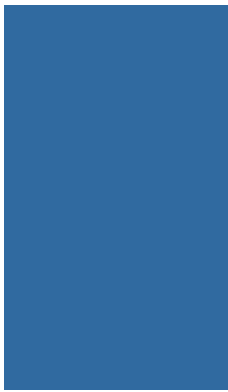
Appendix

Alert types

This section contains additional information on the types of alerts in the report.

CSP: Wildcard Directive

Source	raised by a passive scanner (CSP)
CWE ID	693
WASC ID	15
Reference	▪ https://www.w3.org/TR/CSP/ ▪ https://caniuse.com/#search=content+security+policy



- <https://content-security-policy.com/>
- <https://github.com/HtmlUnit/htmlunit-csp>
- https://developers.google.com/web/fundamentals/security/csp#policy_applies_to_a_wide_variety_of_resources

CSP: script-src unsafe-eval

Source

raised by a passive scanner ([CSP](#))

CWE ID

[693](#)

WASC ID

15

Reference

- <https://www.w3.org/TR/CSP/>
- <https://caniuse.com/#search=content+security+policy>
- <https://content-security-policy.com/>
- <https://github.com/HtmlUnit/htmlunit-csp>
- https://developers.google.com/web/fundamentals/security/csp#policy_applies_to_a_wide_variety_of_resources

CSP: script-src unsafe-inline

Source

raised by a passive scanner ([CSP](#))

CWE ID

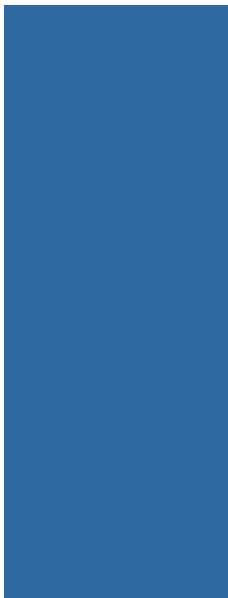
[693](#)

WASC ID

15

Reference

- <https://www.w3.org/TR/CSP/>



- <https://caniuse.com/#search=content+security+policy>
- <https://content-security-policy.com/>
- <https://github.com/HtmlUnit/htmlunit-csp>
- https://developers.google.com/web/fundamentals/security/csp#policy_applies_to_a_wide_variety_of_resources

CSP: style-src unsafe-inline

Source

raised by a passive scanner ([CSP](#))

CWE ID

[693](#)

WASC ID

15

Reference

- <https://www.w3.org/TR/CSP/>
- <https://caniuse.com/#search=content+security+policy>
- <https://content-security-policy.com/>
- <https://github.com/HtmlUnit/htmlunit-csp>
- https://developers.google.com/web/fundamentals/security/csp#policy_applies_to_a_wide_variety_of_resources

Content Security Policy (CSP) Header Not Set

Source

raised by a passive scanner ([Content Security Policy \(CSP\) Header Not Set](#))

CWE ID	<u>693</u>
WASC ID	15
Reference	▪ https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/Security/CSP/Introducing_Content_Security_Policy ▪ https://cheatsheetseries.owasp.org/cheatsheets/Content_Security_Policy_Cheat_Sheet.html ▪ https://www.w3.org/TR/CSP/ ▪ https://w3c.github.io/webappsec-csp/ ▪ https://web.dev/articles/csp ▪ https://caniuse.com/#feat=contentsecuritypolicy ▪ https://content-security-policy.com/

Missing Anti-clickjacking Header

Source	raised by a passive scanner (Anti-clickjacking Header)
CWE ID	<u>1021</u>
WASC ID	15
Reference	▪ https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTTP/Headers/X-Frame-Options

X-Frame-Options Setting Malformed

Source	raised by a passive scanner (Anti-clickjacking Header)
---------------	--

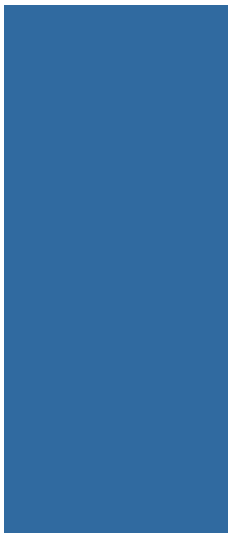
CWE ID	<u>1021</u>
WASC ID	15
Reference	▪ https://tools.ietf.org/html/rfc7034#section-2.1

Server Leaks Version Information via "Server" HTTP Response Header Field

Source	raised by a passive scanner (HTTP Server Response Header)
CWE ID	<u>497</u>
WASC ID	13
Reference	▪ https://httpd.apache.org/docs/current/mod/core.html#servertokens ▪ https://learn.microsoft.com/en-us/previous-versions/msp-n-p/ff648552(v=pandp.10) ▪ https://www.troyhunt.com/shhh-dont-let-your-response-headers/

Strict-Transport-Security Header Not Set

Source	raised by a passive scanner (Strict-Transport-Security Header)
CWE ID	<u>319</u>
WASC ID	15
Reference	▪ https://cheatsheetseries.owasp.org/cheatsheets/HTTP_Strict_Transport_Security_Cheat_Sheet.html



- <https://owasp.org/www-community/Security-Headers>
- https://en.wikipedia.org/wiki/HTTP_Strict_Transport_Security
- <https://caniuse.com/stricttransportsecurity>
- <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc6797>

Timestamp Disclosure - Unix

Source

raised by a passive scanner ([Timestamp Disclosure](#))

CWE ID

[497](#)

WASC ID

13

Reference

- <https://cwe.mitre.org/data/definitions/200.html>

X-Content-Type-Options Header Missing

Source

raised by a passive scanner ([X-Content-Type-Options Header Missing](#))

CWE ID

[693](#)

WASC ID

15

Reference

- [https://learn.microsoft.com/en-us/previous-versions/windows/internet-explorer/ie-developer/compatibility/gg622941\(v=vs.85\)](https://learn.microsoft.com/en-us/previous-versions/windows/internet-explorer/ie-developer/compatibility/gg622941(v=vs.85))
- <https://owasp.org/www-community/Security-Headers>

