



BRUNO MIGUEL SANTOS DO CARMO

Licenciado em Engenharia Informática

VISUALIZAÇÃO DO ESTADO DE FAIXAS DE GESTÃO DE COMBUSTÍVEL PARA INCÊNDIOS

MESTRADO EM ENGENHARIA INFORMÁTICA
ESPECIALIDADE EM DESIGNAÇÃO DA ESPECIALIDADE

Universidade NOVA de Lisboa
Setembro, 2025



VISUALIZAÇÃO DO ESTADO DE FAIXAS DE GESTÃO DE COMBUSTÍVEL PARA INCÊNDIOS

BRUNO MIGUEL SANTOS DO CARMO

Licenciado em Engenharia Informática

Orientador: João Carlos Gomes Moura Pires
Professor Associado, Universidade NOVA de Lisboa

Coorientador: Carlos Augusto Isaac Piló Viegas Damásio
Professor Associado, Universidade NOVA de Lisboa

Júri

Presidente: Nuno Manuel Robalo Correia
Professor Auxiliar, Universidade NOVA de Lisboa

Arguente: Ana Paula Pereira Afonso
Professor Auxiliar, Faculdade de Ciências

Orientador: João Carlos Gomes Moura Pires
Professor Associado, Universidade NOVA de Lisboa

Visualização do Estado de Faixas de Gestão de Combustível para Incêndios

Copyright © Bruno Miguel Santos do Carmo, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade NOVA de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Este documento foi gerado com o processador (pdf/Xe/Lua) \LaTeX e o modelo [NOVAthesis](#) (v7.5.0) .

J. M. Lourenço. *The NOVAthesis \LaTeX Template User's Manual*. NOVA University Lisbon. 2021. URL: <https://github.com/joaomlourenco/novathesis/raw/main/template.pdf>.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostava de agradecer ao meu orientador o professor João Moura Pires e ao meu co-orientador o professor Carlos Viegas Damásio pela orientação, disponibilidade e apoio ao longo de todo o desenvolvimento deste trabalho. Sem o vosso apoio e esclarecimentos, a realização deste trabalho não teria sido possível.

De seguida, queria agradecer a todos os envolvidos no projeto Floresta Limpa, em particular aos colegas que me acompanharam neste percurso, nomeadamente o Francisco Barros e o Francisco Barreiras que facilitaram o meu trabalho e me ajudaram a ultrapassar as dificuldades que fui encontrando.

Gostaria também de agradecer a todos os participantes da avaliação experimental que aceitaram tirar um pouco do seu tempo para ajudar-me a avaliar o meu trabalho.

Agradeço ainda à minha família pelo apoio incondicional ao longo destes anos, em especial à minha irmã, que esteve sempre ao meu lado quando mais precisei.

Por último queria agradecer a todos os meus amigos que me apoiaram e incentivaram ao longo deste percurso, mesmo nos momentos mais difíceis.

RESUMO

Em setembro de 2024, uma série de incêndios rurais devastadores varreram as regiões de Norte a Centro de Portugal, contando com aproximadamente 124 mil hectares de área ardida. Estes incêndios levaram à evacuação de cerca de 182 vítimas e causaram danos significativos às propriedades e infraestruturas locais. Esta tragédia é apenas um exemplo dos milhares de incêndios florestais que ocorrem todos os anos em Portugal e destaca a necessidade urgente de estratégias efetivas para a administração dos territórios com o objetivo de atenuar o efeito dos incêndios.

Uma das medidas implementadas é a criação de Faixas de Gestão de Combustível (FGC), áreas estratégicas cuja vegetação é monitorizada e mantida com o objetivo de impedir a propagação dos incêndios florestais e minimizar o seu impacto ao proteger as habitações ou aglomerados habitacionais, as redes viárias e outras infraestruturas.

Esta dissertação insere-se no âmbito do projeto Floresta Limpa e explora o desenvolvimento e a implementação de visualizações interativas disponibilizadas na *Web* que permitam auxiliar não só a gestão das faixas de combustível, mas também as intervenções de transformação do território que possam ocorrer nestas áreas.

Este estudo utiliza não só dados geográficos das faixas de gestão de combustível, mas também tecnologias de deteção remota, incluindo imagens de satélite, para avaliar a evolução da vegetação ao longo do tempo. Com estes dados de séries temporais é possível verificar a alteração do estado da vegetação em momentos críticos, tais como incêndios florestais ou intervenções humanas aos terrenos.

As ferramentas interativas desenvolvidas neste estudo permitirão às autoridades tomar decisões informadas, otimizar a alocação de recursos e melhorar a eficiência geral dos esforços de limpeza ou fiscalização do estado do território.

Palavras-chave: Incêndios Florestais · Faixas de Gestão de Combustível · Deteção Remota · Visualização Interativa de Dados · Análise de Dados Espaciais e Temporais

ABSTRACT

In September 2024, a series of devastating wildfires ravaged across Portugal's northern and central rural regions, burning approximately 124,000 hectares of land. This led to the evacuation of around 182 people and caused grave damage to homes and local infrastructure. This tragedy serves as an example of the thousands of wildfires which occur yearly in Portugal, emphasizing the urgent need for an effective strategy regarding territorial administration focused on diminishing the wildfires' effect.

One of the implemented measures is the creation of Fuel Management Strips (FGC). In other words, strategically monitored areas where vegetation is overseen and maintained. This has the goal in mind of stopping the wildfires' spread and minimizing their impact by protecting homes, housing agglomerates, road networks and other infrastructures.

The present thesis is inserted in the project Floresta Limpa and explores the development and implementation of interactive visualizations, available online. They allow for easier management of the fuel strips and facilitate any potential future interventions in the realm of territorial transformation.

This study utilizes both geographical data of the Fuel Management Strips and remote sensing technology, including satellite imagery, to assess the vegetation's evolution over time. With time series data, it is possible to verify any change concerning the vegetation in critical moments, such as wildfires and human intervention in the terrain.

The interactive tools developed within this study shall allow authorities to make informed decisions, optimize resource allocation and improve the general efficiency of land cleaning and land use planning.

Keywords: Wildfires · Fuel Management Strips · Remote Sensing · Interactive Data Visualization · Spatial and Temporal Data Analysis

ÍNDICE

Siglas	xi
1 Introdução	1
1.1 Contexto e Motivação	1
1.1.1 Projeto Floresta Limpa	2
1.2 Descrição do Problema	2
1.2.1 Dados	3
1.3 Abordagem	4
1.4 Recursos <i>Online</i>	4
1.5 Organização do Documento	5
2 Estado da Arte e Trabalhos Relacionados	6
2.1 Visualização e Análise de Dados	6
2.1.1 Técnicas de Visualização Geoespaciais	7
2.1.2 Técnicas de Visualização Temporais	9
2.1.3 Técnicas de Visualização Espaço-Temporais	12
2.1.4 Interações	13
2.2 Trabalhos Relacionados	15
2.3 Floresta Limpa	18
3 Dados disponibilizados	21
3.1 Faixas de Gestão de Combustível	21
3.1.1 Rede Primária	22
3.1.2 Rede Secundária e Terciária	22
3.2 Rede Viária Florestal	23
3.3 Rede de Pontos de Água	23
3.4 Dados de Satélite	24
3.4.1 Índices Espectrais	25
3.4.2 <i>Normalized Difference Vegetation Index</i>	25

3.4.3	<i>Normalized Difference Index 45</i>	25
3.4.4	<i>Normalized Burn Ratio</i>	26
3.4.5	<i>Inverted Red-Edge Chlorophyll Index</i>	26
3.4.6	<i>Normalized Difference Water Index</i>	26
3.4.7	<i>Simple Ratio Index</i>	26
3.5	geoCATALOGO	26
3.6	Modelos Digitais do Terreno	27
3.7	CAOP	27
4	Abordagem	28
4.1	Questões Analíticas	28
4.1.1	Agregações e Métricas	30
4.2	Ferramentas utilizadas	31
5	Processamento e Produção de Dados	33
5.1	Dados das Faixas de Gestão de Combustível	33
5.2	Dados da Rede Viária Florestal	36
5.3	Dados da Rede Pontos de Água	37
5.4	Topografia	38
5.5	Pontos de Interesse	41
6	Dashboards Desenvolvidos	44
6.1	Layout e Navegação entre <i>Dashboards</i>	45
6.2	Análise das Faixas de Gestão de Combustível	48
6.2.1	Responsáveis pela Gestão das FGC E MPGC	49
6.2.2	Rede FGC e MPGC	51
6.3	Análise da Rede Viária Florestal	53
6.3.1	Rede Viária Florestal	53
6.4	Análise da Rede de Pontos de Água	56
6.4.1	Rede de Pontos de Água	56
6.5	Análise do Estado da Cobertura Vegetal nas Faixas de Gestão de Combustível	59
6.5.1	Índices de Vegetação das FGC	60
6.5.2	Evolução temporal dos Índices de Vegetação	61
6.5.3	Comparação Trimestral dos Índices de Vegetação	65
6.5.4	Padrões Sazonais dos Índices de Vegetação	66
6.5.5	Análise dos Índices nos Segmentos Individuais	68
6.5.6	Instruções dos Dashboards	70
6.6	Ensaio de Visualizações	71
6.7	Conclusões e Análises Feitas nos Dashboards Desenvolvidos	73
7	Avaliação dos Dashboards Desenvolvidos	76

7.1	Metodologia de Avaliação	76
7.2	Participantes	79
7.3	Resultados	80
7.4	Conclusões	84
8	Conclusão	86
8.1	Trabalho Futuro	87
	Bibliografia	89
	Apêndices	
A	Questões experimentais relativas à Rede Viária Florestal	93
	Anexos	
I	Tabelas de designações dos códigos das FGC, RVF e RPA	94

ÍNDICE DE FIGURAS

2.1	Técnicas de Visualização de Dados de Pontos.	8
2.2	Técnicas de Visualização de Dados de Linhas.	9
2.3	Técnicas de Visualizações Temporais.	10
2.4	Exemplo de um mapa de calor [35].	10
2.5	Exemplo de um diagrama de caixa [46].	11
2.6	Exemplo de vários níveis de agregação de séries temporais [8].	12
2.7	Exemplo de animação utilizada em mapas [16].	12
2.8	Exemplo de um cubo espaço-tempo [33].	13
2.9	<i>Dashboard</i> do perímetro de incêndios florestais [45].	16
2.10	<i>Dashboard</i> das áreas ardidadas por incêndios florestais [45].	16
2.11	Diagrama de <i>Sankey</i> para as transições de uso do solo [13].	17
2.12	<i>Dashboard</i> de análise de cobertura vegetal de Santarém [43].	17
2.13	<i>Buffer</i> exterior a uma FGC de uma linha elétrica.	18
3.1	Exemplo ilustrativo das distâncias das Faixas de Gestão de Combustível [37].	21
5.1	MDT de Mação 5x5m e de 30x30m [19].	39
5.2	Visualização do relevo de Mação.	40
5.3	Topografia com a cartografia de ocupação e utilização do solo [19].	41
5.4	Desenvolvimento dos pontos de interesse.	42
5.5	Pontos de interesse no <i>Tableau</i> com os segmentos de faixa.	43
6.1	<i>Layout</i> da estrutura dos <i>dashboards</i> de análise das redes.	45
6.2	Menu principal de navegação entre os <i>dashboards</i> de análise das redes.	46
6.3	Navegação entre os <i>dashboards</i> de análise das redes.	46
6.4	<i>Layout</i> da estrutura dos <i>dashboards</i> de análise dos Índices de Vegetação das Faixas de Gestão de Combustível (FGC).	47
6.5	Navegação entre os <i>dashboards</i> de análise dos Índices de Vegetação das FGC.	48
6.6	<i>Dashboard</i> para a análise dos responsáveis pela gestão das FGC do concelho de Mação.	49