Content-Type Header Missing

Source	raised by a passive scanner (Content-Type Header Missing)
CWE ID	345
WASC ID	12
Reference	▪ https://learn.microsoft.com/en-us/previous-versions/windows/internet-explorer/ie-developer/compatibility/gg622941(v=vs.85)

Information Disclosure - Suspicious Comments

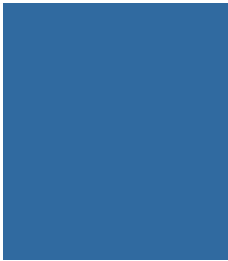
Source	raised by a passive scanner (Information Disclosure - Suspicious Comments)
CWE ID	615
WASC ID	13

Modern Web Application

Source	raised by a passive scanner (Modern Web Application)
--------	--

Re-examine Cache-control Directives

Source	raised by a passive scanner (Re-examine Cache-control Directives)
CWE ID	525
WASC ID	13
Reference	▪ https://cheatsheetseries.owasp.org/cheatsheets/Session_Management_Cheat_Sheet.html#web-content-caching



- <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTTP/Headers/Cache-Control>
- <https://grayduck.mn/2021/09/13/cache-control-recommendations/>



Anexo B - Relatório OWASP ZAP (avaliação após implementação de melhorias)

Ferramenta: OWASP ZAP 2.16.0

Data do teste: 13 de março de 2025

Alvo avaliado: <https://geoportal.severus.pt>

Síntese: Após a implementação de melhorias, o segundo relatório passou a apresentar 6 alertas no total, dos quais 2 de risco médio, 1 de risco baixo e 3 informacionais. Este documento suporta a comparação entre o estado inicial e o estado melhorado da aplicação.

ZAP by Checkmarx

Scanning Report

Generated with  ZAP on quinta 13 mar. 2025, at 17:23:35

ZAP Version: 2.16.0

ZAP by [Checkmarx](#)

Contents

- [About this report](#)
 - [Report parameters](#)
- [Summaries](#)
 - [Alert counts by risk and confidence](#)
 - [Alert counts by site and risk](#)
 - [Alert counts by alert type](#)
- [Alerts](#)
 - [Risk=Médio, Confidence=Alto \(2\).](#)
 - [Risk=Baixo, Confidence=Alto \(1\).](#)
 - [Risk=Informational, Confidence=Médio \(1\).](#)
 - [Risk=Informational, Confidence=Baixo \(2\).](#)
- [Appendix](#)

- [Alert types](#)

About this report

Report parameters

Contexts

No contexts were selected, so all contexts were included by default.

Sites

The following sites were included:

- <https://geoportal.severus.pt>

(If no sites were selected, all sites were included by default.)

An included site must also be within one of the included contexts for its data to be included in the report.

Risk levels

Included: [Alto](#), [Médio](#), [Baixo](#), [Informational](#)

Excluded: None

Confidence levels

Included: [User Confirmed](#), [Alto](#), [Médio](#), [Baixo](#)

Excluded: [User Confirmed](#), [Alto](#), [Médio](#), [Baixo](#), [Falso Positivo](#)

Summaries

Alert counts by risk and confidence

This table shows the number of alerts for each level of risk and confidence included in the report.

(The percentages in brackets represent the count as a percentage of the total number of alerts included in the report, rounded to one decimal place.)

		Confidence				
		User				
		Confirmed	Alto	Médio	Baixo	Total
Risk	Alto	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Médio	0 (0,0%)	2 (33,3%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	2 (33,3%)
	Baixo	0 (0,0%)	1 (16,7%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (16,7%)
	Informationa 1	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (16,7%)	2 (33,3%)	3 (50,0%)
	Total	0 (0,0%)	3 (50,0%)	1 (16,7%)	2 (33,3%)	6 (100%)

Alert counts by site and risk

This table shows, for each site for which one or more alerts were raised, the number of alerts raised at each risk level.

Alerts with a confidence level of "False Positive" have been excluded from these counts.

(The numbers in brackets are the number of alerts raised for the site at or above that risk level.)



		Risk			
					Informational
		Alto (= Alto)	Médio (>= Médio)	Baixo (>= Baixo)	Informational (>= Informational)
Site	https://geoportal.serveus.pt	0 (0)	2 (2)	1 (3)	3 (6)

Alert counts by alert type

This table shows the number of alerts of each alert type, together with the alert type's risk level.

(The percentages in brackets represent each count as a percentage, rounded to one decimal place, of the total number of alerts included in this report.)

Alert type	Risk	Count
CSP: script-src unsafe-inline	Médio	4 (66,7%)
CSP: style-src unsafe-inline	Médio	4 (66,7%)
Server Leaks Version Information via "Server" HTTP Response Header Field	Baixo	43 (716,7%)
Information Disclosure - Suspicious Comments	Informational	5 (83,3%)
Modern Web Application	Informational	4 (66,7%)
Re-examine Cache-control Directives	Informational	2 (33,3%)
Total		6

Alerts

Risk=Médio, Confidence=Alto (2)

<https://geoportal.severus.pt> (2)

CSP: script-src unsafe-inline (1)

► GET <https://geoportal.severus.pt/sitemap.xml>

CSP: style-src unsafe-inline (1)

► GET <https://geoportal.severus.pt/sitemap.xml>

Risk=Baixo, Confidence=Alto (1)

<https://geoportal.severus.pt> (1)

Server Leaks Version Information via "Server" HTTP Response Header Field (1)

► GET
https://geoportal.severus.pt/_app/immutable/chunks/BNw9Ew_i.js

Risk=Informational, Confidence=Médio (1)

<https://geoportal.severus.pt> (1)

Modern Web Application (1)

► GET <https://geoportal.severus.pt/robots.txt>

Risk=Informational, Confidence=Baixo (2)

<https://geoportal.severus.pt> (2)

Information Disclosure - Suspicious Comments (1)

► GET

https://geoportal.severus.pt/_app/immutable/nodes/0.Bvw0V-pc.js

Re-examine Cache-control Directives (1)

► GET <https://geoportal.severus.pt>

Appendix

Alert types

This section contains additional information on the types of alerts in the report.

CSP: script-src unsafe-inline

Source	raised by a passive scanner (CSP)
CWE ID	693
WASC ID	15
Reference	▪ https://www.w3.org/TR/CSP/ ▪ https://caniuse.com/#search=content+security+policy ▪ https://content-security-policy.com/ ▪ https://github.com/HtmlUnit/htmlunit-csp



- https://developers.google.com/web/fundamentals/security/csp#policy_applies_to_a_wide_variety_of_resources

CSP: style-src unsafe-inline

Source

raised by a passive scanner ([CSP](#))

CWE ID

[693](#)

WASC ID

15

Reference

- <https://www.w3.org/TR/CSP/>
- <https://caniuse.com/#search=content+security+policy>
- <https://content-security-policy.com/>
- <https://github.com/HtmlUnit/htmlunit-csp>
- https://developers.google.com/web/fundamentals/security/csp#policy_applies_to_a_wide_variety_of_resources

Server Leaks Version Information via "Server" HTTP Response Header Field

Source

raised by a passive scanner ([HTTP Server Response Header](#))

CWE ID

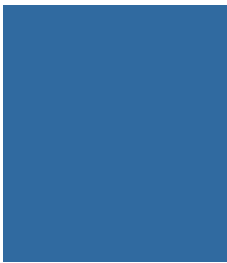
[497](#)

WASC ID

13

Reference

- <https://httpd.apache.org/docs/current/mod/core.html#servertokens>



- [https://learn.microsoft.com/en-us/previous-versions/msp-n-p/ff648552\(v=pandp.10\)](https://learn.microsoft.com/en-us/previous-versions/msp-n-p/ff648552(v=pandp.10)).
- <https://www.troyhunt.com/shhh-dont-let-your-response-headers/>

Information Disclosure - Suspicious Comments

Source

raised by a passive scanner ([Information Disclosure - Suspicious Comments](#))

CWE ID

[615](#)

WASC ID

13

Modern Web Application

Source

raised by a passive scanner ([Modern Web Application](#))

Re-examine Cache-control Directives

Source

raised by a passive scanner ([Re-examine Cache-control Directives](#))

CWE ID

[525](#)

WASC ID

13

Reference

- https://cheatsheetseries.owasp.org/cheatsheets/Session_Management_Cheat_Sheet.html#web-content-caching
- <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTTP/Headers/Cache-Control>
- <https://grayduck.mn/2021/09/13/cache-control-recommendations/>

Anexo C - Relatório Qualys SSL Labs (avaliação SSL/TLS do domínio geoportal.severus.pt)

Ferramenta: Qualys SSL Labs

Data do teste: 13 de março de 2025

Alvo avaliado: geoportal.severus.pt

Síntese: O domínio obteve classificação global **A+**, com suporte a **TLS 1.3** e configuração

HSTS com longa duração. Este relatório documenta a avaliação da configuração de

segurança ao nível do protocolo HTTPS e da infraestrutura SSL/TLS.



You are here: [Home](#) > [Projects](#) > [SSL Server Test](#) > geoportal.severus.pt

SSL Report: geoportal.severus.pt (193.137.65.122)

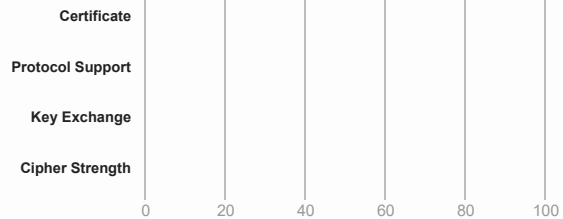
Assessed on: Thu, 13 Mar 2025 17:21:37 UTC | **HIDDEN** | [Clear cache](#)

[Scan Another »](#)

Summary

Overall Rating

A+



Visit our [documentation page](#) for more information, configuration guides, and books. Known issues are documented [here](#).

This server supports TLS 1.3.

HTTP Strict Transport Security (HSTS) with long duration deployed on this server. [MORE INFO »](#)

Certificate #1: RSA 2048 bits (SHA256withRSA)



Server Key and Certificate #1

Subject	*.severus.pt
	Fingerprint SHA256: 1cb87b1f22f37c1e27d6c66cf1698ebcbe3775209473f97ce9763574f1a44fca
	Pin SHA256: A2gxGmKdHZcCRIYsfWNRqjkO3WF3kY6kXJudb/qxwLU=
Common names	*.severus.pt
Alternative names	*.severus.pt severus.pt
Serial Number	044d57973dcda4177b38a2cbe6b4acd8e43d
Valid from	Wed, 19 Feb 2025 21:34:23 UTC
Valid until	Tue, 20 May 2025 21:34:22 UTC (expires in 2 months and 7 days)
Key	RSA 2048 bits (e 65537)
Weak key (Debian)	No
Issuer	R10 AIA: http://r10.o.lencr.org/
Signature algorithm	SHA256withRSA
Extended Validation	No
Certificate Transparency	Yes (certificate)
OCSP Must Staple	No
Revocation information	OCSP OCSP: http://r10.o.lencr.org
Revocation status	Good (not revoked)
DNS CAA	No (more info)
Trusted	Yes Mozilla Apple Android Java Windows



Additional Certificates (if supplied)

Certificates provided	2 (2561 bytes)
Chain issues	None

#2

Additional Certificates (if supplied)

Subject	R10
	Fingerprint SHA256: 9d7c3f1aa6ad2b2ec0d5cf1e246f8d9ae6cbc9fd0755ad37bb974b1f2fb603f3
	Pin SHA256: K7rZOrXHknnsEhUH8nLL4MZkejquUulvOlr6iCa0rbo=
Valid until	Fri, 12 Mar 2027 23:59:59 UTC (expires in 1 year and 11 months)
Key	RSA 2048 bits (e 65537)
Issuer	ISRG Root X1
Signature algorithm	SHA256withRSA



Certification Paths



Click here to expand

Configuration



Protocols

TLS 1.3	Yes
TLS 1.2	Yes
TLS 1.1	No
TLS 1.0	No
SSL 3	No
SSL 2	No



Cipher Suites

TLS 1.3 (server has no preference)