6.7	Seleção da descrição "Edificações em Espaços Rurais"na análise dos responsáveis pela gestão das FGC no concelho de Mação.	50
6.8	<i>Dashboard</i> para a análise dos responsáveis pela gestão das FGC no concelho de Almada.	50
6.9	<i>Dashboard</i> para a análise da Rede FGC e MPGC do concelho de Mação.	51
6.10	<i>Tooltip</i> para a análise dos planos anuais de uma geometria de FGC.	52
6.11	<i>Dashboard</i> para a análise dos planos anuais da faixa 725 de Mação.	53
6.12	<i>Dashboard</i> para a análise da Rede Viária Florestal do concelho de Mação.	54
6.13	Comparação entre a Rede Viária Florestal e faixas cuja descrição é "Rede Viária Florestal"na freguesia de Cardigos.	55
6.14	<i>Tooltip</i> com os atributos e planos de intervenção de uma via.	55
6.15	<i>Dashboard</i> para a análise dos planos anuais da via AM.2.2035	56
6.16	<i>Dashboard</i> para a análise da Rede de Pontos de Água do concelho de Mação.	57
6.17	<i>Highlight</i> ao Ponto de Água "Braçal".	58
6.18	<i>Tooltip</i> para a análise dos atributos de um Ponto de Água.	58
6.19	Geometrias de FGC originais vs Segmentos de FGC e <i>Buffers</i> gerados.	59
6.20	Distribuição dos Índices de Vegetação e suas classes.	61
6.21	<i>Dashboard</i> para a análise da Evolução temporal dos Índices de Vegetação.	62
6.22	Análise da Evolução Temporal dos Índices de Vegetação na Freguesia de Amêndoa.	63
6.23	<i>Dashboard</i> para a Análise da Evolução Temporal do Índice de Vegetação NDWI.	64
6.24	<i>Dashboard</i> para Comparação Trimestral dos Índices de Vegetação na Freguesia de Amêndoa.	65
6.25	<i>Dashboard</i> para a análise dos Padrões Sazonais dos Índices de Vegetação.	67
6.26	Seleção de segmentos com um comportamento específico.	68
6.27	<i>Dashboard</i> para a análise dos Índices de Vegetação nos Segmentos.	68
6.28	<i>Overlay</i> de Instruções do <i>dashboard</i> para a análise da Evolução temporal dos Índices de Vegetação.	70
6.29	Gráfico de Dispersão de NDVI vs NBR.	71
6.30	Matriz de Gráficos de Dispersão da média de todos os índices.	72
6.31	Diagrama <i>Sankey</i> para a análise das transições entre classes de índice de vegetação.	73
7.1	Distribuição dos participantes por dados demográficos e experiência em visualizações de dados.	79
7.2	Taxa de sucesso de cada questão.	80
7.3	Tempo médio de resposta por questão, comparando participantes com e sem experiência em visualizações de dados.	82
7.4	Valor médio do número de interações a mais por questão.	83

ÍNDICE DE TABELAS

5.1	Colunas dos dados associados às FGC	34
5.2	Colunas dos dados da RVF	36
5.3	Colunas dos dados da RPA	38
7.1	Questões da avaliação experimental dos <i>dashboards</i> de análise às Faixas de Gestão de Combustível (FGC)	77
7.2	Questões da avaliação experimental dos <i>dashboards</i> de análise à Rede de Pontos de Água (RPA)	78
7.3	Questões da avaliação experimental dos <i>dashboards</i> de análise da Evolução Temporal dos Índices de Vegetação nas Faixas de Mação	78
A.1	Questões da avaliação experimental dos <i>dashboards</i> de análise à Rede Viária Florestal.	93
I.1	Descrição das Faixas de Gestão de Combustível	94
I.2	Meios de financiamento	94
I.3	Meios de execução	95
I.4	Tipo de intervenção a realizar nas faixas	95
I.5	Fase do projeto	96
I.6	Operacionalidade da rede viária florestal	96
I.7	Ordem das vias da rede viária florestal	96
I.8	Tipo de piso nas vias	96
I.9	Tipo de intervenção a realizar nos pontos de água e vias	96
I.10	Tipo de proprietário do ponto de água	97
I.11	Tipo de formato do ponto de água	97
I.12	Tipo de captação de água do ponto de água	97
I.13	Operacionalidade/estado do ponto de água	97

SIGLAS

CAOP	Carta Administrativa Oficial de Portugal (<i>pp. 35, 38</i>)
DGT	Direção-Geral do Território (<i>pp. 3, 21, 27</i>)
FGC	Faixas de Gestão de Combustível (<i>pp. viii, 1–5, 18, 19, 22, 30, 36, 37, 44–48, 54, 59–61, 64, 74, 76, 77, 94</i>)
FIC	Faixas de Interrupção de Combustível (<i>pp. 22, 80</i>)
FRC	Faixas de Remoção de Combustível (<i>pp. 22, 80</i>)
ICNF	Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (<i>pp. 3, 4, 21, 22, 33, 35–37, 74, 87</i>)
IPMA	Instituto Português do Mar e da Atmosfera (<i>p. 2</i>)
IRECI	Inverted Red-Edge Chlorophyll Index (<i>pp. 26, 30, 60, 61, 64, 86</i>)
MDT	Modelo Digital do Terreno (<i>pp. 4, 39, 40, 87</i>)
NBR	Normalized Burn Ratio (<i>pp. 26, 61, 64, 86</i>)
NDI45	Normalized Difference Index 45 (<i>pp. 25, 60, 61, 64, 86</i>)
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index (<i>pp. 3, 10, 25, 26, 30, 31, 60, 61, 63, 64, 66, 67, 72–74, 83, 84, 86</i>)
NDWI	Normalized Difference Water Index (<i>pp. 26, 61, 64, 86</i>)
PCA	Principal Component Analysis (<i>p. 14</i>)
RPA	Rede de Pontos de Água (<i>pp. 3, 4, 37, 44, 56, 74, 76, 77, 94</i>)
RVF	Rede Viária Florestal (<i>pp. 3, 4, 23, 44, 54, 74, 76, 77, 94</i>)
SGIFR	Sistema de Gestão Integrada de Fogos Rurais (<i>pp. 1, 3, 22</i>)
SR	Soil Reflectance (<i>pp. 26, 61, 64, 86</i>)

INTRODUÇÃO

1.1 Contexto e Motivação

Os incêndios florestais são uma ameaça recorrente em Portugal, responsáveis por danos significativos a nível ambiental, económico e social. Em setembro de 2024, Portugal foi atingido por vários de incêndios devastadores, devido aos quais arderam cerca de 124 mil hectares, tornando-se no ano com maior área ardida dos últimos 5 anos. [26]. As consequências destes incêndios nas populações são imensas, contando com vidas perdidas, o desalojamento de pessoas e o sofrimento de imensas comunidades, que enfrentam danos irreparáveis. Além disso, estes incêndios contribuem para o aumento das emissões de carbono e comprometem a qualidade do ar, especialmente nas concentrações de PM10 e PM2.5, substâncias que têm efeitos negativos na saúde humana.

Portugal, assim como outros países da região mediterrânea, confronta-se com um grande risco de incêndios devido a condições climáticas, como secas prolongadas, e à acumulação de material vegetal em florestas mal administradas. Estas condições são intensificadas por anos de abandono das áreas rurais e a diminuição das atividades agrícolas [7], elevando assim a suscetibilidade ao fogo.

Para mitigar os impactos e reduzir a frequência destes eventos foi criado o Sistema de Gestão Integrada de Fogos Rurais (SGIFR) [9]. O SGIFR atesta a prevenção, a preparação, a resposta e a recuperação no que diz respeito aos incêndios rurais. Trabalha em colaboração com diversas entidades, como autarquias e organizações de produtores florestais de forma a promover a implementação de boas práticas no ordenamento e gestão da paisagem.

Uma das medidas implementadas pelo SGIFR é a criação das FGC, áreas estrategicamente localizadas e mantidas de forma a regular a quantidade de vegetação combustível, pois estas faixas criam defesas que dificultam a propagação dos incêndios. Têm um papel crucial tanto na prevenção quanto no combate ao fogo, limitam a intensidade das chamas e aumentam a segurança das operações de combate e, além disso, estas faixas contribuem para a proteção de infraestruturas críticas, como estradas, linhas de transmissão e áreas urbanas [9].

Apesar da sua importância, a implementação e a gestão eficaz das FGC continuam

a ser um desafio. A análise de grandes volumes de dados, a integração de informações espaciais e temporais e a comunicação eficaz com as diferentes entidades responsáveis exigem ferramentas avançadas para possibilitar a tomada de decisões informadas. É nesse contexto que esta dissertação se insere, explorará como ferramentas visuais interativas podem apoiar a gestão e avaliação do território, bem como possibilitar uma melhor análise e correlação entre os dados relevantes para as FGC.

1.1.1 Projeto Floresta Limpa

Esta dissertação encontra-se no contexto do projeto Floresta Limpa [14], uma iniciativa de pesquisa e desenvolvimento, liderada pela NOVA.ID [32] em copromoção com o INESC-ID [18] que visa melhorar a gestão de incêndios florestais em Portugal.

O projeto Floresta Limpa conta com a participação de várias entidades, incluindo o Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) e o grupo The Navigator Company [39], fulcrais para esta área de estudo, fornecem dados e informações cruciais, e têm experiência no desenvolvimento de soluções para a prevenção e combate a incêndios florestais. Inclui ainda a colaboração da Câmara Municipal de Mação, município localizado no centro de Portugal, sendo recorrentemente afetado por incêndios florestais. Mação é pioneira na implementação de várias medidas de prevenção e combate a incêndios, sendo um dos primeiros municípios a adotar a construção de Faixas de Gestão de Combustível como estratégia de proteção.

Ao integrar dados de deteção remota com informações de campo, o projeto tem como objetivos melhorar o planeamento das atividades de manutenção e limpeza dos terrenos e aumentar a consciência pública sobre os requisitos essenciais para a prevenção de incêndios. Tem também como objetivo aumentar a eficácia das ações de combate a incêndios ao disponibilizar dados e visualizações confiáveis.

O projeto Floresta Limpa é dividido em seis tarefas principais, cada uma com objetivos específicos e atividades associadas. A tarefa T5, **Plataforma Online**, é a tarefa onde esta dissertação se insere, que descreve a criação de uma plataforma *online* para integrar e disponibilizar os dados recolhidos e processados. Mais especificamente, o objetivo desta dissertação encontra-se em desenvolver visualizações interativas para a análise e monitorização das FGC.

1.2 Descrição do Problema

Um grande desafio na gestão das FGC é a análise e a monitorização das áreas de intervenção, sendo importante para garantir a eficácia das decisões tomadas pelas entidades responsáveis. Como mencionado na secção 1.1, a motivação desta dissertação consiste, com base nos dados fornecidos, em criar ferramentas interativas que possibilitem uma melhor análise do território português no que diz respeito à defesa contra incêndios florestais.

As informações relacionadas com as faixas — incluindo o estado de limpeza, intervenções realizadas, visualizações espaciais e temporais, e dados cartográficos - apresentam frequentemente erros, inconsistências e dificuldades de integração. Isto dificulta a capacidade das diferentes partes interessadas em tomar decisões eficazes e baseadas em dados relevantes.

As partes interessadas envolvidas neste processo incluem as Câmaras Municipais que necessitam de gerir o estado das faixas e intervenções no território, equipas de limpeza e manutenção, grupos de investigação, a Direção-Geral do Território (DGT), o Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF), equipas de transformação de paisagem e, até, os habitantes destas áreas de risco. Cada uma destas entidades tem necessidades específicas e diferentes níveis de conhecimento e experiência, o que torna essencial a criação de ferramentas de análise e visualização de dados que sejam acessíveis, fáceis de compreender e de utilizar.

Mesmo com o objetivo de ter uma ferramenta mais abrangente possível, para este desenvolvimento não é possível abranger todas as necessidades e requisitos de todas as entidades envolvidas. Por isso, foi necessário de focar num grupo específico, nomeadamente as entidades que já têm algum conhecimento na gestão dos territórios como as Câmaras Municipais e equipas de transformação de paisagem.

Esta dissertação propõe um conjunto de visualizações interativas disponibilizadas na *Web* que possibilite a integração e a apresentação de dados relacionados com as FGC e que permita facilitar o seu acesso e, por consequência, um melhor entendimento e comunicação da condição do território. Além disso, estas visualizações podem destacar a existência de correlações entre os dados, nomeadamente entre o estado da vegetação das FGC e as suas características ou localização.

1.2.1 Dados

Esta dissertação iniciou-se com um foco principal no concelho de Mação, mas ao longo do desenvolvimento verificou-se que muitas das ferramentas utilizadas eram facilmente adaptáveis a outros territórios. Isso possibilitou a inclusão de análises nos concelhos de Mação, Almada, Santarém, Setúbal e Torres Vedras. Os dados utilizados neste projeto, relevantes às Faixas de Gestão de Combustível, são fornecidos pelo ICNF e pelas respetivas Câmaras Municipais. Estes dados incluem informações sobre as localizações e geometrias das faixas, os seus planos de intervenção e as suas características, como a área, o tipo de faixa e as entidades responsáveis pela sua manutenção. Além disso, são disponibilizados dados semelhantes da Rede Viária Florestal (RVF) e da Rede de Pontos de Água (RPA), também pertencentes ao SGIFR e relevantes para a proteção e gestão do território.

Para uma análise temporal do estado das faixas, neste projeto são utilizados dados de satélite disponíveis ao público provenientes principalmente dos satélites Sentinel-1 e Sentinel-2, lançados no âmbito do programa *Copernicus*. Ao utilizar os dados espectrais e de radar destes satélites e ao recorrer a índices de vegetação, como o Normalized Difference

Vegetation Index (NDVI), é possível obter informações sobre o estado a cobertura vegetal do terreno ao longo do tempo [6]. Estes métodos permitem uma monitorização contínua e precisa das condições das Faixas de Gestão de Combustível e assim facilitam a identificação de áreas que necessitam de intervenção, além de permitirem identificar áreas que possam ter sofrido alterações significativas.

São utilizados dados provenientes do *geoCATALOGO* [17] do ICNF pertencentes ao **Tema 5 - Riscos e ameaças**, que incluem informações sobre as localizações e formatos das áreas de risco de incêndio, e dados pertinentes à prevenção e gestão de riscos naturais e artificiais. Por fim, são ainda utilizados dados de mapas do Modelo Digital do Terreno (MDT), que fornecem o valor da altitude do terreno em cada píxel do mapa. Estes dados são relevantes para usar como referência e como mapas de fundo para as visualizações, de forma a adicionar contexto adicional às geometrias apresentadas.

1.3 Abordagem

Para alcançar os objetivos propostos, esta dissertação seguiu as seguintes etapas:

- Identificação dos requisitos e necessidades das entidades envolvidas, inclui a leitura das legislações e normas relacionadas com a temática. Incorpora também a análise dos trabalhos desenvolvidos no âmbito do projeto Floresta Limpa, tendo em consideração os problemas e necessidades identificados.
- Recolha e processamento dos vários *datasets*, incluindo a correção de erros, de formatações e a integração dos dados de diversas fontes.
- Desenvolvimento de protótipos de visualizações, que permitam a análise e a monitorização das FGC, da RVF e da RPA. Incluindo a evolução temporal da vegetação nos territórios.
- Obter *feedback* das entidades envolvidas e dos utilizadores com o objetivo de corrigir os erros e aperfeiçoar as visualizações desenvolvidas.
- Disponibilizar as visualizações desenvolvidas numa plataforma *online* acessível a todos os interessados, incluindo autoridades, equipas de limpeza e manutenção.
- Avaliação experimental das ferramentas desenvolvidas para verificar a sua eficácia e utilidade para as entidades envolvidas.

1.4 Recursos *Online*

No âmbito desta dissertação, foi desenvolvido um conjunto de recursos que se encontram disponíveis *online* e que complementam o trabalho apresentado neste documento. Estes recursos incluem os *dashboards* desenvolvidos, publicados na plataforma [Tableau Public](#) e igualmente acessíveis através do *website* do projeto [Floresta Limpa](#).

Foram ainda produzidos vídeos explicativos específicos para cada *dashboard*, complementados por um vídeo introdutório que contextualiza o projeto e os dados utilizados, servindo de suporte à avaliação experimental realizada. Todos estes vídeos encontram-se disponíveis nesta [pasta](#).

Por fim os dados utilizados, os *scripts Python* e os *Workflows* do *Tableau Prep* encontram-se disponíveis nesta [pasta](#).

1.5 Organização do Documento

Este documento encontra-se dividido pelos seguintes capítulos:

- **Introdução:** Apresenta em detalhe o contexto da dissertação, proporcionando uma visão abrangente das circunstâncias que motivaram o estudo. Além disso, é apresentada uma breve explicação do problema e é também descrita a abordagem adotada.
- **Estado da Arte e Trabalhos Relacionados:** Menciona os trabalhos relacionados que abordam não só o tema das FGC mas também outros aspetos relacionados, como a visualização de dados geográficos para a gestão de terreno. Aborda também, brevemente, conceitos de visualização, de análise de dados e métodos relevantes para desenvolvimento de visualizações interativas de dados.
- **Dados disponibilizados:** Apresenta os conceitos dos dados disponibilizados para a realização deste trabalho, incluindo os dados das Faixas de Gestão de Combustível, da Rede Viária Florestal, da Rede de Pontos de Água e os dados de satélite, bem como a sua importância para a gestão do território.
- **Abordagem:** Descreve a metodologia adotada para o desenvolvimento das visualizações, bem como as ferramentas utilizadas.
- **Processamento e Produção de Dados:** Descreve a metodologia adotada para a obtenção dos dados utilizados. Prossegue com a explicação do processamento dos dados obtidos, incluindo a limpeza, a integração e a preparação dos dados para as visualizações. Descreve também os *datasets* adicionais que foram criados de forma a complementar os dados originais.
- **Dashboards Desenvolvidos:** Apresenta a implementação e explicação extensa dos *dashboards* desenvolvidos tal como as conclusões obtidas.
- **Avaliação dos Dashboards Desenvolvidos:** Apresenta a avaliação das visualizações desenvolvidas, incluindo testes experimentais e a análise da sua eficácia e utilidade para as entidades envolvidas.
- **Conclusão:** Descreve as conclusões obtidas com o trabalho realizado, as limitações encontradas, bem como as perspetivas para trabalhos futuros a serem desenvolvidos na área.

ESTADO DA ARTE E TRABALHOS RELACIONADOS

Este capítulo serve como revisão do estado da arte e dos trabalhos relacionados com a temática abordada nesta dissertação. Inicialmente são apresentados conceitos relacionados com visualizações e análise de dados, sejam estes geoespaciais ou temporais, e a importância que a presença de interações nas visualizações tem na análise de dados.

Em seguida, são apresentados alguns trabalhos relacionados com técnicas de visualização de dados relacionadas com o território e incêndios. Por fim, são discutidos os projetos realizados anteriormente no âmbito do projeto Floresta Limpa.

2.1 Visualização e Análise de Dados

Segundo Matthew O. Ward et al. [44], visualizações são definidas pela comunicação de informações por meio de representações gráficas. Estas fornecem interpretações muito mais amplas do que uma simples descrição dos dados, permitindo a identificação de padrões, tendências e irregularidades nos dados. O processamento de informações do cérebro humano usa a visão como um dos seus principais auxiliares, fazendo com que a visualização de dados seja uma ferramenta poderosa para a tomada de decisões informadas.

A forma como os dados são apresentados pode influenciar a interpretação dos mesmos, sendo que a escolha de uma visualização adequada é crucial para a sua compreensão e a escolha de uma visualização inadequada pode confundir em vez de esclarecer.

A complexidade dos dados também pode ser um obstáculo pois dados muito complexos ou de alta dimensionalidade são difíceis de visualizar de maneira clara e compreensível. Segundo Tamara Munzner [29], a interatividade é uma das formas de lidar com esta limitação, permitindo ao utilizador explorar os dados em vários níveis de detalhe, desde uma visão geral até aspetos mais específicos. A interatividade permite ao utilizador controlar o que é visualizado, possibilita a exploração de diferentes perspetivas dos dados e, conseqüentemente, viabiliza a resposta a questões específicas que possam surgir. *Dashboards* são uma progressão dessa noção de interatividade, são um tipo de ferramenta que demonstra várias visualizações relacionadas e interativas, em simultâneo. Estas permitem ao utilizador ter uma visão geral de um tema específico dos dados.

Em suma, a ideia base das visualizações interativas de dados é mapear os dados em variáveis visuais que permitam ao utilizador explorar e interagir com os mesmos. É através desta interação que o utilizador consegue responder a questões específicas que possa ter sobre os dados. Estas variáveis visuais podem ser a posição, a forma, o tamanho, o brilho, a cor, a orientação, a textura e o movimento [29], sendo que, a forma e a posição são fulcrais para definir uma visualização, enquanto as restantes apenas afetam a maneira como cada representação é disposta.

A validação do *design* das visualizações trata-se de um processo crucial, pois assegura que as visualizações atendam às necessidades dos utilizadores. Além disso, garante que sejam representados de forma precisa, eficaz e sejam eficientes em termos computacionais. Sem validações, os *designs* muitas vezes falham em comunicar o que é realmente importante nos dados. Tamara Munzner [29] explora um modelo composto por quatro níveis de *design* de visualização:

- **Situação do Domínio:** Envolve compreender o domínio do problema, dos seus utilizadores, das suas questões e dos dados. Neste nível é exigido um entendimento no contexto dos utilizadores, geralmente por meio de entrevistas, observações ou estudos de campo, para saber os seus requisitos e necessidades.
- **Abstração de Tarefas e Dados:** Abstrai os problemas específicos do domínio em tarefas genéricas, como explorar, filtrar ou comparar, e cria uma representação mais genérica dos dados, independentes do domínio.
- **Codificação Visual e Interação:** Guiados pelas representações abstratas criadas no nível anterior, é determinado como os dados serão representados visualmente e como os utilizadores poderão interagir com eles. Este nível deve ser capaz de criar codificações únicas dos dados e manipular essas representações dinamicamente.
- **Algoritmo:** Compete ao algoritmo assegurar que os métodos computacionais sejam capazes de implementar eficientemente os métodos de codificação visual e interação definidos no nível anterior. *Designs* que exigem mudanças dinâmicas, como interações em tempo real, podem ser inviáveis sem algoritmos eficientes.

A validação é um processo iterativo que deve ser aplicado em cada fase do *design*, além de que cada nível carece de diferentes soluções para os problemas de validação. Como cada uma destas fases está conectada e é dependente das anteriores, revelações num nível levam frequentemente a revisões em níveis anteriores.

2.1.1 Técnicas de Visualização Geoespaciais

Como a maioria dos dados utilizados nesta dissertação são de origem geoespacial, é importante perceber que tipo de técnicas são utilizadas para visualizar este tipo de dados. Dados geoespaciais referem-se a informações que possuem um componente geográfico ou espacial, ou seja, estão relacionados a localizações específicas na Terra, via coordenadas ou áreas

delimitadas. Esses dados podem ser apresentados em duas ou três dimensões, incluindo latitude, longitude e, possivelmente, altitude, com o tempo frequentemente considerado como uma dimensão adicional no caso de visualizações espaço-temporais [30]. Dados espaciais podem ser categorizados em pontos, linhas, áreas e superfícies dependendo da sua representação geométrica.

Dados de pontos são muitas vezes representados por coordenadas e podem corresponder a uma variedade de fenômenos, como localizações de infraestruturas, eventos ou medições. **Mapas de Pontos** são a abordagem mais direta para visualizar este tipo de dados, cada ponto no mapa é mostrado conforme as suas coordenadas geográficas, demonstra uma representação precisa da localização dos dados. Quando o número de pontos é muito grande, a sobreposição dos pontos pode tornar as visualizações confusas sendo necessário recorrer a técnicas de agregação de dados, onde cada ponto no mapa representa uma quantidade específica de pontos. Esta técnica de agregação é utilizada nos **mapas de densidade de pontos** ou até em **mapas 2.5D de pontos agregados**, onde os pontos são representados como barras verticais. A Figura 2.1 apresenta em (a) um exemplo de mapa de pontos em que cada ponto representa um aeroporto nos USA e em (b) um mapa de densidade de pontos em que cada ponto representa o número de acidentes de avião de 1970 a 2009.

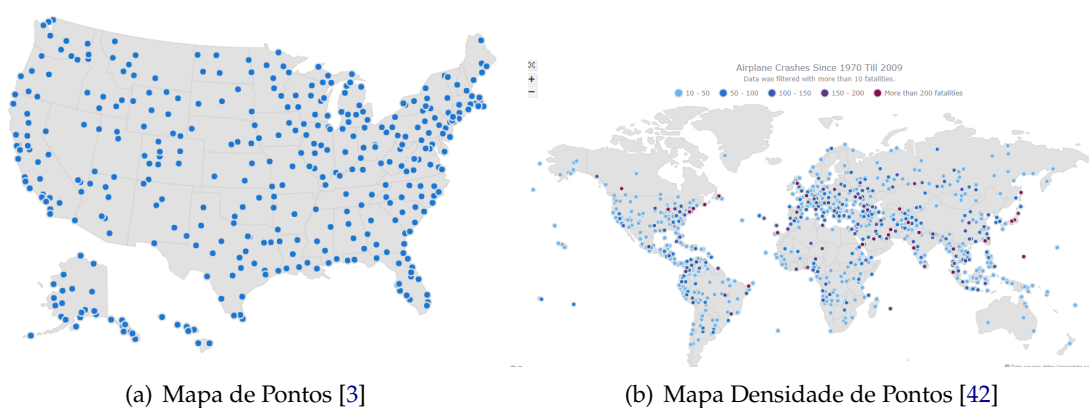


Figura 2.1: Técnicas de Visualização de Dados de Pontos.