TLS_AES_128_GCM_SHA256 (0x1301)	ECDH x25519 (eq. 3072 bits RSA) FS	128
TLS_AES_256_GCM_SHA384 (0x1302)	ECDH x25519 (eq. 3072 bits RSA) FS	256
TLS_CHACHA20_POLY1305_SHA256 (0x1303)	ECDH x25519 (eq. 3072 bits RSA) FS	256

TLS 1.2 (suites in server-preferred order)



TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_GCM_SHA384 (0xc030)	ECDH x25519 (eq. 3072 bits RSA) FS	256
TLS_ECDHE_RSA_WITH_CHACHA20_POLY1305_SHA256 (0xcca8)	ECDH x25519 (eq. 3072 bits RSA) FS	256
TLS_ECDHE_RSA_WITH_ARIA_256_GCM_SHA384 (0xc061)	ECDH x25519 (eq. 3072 bits RSA) FS	256
TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_128_GCM_SHA256 (0xc02f)	ECDH x25519 (eq. 3072 bits RSA) FS	128
TLS_ECDHE_RSA_WITH_ARIA_128_GCM_SHA256 (0xc060)	ECDH x25519 (eq. 3072 bits RSA) FS	128
TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_CBC_SHA384 (0xc028)	ECDH x25519 (eq. 3072 bits RSA) FS	WEAK 256
TLS_ECDHE_RSA_WITH_CAMELLIA_256_CBC_SHA384 (0xc077)	ECDH x25519 (eq. 3072 bits RSA) FS	WEAK 256
TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_128_CBC_SHA256 (0xc027)	ECDH x25519 (eq. 3072 bits RSA) FS	WEAK 128
TLS_ECDHE_RSA_WITH_CAMELLIA_128_CBC_SHA256 (0xc076)	ECDH x25519 (eq. 3072 bits RSA) FS	WEAK 128
TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_CBC_SHA (0xc014)	ECDH x25519 (eq. 3072 bits RSA) FS	WEAK 256
TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_128_CBC_SHA (0xc013)	ECDH x25519 (eq. 3072 bits RSA) FS	WEAK 128
TLS_RSA_WITH_AES_256_GCM_SHA384 (0x9d)	WEAK	256
TLS_RSA_WITH_AES_256_CCM_8 (0xc0a1)	WEAK	256
TLS_RSA_WITH_AES_256_CCM (0xc09d)	WEAK	256
TLS_RSA_WITH_ARIA_256_GCM_SHA384 (0xc051)	WEAK	256
TLS_RSA_WITH_AES_128_GCM_SHA256 (0x9c)	WEAK	128
TLS_RSA_WITH_AES_128_CCM_8 (0xc0a0)	WEAK	128
TLS_RSA_WITH_AES_128_CCM (0xc09c)	WEAK	128
TLS_RSA_WITH_ARIA_128_GCM_SHA256 (0xc050)	WEAK	128
TLS_RSA_WITH_AES_256_CBC_SHA256 (0x3d)	WEAK	256
TLS_RSA_WITH_CAMELLIA_256_CBC_SHA256 (0xc0)	WEAK	256
TLS_RSA_WITH_AES_128_CBC_SHA256 (0x3c)	WEAK	128
TLS_RSA_WITH_CAMELLIA_128_CBC_SHA256 (0xba)	WEAK	128
TLS_RSA_WITH_AES_256_CBC_SHA (0x35)	WEAK	256

Cipher Suites

TLS_RSA_WITH_CAMELLIA_256_CBC_SHA (0x84)	WEAK	256
TLS_RSA_WITH_AES_128_CBC_SHA (0x2f)	WEAK	128
TLS_RSA_WITH_CAMELLIA_128_CBC_SHA (0x41)	WEAK	128