Dados de linhas são utilizados frequentemente para representar fenômenos lineares, consistindo em segmentos conectados por pares de pontos, definidos pelas suas coordenadas de longitude e latitude. Os atributos dos dados podem ser representados visualmente por variações na largura, no padrão e na cor das linhas. Os **mapas de rede** (*Network Maps*) são representações visuais de redes, demonstram como diferentes elementos estão conectados entre si e são usados para ilustrar a estrutura e as relações numa rede. Nestes mapas os nós representam os elementos individuais por pontos e as arestas conexões ou relações entre esses elementos.

Uma variação dos mapas de rede são os **mapas de fluxo** (*Flow Maps*), úteis para representar dados que envolvem movimento entre locais, como transporte, migração,

comércio, entre outros. Nestes mapas a espessura ou a cor das linhas pode indicar a quantidade de fluxo entre os locais, ou pode utilizar *Edge Bundling*, agrupando as linhas que seguem caminhos semelhantes para reduzir a complexidade e facilitar a sua interpretação. A figura 2.2 mostra em (a) um exemplo de mapa de linhas em que cada nó representa um aeroporto nos USA e cada linha representa uma rota aeronáutica entre os aeroportos e em (b) um mapa de fluxo que representa a trajetória e densidade do tráfego de encomendas por via marítima.

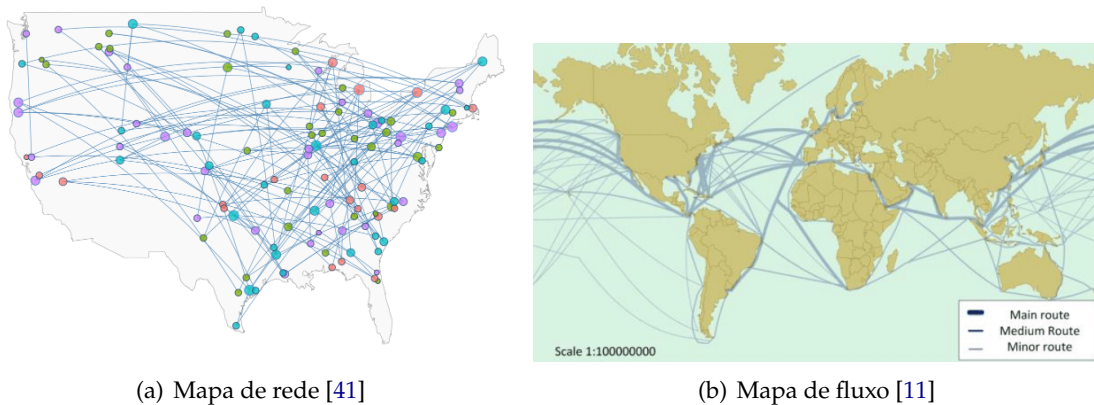


Figura 2.2: Técnicas de Visualização de Dados de Linhas.

Os mapas **coropléticos** são um tipo de mapa temático onde áreas geográficas são sombreadas ou coloridas de acordo com um atributo, ou uma variável estatística. Um grande problema com este tipo de mapas é que muitas vezes os valores mais importantes dos dados são concentrados em áreas muito pequenas e pouco visíveis, enquanto áreas maiores, com valores menos importantes, são mais visíveis.

2.1.2 Técnicas de Visualização Temporais

O **gráfico de linhas** é um dos tipos mais comuns de visualização de dados temporais, utiliza pontos conectados por linhas para mostrar como um valor muda ao longo do tempo. É ideal para identificar tendências e padrões em dados contínuos, como, por exemplo, a evolução da temperatura ao longo de um ano ou o crescimento de vendas mensais. O **gráfico de pontos** 2.3 (a) é uma variação muito parecida ao gráfico de linhas, onde cada ponto representa um valor numérico em relação a uma data. Outra variação é o **gráfico de área**, semelhante ao gráfico de linhas, mas com a área abaixo da linha preenchida com uma cor. O gráfico de área é normalmente utilizado numa forma empilhada, onde uma variável discreta é utilizada para dividir a área em várias partes, cada uma dessas partes com uma cor diferente como representado na figura 2.3 (b).

Os *heatmaps*, ou **mapas de calor**, são representações visuais que utilizam cores para mostrar a intensidade ou a densidade de um valor numérico. Mapas de calor são usados para identificar padrões em conjuntos de dados complexos, muitas vezes para visualizar

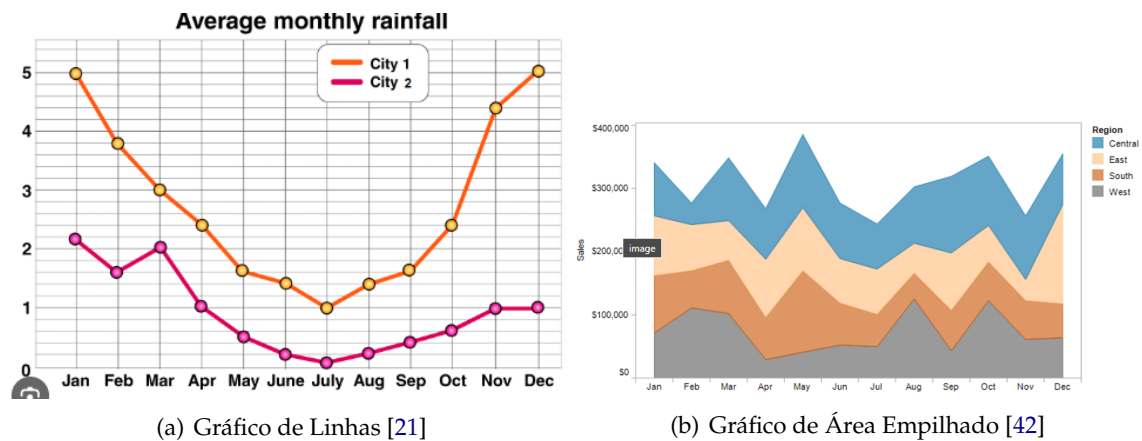


Figura 2.3: Técnicas de Visualizações Temporais.

tendências ao longo do tempo. As cores mais quentes ou intensas geralmente representam valores mais altos, enquanto as cores mais frias ou claras representam valores mais baixos. A figura 2.4 mostra um exemplo de um mapa de calor de níveis de NDVI, ou seja, o vigor vegetativo num determinado local, ao longo dos meses e anos. Podemos analisar que as cores mais escuras representam um maior vigor vegetativo naquela época.

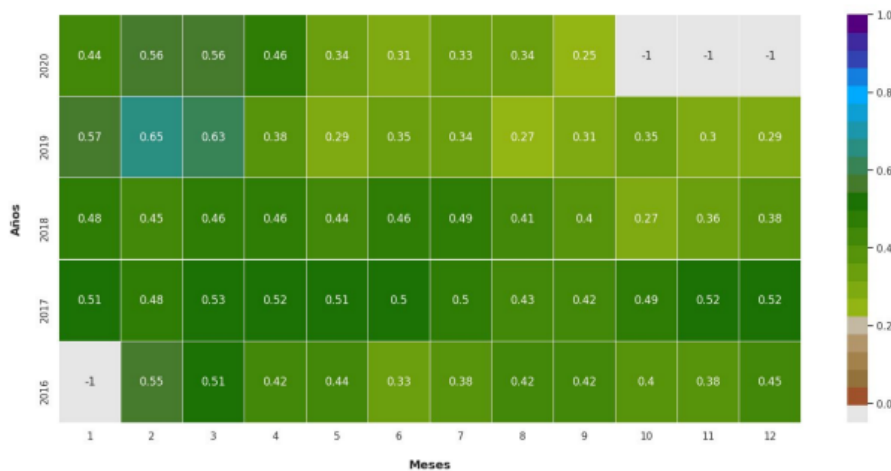


Figura 2.4: Exemplo de um mapa de calor [35].

Uma forma útil de visualizar distribuições de valores de dados numéricos, especialmente quando se quer comparar estes dados entre vários grupos ou categorias, são os **diagrama de caixa** (*boxplots*). Os diagramas de caixa utilizam uma caixa com linhas que representam os quartis do conjunto de dados, a mediana é representada por uma linha no meio da caixa e os valores extremos são representados por linhas que se estendem para fora da caixa. Adicionalmente, podem ser utilizados num contexto temporal para analisar como a distribuição de um conjunto de dados varia ao longo do tempo. Como mostrado na figura 2.5, esta técnica é utilizada para comparar a distribuição dos valores observados de NDVI com as previsões desses valores geradas por modelos de aprendizagem automática

ao longo de um período de 5 dias.

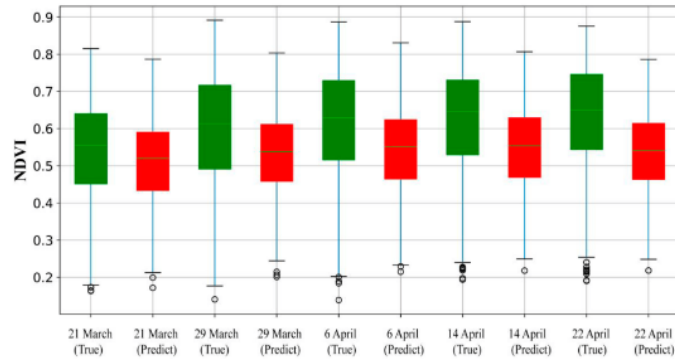


Figura 2.5: Exemplo de um diagrama de caixa [46].

Gráficos de Séries Temporais são usados para analisar dados que, em vez de serem obtidos de forma intermitente ou aleatoriamente, são recolhidos em intervalos regulares ao longo do tempo. Este tipos de dados são essenciais para analisar tendências, padrões sazonais e flutuações nas medições. Considerando a natureza consistente do intervalo entre as datas destes dados é igualmente viável utilizar técnicas de previsão de séries temporais, nas quais os valores futuros são gerados de forma sintética por meio de análises preditivas fundamentadas em dados históricos [40].

A granularidade de uma série temporal refere-se ao intervalo de tempo entre as observações que, dependendo do contexto ou da necessidade de análise, pode variar de segundos, a dias ou até a anos. Dados recolhidos a cada segundo ou minuto têm uma granularidade fina, enquanto dados obtidos mensalmente ou anualmente têm uma granularidade grossa. O âmbito temporal é o período total coberto pela série temporal, podendo ser de curto, médio ou longo prazo, dependendo do objetivo da análise.

Em certos casos, os dados têm uma granularidade muito fina e não é possível analisar diretamente os dados, sendo necessário recorrer a técnicas de agregação de dados ou janelas móveis. A agregação de dados em séries temporais envolve a combinação de múltiplas observações de um único valor representativo para um intervalo de tempo maior, por exemplo, em vez de ter os valores diários de uma medição, podemos ter a média desses valores por mês.

A agregação de dados permite reduzir a complexidade dos dados e identificar padrões ao longo do tempo. Estas agregações podem ser calculadas pela média, soma, mínimo, máximo, entre outros. A figura 2.6 mostra um exemplo onde inicialmente a granularidade é de 2 semanas e, deste modo, não seria possível identificar qualquer tendência nos dados. Assim, neste tipo de análise é muito mais fácil analisar os dados agregados mensalmente, ou por quartis.

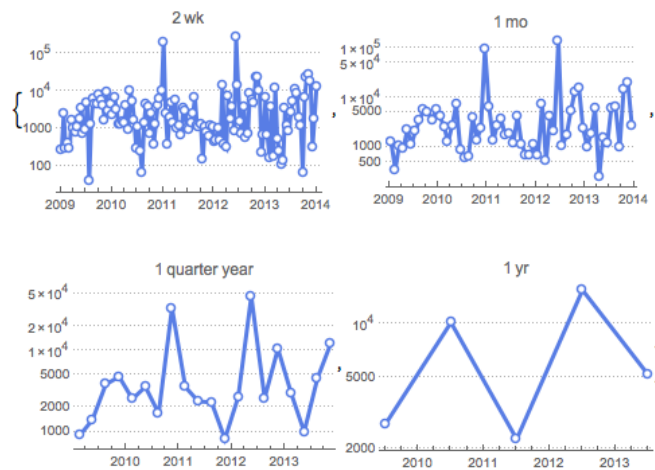


Figura 2.6: Exemplo de vários níveis de agregação de séries temporais [8].

2.1.3 Técnicas de Visualização Espaço-Temporais

Por vezes é necessário visualizações que mostrem, não só a evolução de um fenómeno ao longo do tempo, mas também a sua distribuição geográfica. Estas visualizações são conhecidas como visualizações espaço-temporais sendo utilizadas para analisar padrões e tendências em dados que variam tanto no espaço como no tempo. A **animação** (figura 2.7) é uma das técnicas que pode ser utilizada nestes casos, mas pode ser difícil de interpretar especialmente quando a animação é rápida, quando a mudança dos valores é muito subtil ou quando se quer comparar os dados em tempos diferentes. Para a comparação entre datas a animação requer uma memorização dos dados e não é prática para análises detalhadas.

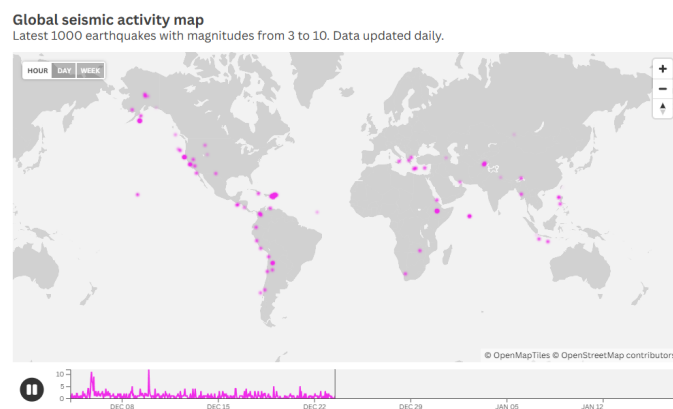


Figura 2.7: Exemplo de animação utilizada em mapas [16].

Uma alternativa à animação é a representação 3D dos dados na forma de um **cube espaço-tempo**, onde o tempo é representado na terceira dimensão enquanto duas dimensões representam o espaço geográfico [30]. Esta técnica é útil para visualizar a evolução de um fenómeno ao longo do tempo e a sua distribuição geográfica, mas pode ser difícil de interpretar dependendo da complexidade dos dados. A figura 2.8 apresenta um exemplo

de um cubo espaço-tempo onde é possível visualizar a marcha de Napoleão para Moscovo em 1912.

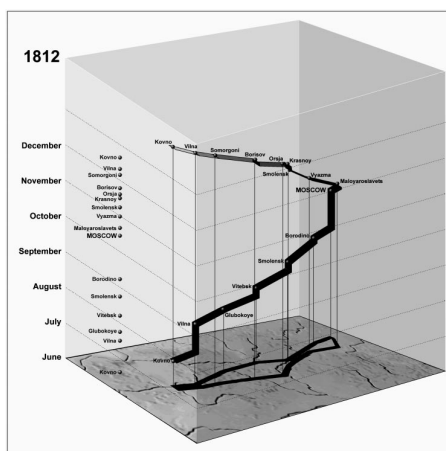


Figura 2.8: Exemplo de um cubo espaço-tempo [33].

2.1.4 Interações

Muitas vezes as visualizações de dados são estáticas, ou seja, não permitem ao utilizador interagir com os dados, limitando a quantidade de informação que pode ser mostrada. As interações nas visualizações são fundamentais, pois transformam essas representações em ferramentas dinâmicas, que promovem uma exploração mais envolvente dos dados por parte do utilizador. As visualizações muitas vezes podem ter vários tipos de utilizadores com diferentes necessidades e questões, sendo que as interações permitem que cada utilizador explore os dados de acordo com os seus objetivos.

Segundo Matthew O. Ward et al. [44], as interações nas visualizações podem ser divididas em oito classes: navegação, seleção, filtros, reconfiguração, codificação, conexões, abstração ou elaboração e híbrido.

A **navegação**, muitas vezes designada por exploração, permite aos utilizadores explorarem diferentes partes dos dados. Os utilizadores devem conseguir consultar apenas subconjuntos de dados, a orientação da visualização deve ser ajustável e devem conseguir ajustar o nível de detalhe. A navegação no ecrã muitas vezes envolve ações como arrastar, *zoom* e rotação, pode ter também a forma de uma câmara virtual em visualizações 3D.

A **Seleção** permite que utilizadores isolem elementos das visualizações que depois são sujeitos a outro tipos de operações, como destaque, eliminar ou modificar. Existem vários aspetos relevantes na seleção, tais como: os elementos reagem à seleção, se uma seleção é removida ao clicar fora do elemento e se é possível selecionar múltiplos elementos para complementar a visualização. A granularidade da seleção é também importante, pois muda o nível de detalhe que o utilizador pode explorar, por exemplo, num mapa geográfico deve ser possível selecionar um país, uma região ou uma cidade. A seleção pode ainda ser feita de forma indireta, onde o sistema decide o que selecionar baseado em critérios escolhidos pelo utilizador.

Operadores de **filtragem** reduzem o volume de dados a ser apresentados através da aplicação de restrições para eliminar dados irrelevantes, assegura que apenas é apresentada informação pertinente. Existe uma distinção importante entre a filtragem de dados e a seleção de dados seguida pela remoção, a filtragem é feita de uma maneira mais indireta, não é feita nos dados, mas sim em *interfaces* separadas. Muitas vezes a filtragem é feita antes da visualização dos dados, ao contrário da seleção, de forma a não sobrecarregar as visualizações e reduzir a informação. Podemos utilizar a filtragem em séries temporais para visualizar apenas um intervalo de tempo específico ou em dados geoespaciais para mostrar apenas uma região específica.

A **reconfiguração** ou a reorganização de dados, consiste na reconfiguração das dimensões ou a alteração de *layouts*, fornecendo visualizações alternativas que podem revelar relações que antes não eram tão facilmente perceptíveis. Técnicas como a ordenação de tabelas pelas suas colunas ou linhas permitem identificar padrões e correlações entre os dados. Principal Component Analysis (PCA) é um exemplo de reconfiguração da dimensão dos dados, onde os dados são transformados de forma a reduzir a dimensionalidade, criando um novo conjunto de variáveis não correlacionadas.

Operadores de **codificação** permitem que utilizadores alterem o tipo de visualização ou como os dados são codificados. Nenhuma visualização isolada é ideal para responder a todas as questões e a mudança de visualização pode evidenciar dados que não eram possíveis de observar anteriormente. Os *designs* são criados de forma a melhor representar as características do *dataset*, mas, no entanto, tratam-se apenas de sugestões, exigindo que os utilizadores ajustem o mapeamento dos dados e experimentem diferentes visualizações, de modo a atender melhor às suas necessidades.

Estes ajustes podem incluir a alteração do tamanho e forma dos pontos num gráfico de dispersão, a utilização de transparência para mostrar a sobreposição de pontos ou, até mesmo, a modificação das cores para representar diferentes variáveis.

Muitas vezes os operadores de seleção permitem conectar várias visualizações diferentes, por exemplo, ao selecionar um ponto numa visualização mudaria a disposição de outras visualizações para mostrar os dados relacionados com esse ponto. Operadores de **ligação** consistem em associar os dados selecionados numa visualização aos dados correspondentes noutra.

Ao destacar uma característica ou ponto numa visualização é possível construir um modelo mental mais completo, observando como essa seleção afeta outras visualizações. Em algumas situações, o utilizador pode querer desconectar algumas visualizações para manter uma determinada visualização ativa enquanto explora uma área diferente dos dados ou um conjunto de dados diferente.

Assim, por exemplo, pode ser aplicada uma restrição temporal a um conjunto de visualizações ao selecionar um intervalo de tempo numa visualização de séries temporais, uma restrição geográfica ao selecionar uma região num mapa, ou até uma restrição por campo de nome numa visualização de lista ordenada.

Os operadores de **abstração e elaboração** possibilitam que o utilizador se foque num

subconjunto de dados para obter detalhes mais específicos e, ao mesmo tempo, reduz o nível de detalhe noutras partes do conjunto de dados. Uma das técnicas mais populares deste tipo é a utilização da distorção.

As distorções diferem de outros operadores como a filtragem ou a seleção, pois as características dos dados são preservadas e o seu contexto é mantido. Por exemplo, as técnicas de distorção de texto visam a legibilidade numa pequena região de interesse, com o resto do texto posicionado para reforçar a estrutura do documento, mas ilegível.

Operadores **híbridos** combinam vários tipos de interações numa única operação. Um exemplo é aumentar o espaço de ecrã atribuído a uma ou mais áreas de foco, permitindo que os utilizadores vejam detalhes enquanto mostram as outras áreas de dados num espaço mais pequeno. Deste modo, é possível observar detalhes em áreas específicas enquanto mantém a visão geral do conjunto de dados, preservando assim o contexto dos mesmos.

2.2 Trabalhos Relacionados

Diversos estudos abordam a visualização de dados relacionados com incêndios florestais e as estratégias de prevenção associadas. Muitos desses trabalhos recorrem predominantemente a mapas coropléticos para mostrar as várias características das áreas florestais, tais como a precipitação, a temperatura média, a população residente, entre outras variáveis [28] [4]. Muitos focam-se também na visualização de resultados de modelos de previsão de incêndios florestais, como é o caso do trabalho desenvolvido por Yang Li et al. [20] onde desenvolveram um mapa interativo de previsão de incêndios florestais em tempo real, ou o trabalho de Rodrigo Marques et al. [36] em que desenvolveram ferramentas de previsão de áreas de gestão de incêndios e apresentam estes dados em mapas coropléticos de zonas de risco.

Desenvolvida pelo *U.S. Geological Survey (USGS)*, a *Wildland Fire Trends Tool* [45] é uma ferramenta que tem como objetivo principal analisar padrões históricos e contemporâneos de incêndios em áreas naturais. A ferramenta é disponibilizada *online*¹ e oferece uma variedade de visualizações interativas utilizando dados de incêndios ao longo de vários anos, permitindo a identificação de tendências e padrões de incêndios florestais. Esta ferramenta apresenta dois formatos de visualização, o primeiro apresentado na figura 2.9 descreve os registos históricos de incêndios (1830 a 2020) e os seus perímetros. Esta faz uso de 3 tipos de visualizações: um mapa de perímetros de incêndios, gráficos de linhas que mostram a quantidade de fogos e de área queimada ao longo dos anos, e um *boxplot* de forma a comparar a área ardida por incêndios a cada 10 anos. Além disso, a ferramenta incorpora diversos filtros, permitindo ao utilizador seleccionar os dados que deseja visualizar.

¹<https://geonarrative.usgs.gov/wfft>

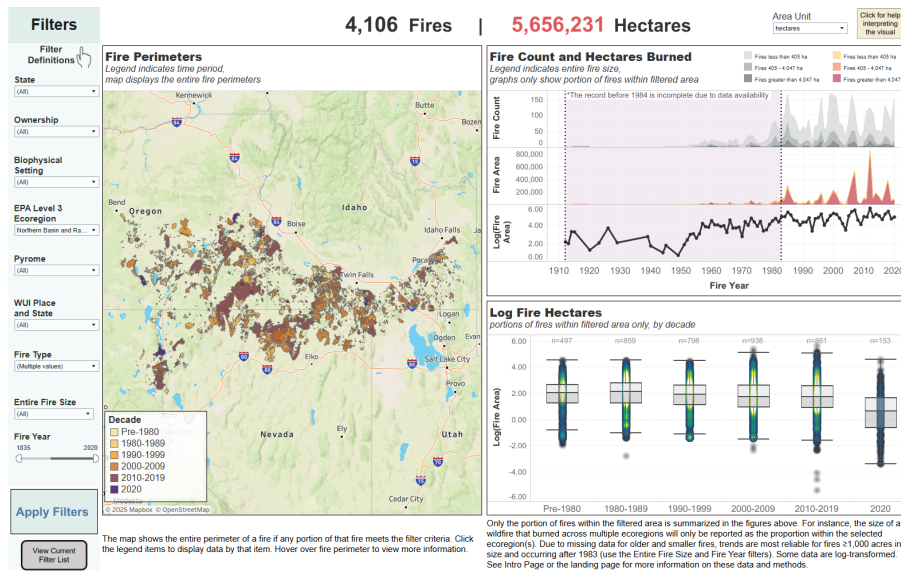


Figura 2.9: *Dashboard* do perímetro de incêndios florestais [45].