Handshake Simulation

Android 4.4.2	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_GCM_SHA384	ECDH secp256r1 FS
Android 5.0.0	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_128_GCM_SHA256	ECDH secp256r1 FS
Android 6.0	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2 > http/1.1	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_128_GCM_SHA256	ECDH secp256r1 FS
Android 7.0	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2 > http/1.1	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_GCM_SHA384	ECDH x25519 FS
Android 8.0	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2 > http/1.1	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_GCM_SHA384	ECDH x25519 FS
Android 8.1	-	TLS 1.3	TLS_CHACHA20_POLY1305_SHA256	ECDH x25519 FS
Android 9.0	-	TLS 1.3	TLS_CHACHA20_POLY1305_SHA256	ECDH x25519 FS
BingPreview Jan 2015	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_GCM_SHA384	ECDH secp256r1 FS
Chrome 49 / XP SP3	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2 > http/1.1	TLS_ECDHE_RSA_WITH_CHACHA20_POLY1305_SHA256	ECDH secp256r1 FS
Chrome 69 / Win 7 R	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2 > http/1.1	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_GCM_SHA384	ECDH x25519 FS
Chrome 70 / Win 10	-	TLS 1.3	TLS_AES_128_GCM_SHA256	ECDH x25519 FS
Chrome 80 / Win 10 R	-	TLS 1.3	TLS_AES_128_GCM_SHA256	ECDH x25519 FS
Firefox 31.3.0 ESR / Win 7	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_128_GCM_SHA256	ECDH secp256r1 FS
Firefox 47 / Win 7 R	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2 > http/1.1	TLS_ECDHE_RSA_WITH_CHACHA20_POLY1305_SHA256	ECDH secp256r1 FS
Firefox 49 / XP SP3	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2 > http/1.1	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_GCM_SHA384	ECDH secp256r1 FS
Firefox 62 / Win 7 R	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2 > http/1.1	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_GCM_SHA384	ECDH x25519 FS
Firefox 73 / Win 10 R	-	TLS 1.3	TLS_AES_128_GCM_SHA256	ECDH x25519 FS
Googlebot Feb 2018	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_GCM_SHA384	ECDH x25519 FS
IE 11 / Win 7 R	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_CBC_SHA384	ECDH secp256r1 FS
IE 11 / Win 8.1 R	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2 > http/1.1	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_CBC_SHA384	ECDH secp256r1 FS
IE 11 / Win Phone 8.1 R	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2 > http/1.1	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_128_CBC_SHA256	ECDH secp256r1 FS
IE 11 / Win Phone 8.1 Update R	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2 > http/1.1	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_CBC_SHA384	ECDH secp256r1 FS
IE 11 / Win 10 R	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2 > http/1.1	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_GCM_SHA384	ECDH secp256r1 FS
Edge 15 / Win 10 R	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2 > http/1.1	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_GCM_SHA384	ECDH x25519 FS
Edge 16 / Win 10 R	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2 > http/1.1	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_GCM_SHA384	ECDH x25519 FS
Edge 18 / Win 10 R	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2 > http/1.1	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_GCM_SHA384	ECDH x25519 FS
Edge 13 / Win Phone 10 R	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2 > http/1.1	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_GCM_SHA384	ECDH secp256r1 FS
Java 8u161	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_GCM_SHA384	ECDH secp256r1 FS
Java 11.0.3	-	TLS 1.3	TLS_AES_128_GCM_SHA256	ECDH secp256r1 FS
Java 12.0.1	-	TLS 1.3	TLS_AES_128_GCM_SHA256	ECDH secp256r1 FS
OpenSSL 1.0.1l R	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_GCM_SHA384	ECDH secp256r1 FS
OpenSSL 1.0.2s R	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_GCM_SHA384	ECDH secp256r1 FS
OpenSSL 1.1.0k R	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_GCM_SHA384	ECDH x25519 FS
OpenSSL 1.1.1c R	-	TLS 1.3	TLS_AES_256_GCM_SHA384	ECDH x25519 FS
Safari 6 / iOS 6.0.1	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_CBC_SHA384	ECDH secp256r1 FS
Safari 7 / iOS 7.1 R	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_CBC_SHA384	ECDH secp256r1 FS
Safari 7 / OS X 10.9 R	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_CBC_SHA384	ECDH secp256r1 FS
Safari 8 / iOS 8.4 R	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_CBC_SHA384	ECDH secp256r1 FS
Safari 8 / OS X 10.10 R	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_CBC_SHA384	ECDH secp256r1 FS
Safari 9 / iOS 9 R	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2 > http/1.1	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_GCM_SHA384	ECDH secp256r1 FS
Safari 9 / OS X 10.11 R	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2 > http/1.1	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_GCM_SHA384	ECDH secp256r1 FS
Safari 10 / iOS 10 R	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2 > http/1.1	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_GCM_SHA384	ECDH secp256r1 FS
Safari 10 / OS X 10.12 R	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2 > http/1.1	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_GCM_SHA384	ECDH secp256r1 FS
Safari 12.1.2 / MacOS 10.14.6 Beta R	-	TLS 1.3	TLS_CHACHA20_POLY1305_SHA256	ECDH x25519 FS
Safari 12.1.1 / iOS 12.3.1 R	-	TLS 1.3	TLS_CHACHA20_POLY1305_SHA256	ECDH x25519 FS
Apple ATS 9 / iOS 9 R	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2 > http/1.1	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_GCM_SHA384	ECDH secp256r1 FS
Yahoo Slurp Jan 2015	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_GCM_SHA384	ECDH secp256r1 FS
YandexBot Jan 2015	RSA 2048 (SHA256)	TLS 1.2	TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_GCM_SHA384	ECDH secp256r1 FS

[Click here to expand](#)

- (1) Clients that do not support Forward Secrecy (FS) are excluded when determining support for it.
- (2) No support for virtual SSL hosting (SNI). Connects to the default site if the server uses SNI.
- (3) Only first connection attempt simulated. Browsers sometimes retry with a lower protocol version.
- (R) Denotes a reference browser or client, with which we expect better effective security.
- (All) We use defaults, but some platforms do not use their best protocols and features (e.g., Java 6 & 7, older IE).
- (All) Certificate trust is not checked in handshake simulation, we only perform TLS handshake.



Protocol Details

Secure Renegotiation	Supported
Secure Client-Initiated Renegotiation	No
Insecure Client-Initiated Renegotiation	No
BEAST attack	Mitigated server-side (more info)
POODLE (SSLv3)	No, SSL 3 not supported (more info)
POODLE (TLS)	No (more info)
Zombie POODLE	No (more info) TLS 1.2 : 0xc027
GOLDENDOODLE	No (more info) TLS 1.2 : 0xc027
OpenSSL 0-Length	No (more info) TLS 1.2 : 0xc027
Sleeping POODLE	No (more info) TLS 1.2 : 0xc027
Downgrade attack prevention	Yes, TLS_FALLBACK_SCSV supported (more info)
SSL/TLS compression	No
RC4	No
Heartbeat (extension)	No
Heartbleed (vulnerability)	No (more info)
Ticketbleed (vulnerability)	No (more info)
OpenSSL CCS vuln. (CVE-2014-0224)	No (more info)
OpenSSL Padding Oracle vuln. (CVE-2016-2107)	No (more info)
ROBOT (vulnerability)	No (more info)
Forward Secrecy	Yes (with most browsers) ROBUST (more info)
ALPN	Yes http/1.1
NPN	No
Session resumption (caching)	No (IDs assigned but not accepted)
Session resumption (tickets)	Yes
OCSP stapling	No
Strict Transport Security (HSTS)	Yes max-age=31536000; includeSubDomains; preload
HSTS Preloading	Not in: Chrome Edge Firefox IE
Public Key Pinning (HPKP)	No (more info)
Public Key Pinning Report-Only	No
Public Key Pinning (Static)	No (more info)
Long handshake intolerance	No
TLS extension intolerance	No
TLS version intolerance	No
Incorrect SNI alerts	No
Uses common DH primes	No, DHE suites not supported
DH public server param (Ys) reuse	No, DHE suites not supported
ECDH public server param reuse	No
Supported Named Groups	x25519, secp256r1, x448, secp521r1, secp384r1 (server preferred order)
SSL 2 handshake compatibility	No
0-RTT enabled	No



HTTP Requests



- 1 <https://geoportal.severus.pt/> (HTTP/1.1 302 Found)

2 <https://geoportal.severus.pt/products> (HTTP/1.1 200 OK)



Miscellaneous

Test date	Thu, 13 Mar 2025 17:18:58 UTC
Test duration	158.133 seconds
HTTP status code	200
HTTP server signature	nginx/1.27.4
Server hostname	-

SSL Report v2.3.1

Copyright © 2009-2025 [Qualys, Inc.](#) All Rights Reserved. [Privacy Policy](#).