O segundo formato, apresentado na figura 2.10, representa as tendências anuais da área ardida por incêndios florestais, para o período de 1984 a 2019, classificada com recurso a imagens de satélite. Neste *dashboard* é possível visualizar como as várias áreas (escolhidas pelo utilizador) foram afetadas por incêndios florestais ao longo dos anos. Mostra a tendência da área ardida, assim como diversas estatísticas relevantes dos incêndios, essenciais para a análise desses eventos.

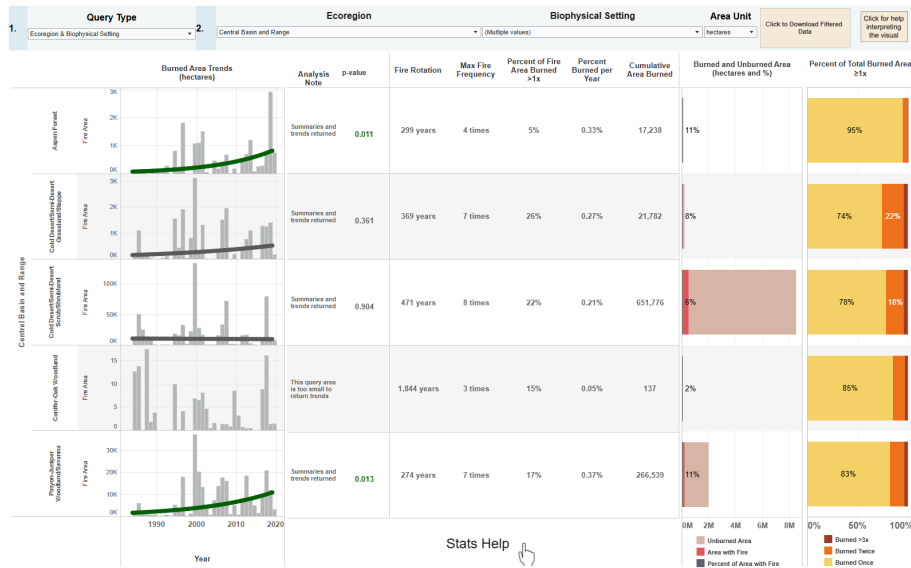


Figura 2.10: *Dashboard* das áreas ardidas por incêndios florestais [45].

Em Niterói, um município brasileiro do estado do Rio de Janeiro, foi desenvolvida uma ferramenta de visualização de dados de incêndios florestais [27]. Esta ferramenta permite uma monitorização em tempo real dos incêndios florestais, dos focos de calor, da qualidade do ar, entre outros.

A utilização e a cobertura do solo é um fator importante na análise de incêndios florestais, fazendo com que muitos estudos se foquem nesta temática. *OpenLand* [13] é uma ferramenta para a análise automatizada de séries temporais de dados espaciais do uso e da cobertura do solo, e oferece visualizações para interpretar padrões de mudanças destes dados. Permite a criação de Mapas de Frequência de mudanças, que identificam regiões com maior número de alterações ao longo do tempo, e diagramas de *Sankey* para ilustrar transições entre categorias de uso do solo, como apresentado na figura 2.11.

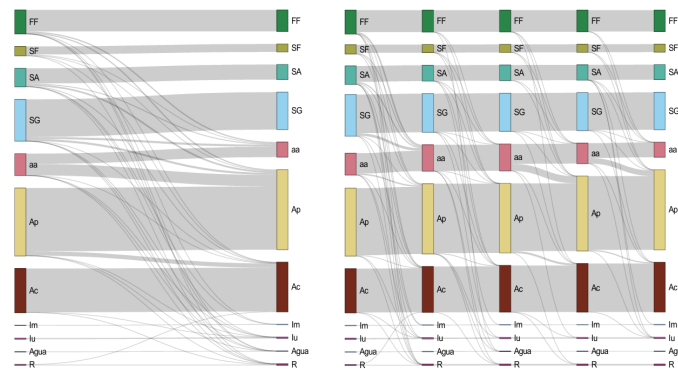


Figura 2.11: Diagrama de *Sankey* para as transições de uso do solo [13].

O Global Forest Watch (GFW) [43] é uma plataforma que disponibiliza mapas interativos para monitorizar florestas. Os utilizadores podem explorar o mapa mundial e seleccionar áreas de interesse para visualizar análises detalhadas sobre a cobertura florestal, a mudança e perda de vegetação, a utilização do solo, fogos e clima. A plataforma disponibiliza ainda *dashboards* que permitem analisar estas características em maior detalhe, incluindo a evolução das florestas ao longo do tempo ou a comparação entre as suas diferentes sub-regiões.

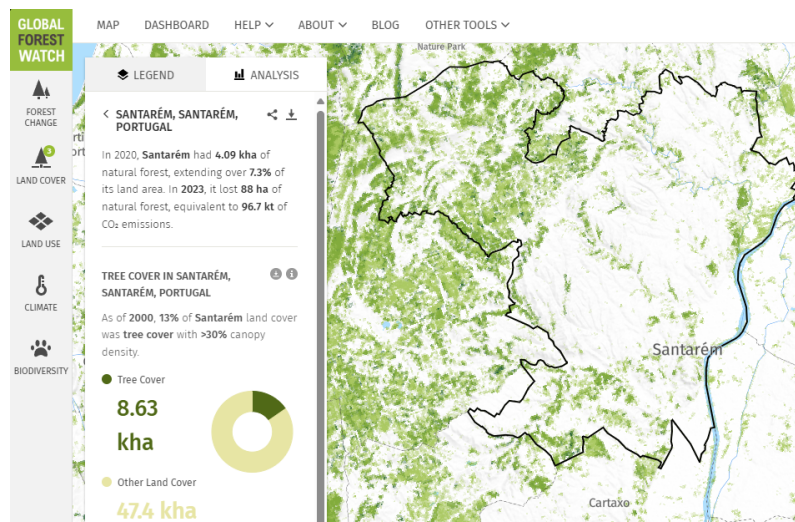


Figura 2.12: *Dashboard* de análise de cobertura vegetal de Santarém [43].

2.3 Floresta Limpa

Como mencionado na secção 1.1, esta dissertação é elaborada no âmbito do projeto Floresta Limpa e, considerando que a temática principal dos trabalhos desenvolvidos no projeto é relevante para este estudo, é importante compreender o que foi realizado anteriormente.

A dissertação de Ricardo Afonso [2] demonstra uma abordagem para monitorar e avaliar a eficácia das operações de limpeza das FGC. Este trabalho utiliza imagens obtidas através dos satélites Sentinel-1 e Sentinel-2 das faixas e tem como objectivo treinar modelos de aprendizagem automática que sejam capazes de identificar se as faixas foram ou não intervencionadas.

A abordagem utilizada por Afonso consiste na comparação do estado da vegetação das faixas com as áreas adjacentes a estas, já que o estado da vegetação das faixas são intervencionadas deve ser diferente da vegetação das áreas adjacentes. Esta abordagem levou à criação de *buffers* exteriores às faixas, consistindo em secções exteriores com 20 metros de largura, adjacentes às faixas. Adicionalmente estes *buffers* e as suas respetivas faixas são divididos por segmentos com o objetivo de facilitar a comparação.

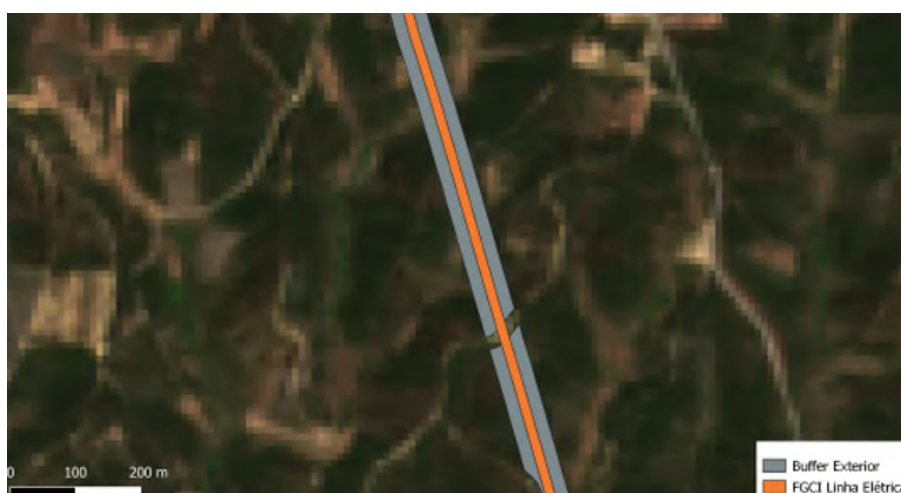


Figura 2.13: *Buffer* exterior a uma FGC de uma linha elétrica.

O trabalho de Ricardo Afonso serviu como ponto inicial para o projeto Floresta Limpa, uma vez que, os dados gerados por este trabalho foram, e são ainda utilizados pelos membros do projeto.

Para além disto, o conceito de comparar o estado da vegetação das faixas com as áreas adjacentes pela forma de *buffers* exteriores foi também utilizado nesta dissertação, conforme descrito na secção 6.5. Foi estudado como podemos analisar visualmente e comparar o estado da vegetação das faixas com as áreas adjacentes, de forma a auxiliar na identificação de faixas que possam necessitar de intervenção.

Francisco Silva [38] aborda a problemática de verificar automaticamente o estado das FGC em redor de habitações e localidades, ao utilizar dados de satélite da missão Sentinel-2 e modelos de aprendizagem automática. Este analisa duas metodologias principais: uma

não supervisionada que utiliza métodos de *clustering* para agrupar faixas intervencionadas e não intervencionadas, considerando os índices de vegetação e os seus atributos temporais; a metodologia supervisionada utiliza algoritmos de classificação como o SVM, RF e XGBoost. Por fim, nesta dissertação, foi ainda explorada a geração automática de FGC que demonstrou resultados promissores e até detetou exemplos de habitações com faixas em falta.

Mais recentemente, em 2023, Gonçalo Prates [34] averiguou a possibilidade de utilizar os dados de satélite para detetar o estado das parcelas florestais. O objetivo principal foi determinar momentos de manutenção e a frequência dessas intervenções. Embora o foco principal não tenha sido as FGC, estes dados foram utilizados para validar as várias hipóteses e apresentaram resultados positivos.

Foram exploradas duas estratégias principais para a deteção de operações de manutenção: deteção anual de intervenções, sejam estas de limpezas ou de plantações de árvores; deteção em observações específicas, se foi detetada alguma operação de remoção de vegetação, como, por exemplo, de limpezas ou cortes de árvores.

Prates concluiu que os índices de vegetação calculados a partir das imagens do satélite Sentinel-2 foram os mais eficazes para capturar a magnitude das mudanças nos terrenos, além de que a inclusão de médias e desvios padrão das bandas e dos índices espectrais ajudaram a melhorar o desempenho dos modelos.

Além dos modelos, foram elaborados diversos sistemas de suporte, incluindo algoritmos para a segmentação de áreas com o objetivo de dividir geometrias de polígonos em áreas menores, bem como *scripts* para a extração de séries temporais a partir do *Google Earth Engine*. Foram também criados procedimentos para o processamento, bem como para a remoção de ruído e de pontos indesejados presentes nestas séries temporais.

De modo a facilitar a recolha de dados de campo foi desenvolvida uma aplicação móvel que permite aos utilizadores registar informações sobre o estado das faixas [23]. Esta aplicação foi desenvolvida no âmbito da dissertação Vasco Lucena e permite aos utilizadores visualizarem um mapa com as FGC e preencherem um formulário com informações sobre o estado das faixas, como a presença árvores, a espécie de árvores presentes, entre outros tipos de vegetação. Adicionalmente, a aplicação permite a captura de fotografias das faixas e a sua georreferenciação, que depois podem ser verificadas por outros utilizadores no mapa da aplicação. Posteriormente ao seu desenvolvimento, a aplicação foi alvo de uma avaliação auxiliada por participantes que tinham algum conhecimento sobre a temática das Faixas de Gestão de Combustível, mas também por utilizadores sem qualquer conhecimento. A aplicação foi avaliada seguindo o questionário *System Usability Scale (SUS)*, que mede a usabilidade com base na satisfação dos utilizadores e na facilidade de uso, onde obteve resultados positivos.

Dado o elevado volume de dados existentes sobre as FGC, incluindo os dados gerados pelos trabalhos anteriores, foi necessário desenvolver um sistema de informação que permitisse o processamento e o armazenamento desses dados. Este sistema foi desenvolvido

por Diogo Lopes [22] e permite organizar e armazenar eficientemente os dados provenientes de satélite, dados de previsão meteorológica, mapas de risco de incêndio, entre outros.