[Terms and Conditions](#)

[Try Qualys for free!](#) Experience the award-winning [Qualys Cloud Platform](#) and the entire collection of [Qualys Cloud Apps](#), including [certificate security](#) solutions.

Anexo D - Relatório Lighthouse (avaliação de desempenho da página inicial do geoportal)

Ferramenta: Lighthouse 12.3.0

Data do teste: 13 de março de 2025

Página avaliada: <https://geoportal.severus.pt/products>

Síntese: O relatório apresenta pontuações de **93** em desempenho, **100** em acessibilidade, **96** em boas práticas e **89** em SEO. Entre os aspetos identificados para melhoria surgem o uso de HTTP/2, otimização de imagens, redução de JavaScript e CSS não utilizados e inclusão de meta description.



Performance



Accessibility



Best Practices

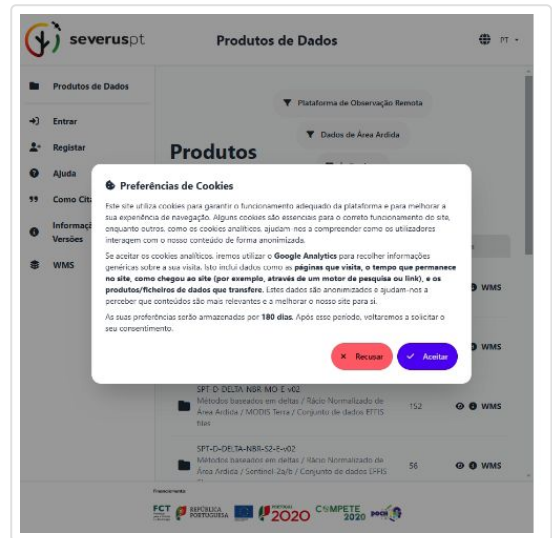


SEO



Performance

Values are estimated and may vary. The [performance score is calculated](#) directly from these metrics. [See calculator.](#)



▲ 0–49 ■ 50–89 ● 90–100

METRICS

[Expand view](#)

■ First Contentful Paint

1.0 s

● Total Blocking Time

0 ms

● Speed Index

1.0 s

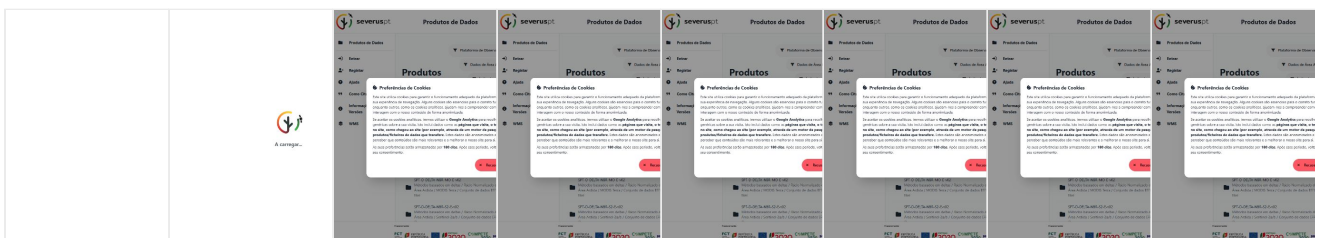
■ Largest Contentful Paint

1.5 s

● Cumulative Layout Shift

0.002

[View Treemap](#)



Show audits relevant to: [All](#) [FCP](#) [LCP](#) [TBT](#) [CLS](#)

DIAGNOSTICS

▲ Use HTTP/2 — 39 requests not served via HTTP/2	▼
▲ Properly size images — Potential savings of 139 KiB	▼
▲ Largest Contentful Paint element — 1,500 ms	▼
▲ Serve images in next-gen formats — Potential savings of 152 KiB	▼
▲ Enable text compression — Potential savings of 27 KiB	▼
▲ Reduce unused JavaScript — Potential savings of 198 KiB	▼
▲ Reduce unused CSS — Potential savings of 27 KiB	▼
■ Image elements do not have explicit <code>width</code> and <code>height</code>	▼
■ Eliminate render-blocking resources — Potential savings of 0 ms	▼
■ Avoid serving legacy JavaScript to modern browsers — Potential savings of 0 KiB	▼
○ Avoid large layout shifts — 1 layout shift found	▼
○ Initial server response time was short — Root document took 90 ms	▼
○ Avoids enormous network payloads — Total size was 983 KiB	▼
○ Avoids an excessive DOM size — 425 elements	▼
○ JavaScript execution time — 0.2 s	▼
○ Minimizes main-thread work — 0.9 s	▼
○ Minimize third-party usage — Third-party code blocked the main thread for 0 ms	▼
○ Avoid long main-thread tasks — 5 long tasks found	▼

More information about the performance of your application. These numbers don't [directly affect](#) the Performance score.

PASSED AUDITS (20)

Show



Accessibility

These checks highlight opportunities to [improve the accessibility of your web app](#). Automatic detection can only detect a subset of issues and does not guarantee the accessibility of your web app, so [manual testing](#) is also encouraged.

ADDITIONAL ITEMS TO MANUALLY CHECK (10)

[Show](#)

These items address areas which an automated testing tool cannot cover. Learn more in our guide on [conducting an accessibility review](#).

PASSED AUDITS (11)

[Show](#)

NOT APPLICABLE (46)

[Show](#)

Best Practices

GENERAL

- ▲ Issues were logged in the [Issues](#) panel in Chrome Devtools [▼](#)
- ▲ Missing source maps for large first-party JavaScript [▼](#)

TRUST AND SAFETY

☐ Ensure CSP is effective against XSS attacks



☐ Ensure proper origin isolation with COOP



PASSED AUDITS (12)

Show

NOT APPLICABLE (4)

Show



SEO

These checks ensure that your page is following basic search engine optimization advice. There are many additional factors Lighthouse does not score here that may affect your search ranking, including performance on [Core Web Vitals](#). [Learn more about Google Search Essentials](#).