Este sistema foi construído recorrendo aos serviços da *Google Cloud Platform*, como o *Google App Engine* e *Google Cloud Storage*. O sistema disponibiliza uma *API* de suporte para a aplicação móvel desenvolvida por Vasco Lucena [23], que permite guardar os registos preenchidos pelos utilizadores e as fotografias capturadas, considerando também situações em que estas operações possam falhar, como ocorre quando a aplicação móvel não tem acesso à internet.

O sistema não se limitou a ser um repositório de dados, mas também ofereceu funcionalidades adicionais. Este comunica com *APIs* externas, como a *NewsData.io*, para obter notícias relevantes aos temas principais do projeto Floresta Limpa. Envia também notificações como alertas de eventos, enviados aos utilizadores baseados na sua localização ou em zonas de interesse, garantindo que estes estejam sempre informados.

DADOS DISPONIBILIZADOS

Neste capítulo são apresentadas as descrições dos dados disponibilizados para a realização deste trabalho. É detalhado o tipo de dados, como foram obtidos e a sua organização.

Os dados apresentados nestes capítulo são isentos de qualquer processamento ou manipulação, sendo apresentados tal como foram obtidos. No capítulo 5 será explicado qualquer processamento efetuado a estes conjuntos de dados.

Os dados apresentados nas secções 3.1, 3.2 e 3.3 são referentes ao Concelho de Mação, são disponibilizados pelo ICNF e são fornecidos no formato de ficheiros *shapefile* que definem as suas geometrias, tal como todos os seus atributos. Os dados apresentados na secção 3.4 são obtidos como parte do projeto Floresta Limpa e são fornecidos no formato de CSV. Os dados apresentados na secção 3.5 são disponibilizados pelo ICNF e, no caso das geometrias espaciais, são fornecidos no formato de ficheiros *shapefile*. No caso de dados *raster*, estes são fornecidos no formato *GeoTIFF*. Quanto aos dados na secção 3.7, estes são disponibilizados pela DGT e são fornecidos no formato de ficheiros *shapefile*.

3.1 Faixas de Gestão de Combustível

Segundo o decreto-lei n.º 82/2021, de 13 de outubro [9], as Faixas de Gestão de Combustível são áreas estratégicas situadas em locais que potenciam a propagação de incêndios florestais, onde se deve proceder à modificação da sua vegetação, seja esta total ou parcial.

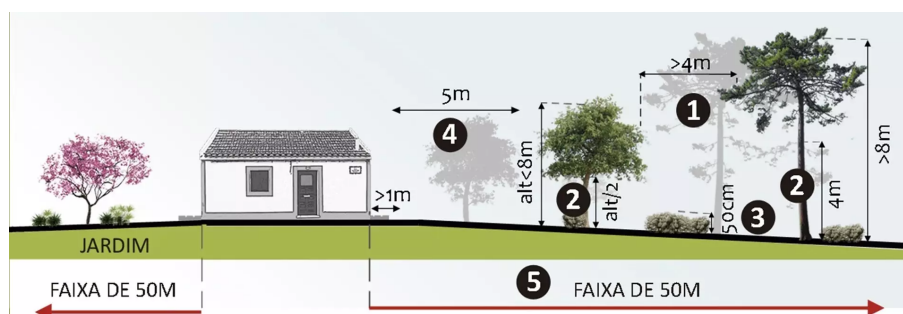


Figura 3.1: Exemplo ilustrativo das distâncias das Faixas de Gestão de Combustível [37].

Estas faixas são então classificadas em dois tipos: **Faixas de Interrupção de Combustível (FIC)** e **Faixas de Remoção de Combustível (FRC)**. As FIC são áreas onde ocorre a remoção (normalmente parcial) do combustível de superfície (herbáceo, sub-arbustivo e arbustivo), à supressão da parte inferior das copas e à abertura dos povoamentos. As FRC são áreas onde se procede à remoção total da vegetação.

As FGC são divididas em três níveis diferentes, Rede Primária, Rede Secundária e Rede Terciária, sendo estas classificadas considerando as funções de proteção que devem desempenhar:

1. Diminuição da superfície percorrida por grandes incêndios, facilitando o combate ao fogo.
2. Redução dos estragos feitos pelos fogos protegendo de forma passiva vias de comunicação, zonas edificadas, formações florestais e agrícolas e outras infraestruturas.
3. Isolamento de potenciais focos de ignição de incêndios.

3.1.1 Rede Primária

A Rede Primária tem como objetivo principal cumprir a função referida anteriormente na alínea 1. Para além disso, o seu planeamento deve ter em consideração alguns critérios adicionais, tais como a sua eficiência no combate aos fogos, o valor socioeconómico, paisagístico e ecológico dos espaços rurais, entre outros.

Estas faixas têm uma largura padrão de 125 m e devem ter uma área total entre 500 a 10 000 hectares. Para os casos mais comuns, o limite exterior da faixa deverá, preferencialmente, apresentar um espaçamento entre copas de cerca de 2 m seguida de uma menos densa, cujo espaçamento de copas deverá ser de 4 m e junto à via (FRC), numa faixa de 10 m para cada lado o coberto arbóreo e subcoberto deverá ser removido (FIC).

O ICNF é a entidade responsável pela execução e monitorização da rede primária.

3.1.2 Rede Secundária e Terciária

A Rede Secundária e Terciária visam cumprir as funções referidas nas alíneas 2 e 3. Segundo o SGIFR, é obrigatório que as entidades responsáveis regulem e monitorizem as seguintes infraestruturas pertencentes às seguintes redes:

- Rede rodoviária, ferroviária, linhas de transporte e distribuição de energia elétrica em muito alta tensão e em alta tensão, e edifícios utilizados para habitação que possuam territórios agrícolas a menos de 50 m (largura requerida para a faixa de 10 m).
- Linhas de distribuição de energia elétrica em média tensão, rede de transporte de gás (largura requerida de 7 m).

- Linhas de distribuição de energia elétrica em baixa tensão, com cabos condutores sem isolamento elétrico (largura não inferior a 3 m).
- Edifícios que estejam a ser utilizados para habitação e que possuam territórios florestais a menos de 50 m (largura de 50 m).
- Dos parques de campismo e caravanismo, estabelecimentos hoteleiros, áreas de localização empresarial, estabelecimentos industriais e na envolvente das áreas edificadas, quando confinante com territórios florestais (largura requerida de 100 m).

3.2 Rede Viária Florestal

A RVF é uma infraestrutura essencial no combate aos incêndios rurais, criada principalmente para facilitar a circulação de viaturas de emergência e apoiar as operações da proteção civil [12]. O seu objetivo principal é fornecer acesso rápido e seguro aos focos de incêndio, constituir uma linha de luta, sobre a qual de veículos de combate poderão ter uma melhor posição para combater incêndios de grandes dimensões e no acesso a pontos de água.

As vias devem estar conectadas a uma rede principal de circulação ou, quando não for possível, devem ter locais adequados para manobras e inversão de marcha em áreas com boa visibilidade. Os caminhos devem ter uma largura mínima de 6 metros e declives não superiores a 6%. Quando se tratam de caminhos de combate, estas larguras podem ser inferiores e não existir ligação com uma via principal.

A RVF tem duas categorias principais: a Rede Viária Florestal fundamental, que é composta por vias prioritárias com maior interesse para situações de emergência e rápido acesso a todos os pontos dos maciços florestais (classificadas por vias de 1.^a ordem, com largura igual ou superior a 6 metros, e vias de 2.^a ordem, com largura entre 4 e 6 metros); e a Rede Viária Florestal complementar, que abrange as restantes vias.

A manutenção regular da RVF, incide sobre o piso e o sistema de drenagem, e é imprescindível para garantir a sua funcionalidade, prevenir problemas de erosão e assegurar o bom estado da infraestrutura.

3.3 Rede de Pontos de Água

Os pontos de água são quaisquer massas de água estrategicamente localizadas e permanentemente disponíveis para utilização por meios terrestres e meios aéreos, através de bombas, queda gravítica ou submersão. Os pontos de água podem ser de três tipos principais:

- Estruturas de armazenamento de água, que são construções fixas ou móveis, projetadas especificamente para armazenar água, sem dependência da topografia ou da rede hidrográfica.
- Planos de água, que incluem massas hídricas naturais ou artificiais, integradas na rede hidrográfica e utilizáveis para fins de defesa florestal.
- Tomadas de água, que consistem em pontos de ligação a redes de abastecimento de água canalizada.

A localização dos pontos de água é planeada de forma a cobrir eficientemente os territórios florestais, considerando a perigosidade de incêndios rurais. Pontos de primeira ordem de abastecimento de meios aéreos devem estar distribuídos em áreas de influência com um raio de 2,5 km, enquanto os de primeira ordem para meios terrestres devem garantir o armazenamento mínimo de 120 m³ de água por 1 000 hectares de floresta. Esses pontos também devem ser integrados na Rede Viária Florestal, garantindo um melhor acesso.

3.4 Dados de Satélite

Um dos objetivos desta dissertação é a monitorização do estado das Faixas de Gestão de Combustível, para tal, foram utilizados dados de satélite que nos permitem obter informação sobre estas áreas de interesse ao longo do tempo. Os dados de satélite utilizados neste trabalho são produto do programa *Copernicus*, um programa de observação da Terra da União Europeia, criado com o objetivo de fornecer dados de observação da Terra e serviços de informação sobre o ambiente proteção civil e segurança.

Apesar dos dados de satélite serem uma fonte de informação valiosa, estes têm algumas limitações, tais como a resolução das imagens retiradas ou até a presença de erros nos dados. Estes erros podem ser causados por diversos fatores na atmosfera, como a presença de nuvens, de aerossóis ou até na presença de sombras. Como consequência, os dados produzidos são menos fiáveis e mostram discrepâncias tanto espaciais como temporais. Normalmente, é necessário fazer um pré-processamento dos dados para remover ou mitigar estes problemas, normalizando os dados e tornando-os mais credíveis.

O programa *Copernicus* engloba uma série de satélites, sendo os mais relevantes para este trabalho os satélites incluídos nas missões *Sentinel-1* e *Sentinel-2*. O *Sentinel-1* destaca-se por ser um satélite do tipo *Synthetic-Aperture Radar* (SAR), isto é, um radar que permite captar ondas eletromagnéticas capazes de penetrar a atmosfera e captar imagens mesmo nas piores condições atmosféricas. Ao contrário das câmaras óticas, que dependem da luz solar, o radar SAR emite a sua própria radiação eletromagnética, permitindo a captura de imagens de alta resolução em qualquer condição atmosférica.

A missão *Sentinel-2* consiste em dois satélites, *Sentinel-2A* e *Sentinel-2B*, equipados com sensores de leitura multi-espectral. A órbita destes satélites é completada em 10 dias

e mantém um ângulo constante em relação ao Sol, garantindo iluminação consistente nas imagens capturadas. Os dois satélites estão separados por 180° na mesma órbita assegurando que a cobertura de um mesmo ponto da Terra é feita a cada 5 dias. Estes satélites são capazes de capturar imagens **em 13 bandas espectrais**, variando de ondas visíveis ao infravermelho de ondas curtas (*SWIR*). Ao contrário do Sentinel-1, o Sentinel-2 é dependente das condições atmosféricas, sendo incapaz de capturar imagens em condições de nebulosidade. As bandas espectrais capturadas são essenciais para a análise do estado da vegetação das regiões, são utilizadas para calcular índices espectrais que permitem a detecção de propriedades físicas e químicas da superfície terrestre. Contando com o aspeto temporal da captura destes dados, é possível monitorizar a evolução das várias características do terreno ao longo do tempo, com uma granularidade de pelo menos 5 dias.

3.4.1 Índices Espectrais

Na análise de imagens de satélite, os índices espectrais são utilizados para quantificar algumas características da vegetação existente: o seu vigor, densidade, conteúdo de água, entre outros.

3.4.2 *Normalized Difference Vegetation Index*

O **NDVI** é muito utilizado para medir a densidade e a saúde da vegetação [46]. É calculado a partir da forte absorção de luz vermelha pela clorofila da vegetação e na alta refletância no infravermelho próximo (NIR) pela vegetação.

$$NDVI = \frac{NIR - Vermelho}{NIR + Vermelho}$$

Valores próximos a 1 indicam uma grande presença de vegetação, enquanto valores próximos de zero sugerem áreas sem vegetação ou com vegetação escassa. Valores negativos indicam normalmente a presença de água.