CONTENT BEST PRACTICES

Document does not have a meta description



Format your HTML in a way that enables crawlers to better understand your app's content.

ADDITIONAL ITEMS TO MANUALLY CHECK (1)

Show

Run these additional validators on your site to check additional SEO best practices.

PASSED AUDITS (5)

Show

 Captured at Mar 13, 2025, 5:17

PM GMT

 Emulated Desktop with Lighthouse

12.3.0

 Single page session Initial page load Custom throttling Using Chromium 134.0.0.0 with

devtools

Generated by **Lighthouse** 12.3.0 | [File an issue](#)

Anexo E - Relatório GTmetrix (avaliação de desempenho da página inicial do geoportal)

Ferramenta: GTmetrix

Data do teste: 13 de março de 2025

Página avaliada: <https://geoportal.severus.pt/>

Síntese: O relatório apresenta **Performance = 73%** e **Structure = 87%**, com **Largest Contentful Paint = 2,7 s**, **Total Blocking Time = 45 ms**, **Cumulative Layout Shift = 0,02** e **Fully Loaded Time = 3,1 s**. Entre os principais aspetos assinalados encontram-se o uso de CDN, redução de redirecionamentos, utilização de HTTP/2 em todos os recursos, definição explícita de largura e altura em imagens e eliminação de @import em CSS.



Performance Report for:
<https://geoportal.severus.pt/>

Report generated: Thu, Mar 13, 2025 2:46 AM -0700
Test Server Location: Vancouver, Canada
Using: Chrome 125.0.0.0, Lighthouse 12.3.0

	Performance 73%	Structure 87%	L. Contentful Paint 2.7s	T. Blocking Time 45ms	C. Layout Shift 0.02
--	--------------------	------------------	-----------------------------	--------------------------	-------------------------

Top Issues

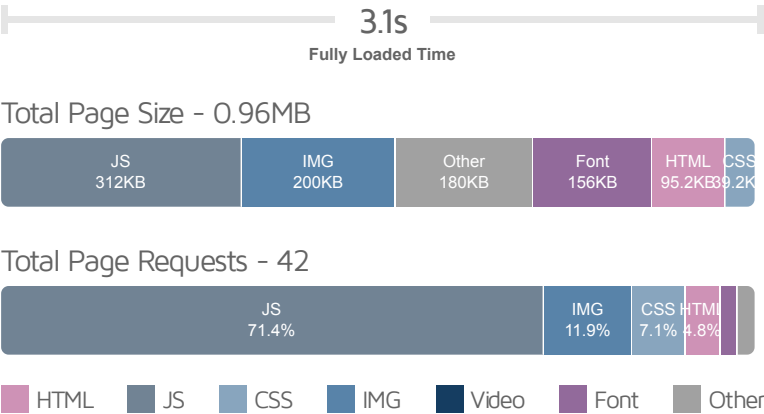
Med-Low	Use a Content Delivery Network (CDN)	36 resources found
Med-Low	Avoid multiple page redirects FCP LCP	Potential savings of 761ms
Med-Low	Use HTTP/2 for all resources	Potential savings of 2.0s
Med-Low	Use explicit width and height on image elements CLS	5 images found
Med-Low	Avoid CSS @import FCP LCP	1 resource found

Focus on these audits first

These audits likely have the largest impact on your page performance.

Structure audits do not directly affect your Performance Score, but improving the audits seen here can help as a starting point for overall performance gains.

Page Details



How does this affect me?

Modern web users have a short attention span and expect a fast and seamless website experience. Delivering that fast experience can result in more traffic, more conversions, and more happiness.

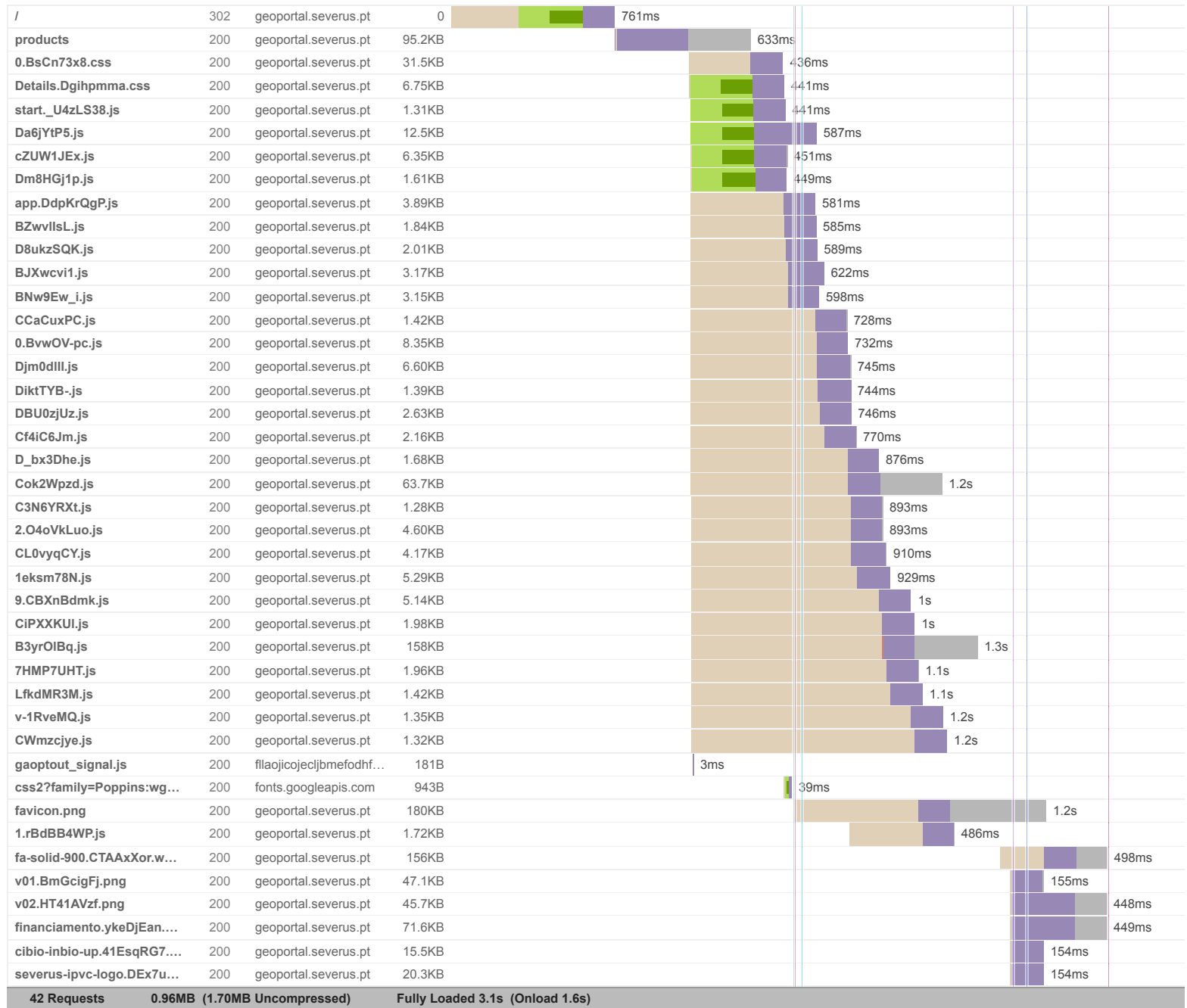
As if you didn't need more incentive, Google use Page Speed and Page Experience (including Web Vitals) signals in their ranking algorithm.

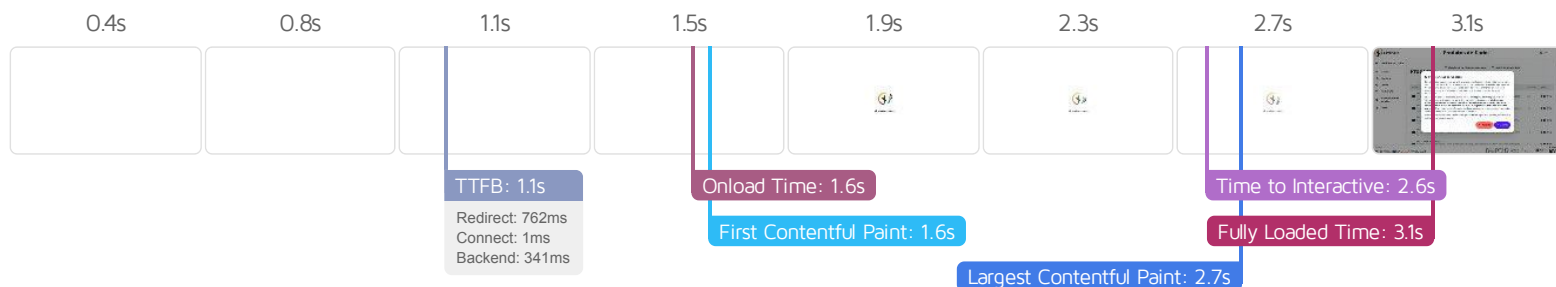
About GTmetrix

GTmetrix was developed as a tool for customers to easily test the performance of their webpages.

[Learn more about us.](#)

The waterfall chart displays the loading behaviour of your site in your selected browser. It can be used to discover simple issues such as 404's or more complex issues such as external resources blocking page rendering.





Performance Metrics

First Contentful Paint How quickly content like text or images are painted onto your page. A good user experience is 0.9s or less.	Much longer than recommended 1.6s	Time to Interactive How long it takes for your page to become fully interactive. A good user experience is 2.5s or less.	OK, but consider improvement 2.6s
Speed Index How quickly the contents of your page are visibly populated. A good user experience is 1.3s or less.	Much longer than recommended 2.9s	Total Blocking Time How much time is blocked by scripts during your page loading process. A good user experience is 150ms or less.	Good - Nothing to do here 45ms
Largest Contentful Paint How long it takes for the largest element of content (i.e., a hero image) to be painted on your page. A good user experience is 1.2s or less.	Much longer than recommended 2.7s	Cumulative Layout Shift How much your page's layout shifts as it loads. A good user experience is a score of 0.1 or less.	Good - Nothing to do here 0.02

Browser Timings

Redirect	762ms	Connect	1ms	Backend	341ms
TTFB	1.1s	DOM Int.	1.6s	DOM Loaded	1.6s
Onload	1.6s	First Paint	1.6s	Fully Loaded	3.1s

IMPACT	AUDIT	
Med-Low	Use a Content Delivery Network (CDN)	36 resources found
Med-Low	Avoid multiple page redirects FCP LCP	Potential savings of 761ms
Med-Low	Use HTTP/2 for all resources	Potential savings of 2.0s
Med-Low	Use explicit width and height on image elements CLS	5 images found
Med-Low	Avoid CSS @import FCP LCP	1 resource found
Low	Reduce unused JavaScript LCP	Potential savings of 137KB
Low	Avoid chaining critical requests FCP LCP	1 chain found
Low	Avoid long main-thread tasks TBT	1 long task found
Low	Enable text compression FCP LCP	Potential savings of 27.0KB
Low	Avoid an excessive DOM size TBT	425 elements
Low	Serve images in next-gen formats	Potential savings of 152KB
Low	Reduce unused CSS FCP LCP	Potential savings of 27.0KB
Low	Reduce initial server response time FCP LCP	Root document took 340ms
Low	Properly size images	Potential savings of 142KB
Low	Avoid enormous network payloads LCP	Total size was 0.96MB
N/A	Eliminate render-blocking resources FCP LCP	Potential savings of 0 ms
N/A	Minimize main-thread work TBT	Main-thread busy for 388ms
N/A	Reduce JavaScript execution time TBT	65ms spent executing JavaScript
N/A	Reduce the impact of third-party code TBT	Total size was 1.10KB
N/A	Avoid serving legacy JavaScript to modern browsers TBT	Potential savings of 45B
N/A	Avoid large layout shifts CLS	2 layout shifts found
N/A	Largest Contentful Paint element LCP	2,670 ms
N/A	User Timing marks and measures	