3.4.3 *Normalized Difference Index 45*

O *Normalized Difference Index 45 (NDI45)* é uma variante do NDVI, mas é mais linear e visa reduzir a saturação em alta vegetação. Esse índice substitui a banda de infravermelho próximo (783nm) usada no NDVI pela banda *red-edge* (705 nm), combinando-a com a banda do vermelho (665 nm) [15].

$$NDI45 = \frac{NIR - Vermelho}{NIR + Vermelho}$$

3.4.4 *Normalized Burn Ratio*

O *Normalized Burn Ratio (NBR)* é um índice espectral utilizado para destacar áreas queimadas. Este funciona de forma similar ao NDVI, porém utiliza o infravermelho próximo (NIR) e o infravermelho de onda curta (SWIR).

$$NBR = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$$

Valores altos de NBR indicam uma vegetação saudável, enquanto valores próximos de zero correspondem a áreas não queimadas, e valores baixos (próximos ou menores que 0) indicam solo exposto ou áreas recentemente queimadas.

3.4.5 *Inverted Red-Edge Chlorophyll Index*

O *Inverted Red-Edge Chlorophyll Index (IRECI)* é um índice que mede a concentração de clorofila nas folhas das plantas. Este índice é calculado a partir da reflectância da banda no vermelho e as bandas no *red edge*: RE1, RE2 e RE3 [15].

$$IRECI = \frac{RE3 - Vermelho}{RE1/RE2}$$

3.4.6 *Normalized Difference Water Index*

O *Normalized Difference Water Index (NDWI)* é usado para identificar corpos de água e estimar a quantidade de água presente na vegetação. A vegetação com baixa humidade está mais suscetível a queimar, sendo um indicador importante para prever riscos de incêndio. Este índice é calculado a partir das bandas verde e do infravermelho próximo (NIR) [24].

$$NDWI = \frac{Verde - NIR}{Verde + NIR}$$

3.4.7 *Simple Ratio Index*

O *Soil Reflectance (SR)* é um índice que mede a quantidade de vegetação presente numa área. Este índice é calculado a partir da reflectância da banda no infravermelho próximo (NIR) e a banda no vermelho.

$$SR = \frac{NIR}{Vermelho}$$

3.5 geoCATALOGO

O *geoCATALOGO* [17] é um catálogo de dados geográficos que permite a pesquisa e visualização de dados geográficos. O tema 5 do *geoCATALOGO* é dedicado a uma variedade de *datasets* relacionados com a prevenção e gestão de riscos naturais e artificiais. Entre

estes, destacam-se os dados sobre áreas ardidas entre 1975 e 2023, as cartas de perigosidade (seja a perigosidade conjuntural ou de incêndio rural), das freguesias prioritárias para a defesa da floresta contra incêndios e de locais críticos com risco de incêndio.

3.6 Modelos Digitais do Terreno

Mapas MDT (Modelo Digital do Terreno) são representações digitais do relevo terrestre, onde cada *pixel* contém informações sobre a altitude do terreno. O objetivo principal deste tipo de mapas é representar a análise do relevo do terreno, permitindo auxiliar na intervenção das Faixas de Gestão de Combustível e no combate a incêndios.

3.7 CAOP

Disponibilizada pela DGT a **Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP)** é uma cartografia digital que identifica as divisões administrativas do território nacional, ou seja, os limites oficiais de distritos, concelhos e freguesias de Portugal. Disponibiliza informação espacial de cada uma destas divisões administrativas, tal como a sua designação, código e a área que abrange.

ABORDAGEM

Neste capítulo será apresentada a abordagem utilizada para o desenvolvimento dos *dashboards* e visualizações. Inicialmente, na secção 4.1 serão apresentadas as questões analíticas às quais se pretende responder com a criação destas ferramentas. É a partir destas questões que se definem o foco e o âmbito das análises, bem como as métricas e agregações dos dados a utilizar.

A seguir, serão apresentadas as ferramentas utilizadas para a criação das visualizações e *dashboards*, bem como para o processamento dos dados obtidos na secção 4.2.

4.1 Questões Analíticas

Antes do desenvolvimento dos *dashboards*, é necessário que sejam definidos claramente os seguintes elementos: **âmbito das análises, temas das análises, perspetivas das análises e objetivos das análises** [25].

De forma a definir o âmbito das análises, é necessário primeiro compreender os dados existentes (elaborado no capítulo 3) e interagir com especialistas e *stakeholders*, para compreender os objetivos do projeto. Neste caso, foram realizadas reuniões com *stakeholders* interessados no planeamento e gestão do território de Mação. Nestas reuniões foi apresentado o trabalho desenvolvido até o momento, seguida pela recepção de sugestões e críticas construtivas.

Foram feitas três reuniões com *stakeholders* do concelho de Mação, a primeira no início do projeto, a segunda após a elaboração e a implementação de maior parte das características dos *dashboards*, e a terceira no final do projeto, para a respetiva avaliação experimental dos *dashboards* desenvolvidos, que será detalhada no capítulo 7.

A definição do tema, da perspetivas e objetivos normalmente são feitos num processo iterativo, no qual se vai refinando e ajustando à medida que se vai desenvolvendo o trabalho em colaboração com os *stakeholders*. Começa pela elaboração de um conjunto de questões analíticas, que funcionam como um guia para o desenvolvimento dos *dashboards*, obtidas a partir de um *brainstorming* inicial com os *stakeholders* e especialistas.

Dado que este processo é iterativo, as questões analíticas podem ser ajustadas ao longo

do desenvolvimento dos *dashboards* ou novos dados interesse podem ser identificados à medida que se compreendem melhor os dados e as necessidades dos *stakeholders*. Tendo em conta o âmbito desta dissertação e o trabalho que foi desenvolvido, irão ser apresentadas as questões analíticas que foram identificadas neste projeto, destacando o facto de que se trata de um ponto de partida que poderá ser desenvolvido em trabalhos futuros.

Apesar das questões analíticas referirem sistematicamente o concelho de Mação, importa destacar que estas podem ser aplicadas a qualquer concelho, e podem ser ajustadas consoante os dados disponíveis para cada concelho.

Para fins deste estudo, é necessário compreender primeiro como as Faixas de Gestão de Combustível estão geolocalizadas nos diferentes concelhos e conseguir identificar que tipo de faixas estão dispostas nas diferentes áreas. Para tal são consideradas as seguintes questões:

- Q1.** No concelho de Mação, quem é responsável pela gestão das Faixas de Gestão de Combustível, e onde estão localizadas as faixas de acordo com o seu tipo e descrição?
- Q2.** Que tipo de faixas são as mais prevalentes no concelho e como é que a área das faixas é distribuída pelos diferentes tipos de faixa no concelho de Mação e nas suas freguesias?
- Q3.** Quais são os planos de intervenção do concelho para cumprir a devida limpeza das Faixas de Gestão de Combustível?

Considerando a Rede Viária Florestal são consideradas as seguintes questões:

- Q4.** Onde são localizadas as vias da Rede Viária Florestal de Mação e quais são as suas características (o tipo de piso, acesso, se tem saída)?
- Q5.** Que tipo de vias são as mais prevalentes no concelho e como é que o comprimento destas vias é distribuído pelas suas classes?
- Q6.** Quais vias, pertencentes à Rede Viária Florestal, são relevantes para o plano das Faixas de Gestão de Combustível?
- Q7.** Quais são os planos de intervenção do concelho para cumprir a manutenção de cada via da Rede Viária?

Para a Rede de Pontos de Água são consideradas as seguintes questões:

- Q8.** No concelho de Mação, onde são localizados os pontos de água e quais são as suas características?
- Q9.** Qual é a proximidade dos pontos às Faixas de Gestão de Combustível?
- Q10.** Quais são os planos de intervenção do concelho para cumprir a manutenção dos pontos de água?

Além das questões anteriormente referidas, será dada uma atenção particular ao estado destes pontos e áreas de interesse ao longo do tempo. Para tal, será necessário proceder à análise da evolução temporal destes territórios, com base nos dados de satélite disponibilizados pelo projeto Floresta Limpa. Esta análise será realizada de forma a avaliar a presença de vegetação nas proximidades destes pontos, identificar intervenções realizadas nestas áreas, estudar o comportamento de cada tipo de faixa ao longo do tempo, e, ainda, proceder à identificação de faixas de risco que requeiram uma monitorização mais rigorosa.

Tendo em conta estes requisitos foram formuladas as seguintes questões para a análise da evolução temporal da cobertura vegetal nas Faixas de Gestão de Combustível:

- Q11. Como variam os índices de vegetação (NDVI, IRECI, etc.) nas FGC ao longo do tempo?
- Q12. Existem tendências sazonais na evolução da cobertura vegetal ao longo dos anos?
- Q13. Existe alguma tendência no comportamento da vegetação associada a determinadas descrições de faixas?
- Q14. Qual é a diferença da cobertura de vegetação entre os diferentes trimestres?
- Q15. Existe alguma diferença relevante entre os valores dos índices obtidos nas faixas e nos *buffers*?
- Q16. Em que períodos existe uma maior divergência entre a faixa e o *buffer*?

Para cada uma destas questões é importante também acrescentar que tanto a localização como o formato das faixas associadas a certos comportamentos da vegetação são aspetos bastante relevantes para a análise. Por exemplo, é importante poder explorar onde estão geograficamente localizadas todas as faixas intervencionadas ao longo dos anos, ou até identificar faixas de risco que requeiram uma monitorização mais rigorosa.

4.1.1 Agregações e Métricas

A partir das questões analíticas definidas, é necessário estabelecer as agregações e métricas que serão utilizadas para responder a estas questões. Estes elementos são fundamentais para a criação dos *dashboards* e para a análise dos dados.

As agregações incluem elementos temporais e espaciais que podem ser agrupados de modo a incluir perspetivas diferentes dos dados. No caso da análise da evolução dos índices de vegetação, a informação base corresponde ao valor médio mensal do índice calculado para cada segmento de faixa. Também é possível considerar a diferença entre o valor do índice na faixa e no *buffer* adjacente.

A análise dos índices inclui ainda uma vertente espacial, podendo ser analisada em vários níveis de agregação, como, por exemplo, por concelho, por freguesias, ou até na granularidade mais pequena, por segmentos de faixas.

Em termos de agregações temporais é importante considerar a evolução dos índices de vegetação ao longo do tempo, analisando a média dos índices de vegetação numa granularidade mensal e anual. Devido à natureza dos dados, a sazonalidade também deve ser tida em conta. Geralmente com o uso do NDVI, que é um índice de vegetação amplamente utilizado, existe uma tendência sazonal, com picos de vegetação nos meses mais quentes e uma diminuição nos meses mais frios. Desta tendência considerou-se importante incluir várias perspectivas na evolução trimestral dos índices de vegetação, mesmo que as alterações climáticas alterem estes padrões de crescimento e diminuição da vegetação.

No âmbito temporal, foi importante considerar não só as médias, mas também os percentis (5%/95% e 25%/75%) e a classificação categórica dos índices, definida a partir dos seus valores e do significado específico de cada índice.

4.2 Ferramentas utilizadas

Foram utilizadas várias ferramentas para a criação das visualizações e *dashboards*, para a preparação e o processamento dos dados utilizados.

O *Tableau Desktop* destaca-se como a principal ferramenta utilizada para o desenvolvimento das visualizações. A escolha desta ferramenta deve-se à sua facilidade de utilização, pela interface intuitiva que permite a criação de visualizações interativas de forma rápida através de ações simples de *drag and drop*. Esta facilidade de modificação e de experimentação permite um desenvolvimento iterativo do trabalho, desde a fase inicial de exploração dos dados até à avaliação, melhorias e à fase final de apresentação dos resultados. O *Tableau Desktop* permite a conexão de várias fontes de dados, armazenados localmente ou em *cloud*, sejam estes em ficheiros de texto, *workbooks* de *Excel*, bases de dados *SQL*, ou até ficheiros de natureza espacial, como *shapefile* e *GeoJSON*.

Com o *Tableau* é possível mapear os dados a variáveis visuais e codificá-los com cor, tamanho, forma, texto, entre outros. Adicionalmente, pode-se incorporar filtros e parâmetros que permitem ao utilizador interagir com as visualizações. Com o uso de *tooltips* é possível mostrar informação adicional ao passar o cursor sobre os elementos das visualizações. O *Tableau* permite ainda a criação de *dashboards* compostos por várias visualizações criadas anteriormente, possibilitando a interação entre elas. Estas interações passam por ações como a filtragem de dados, a navegação entre páginas, o destaque de elementos, entre outras.

Tableau permite a publicação dos *dashboards* criados para a *web*, através do *Tableau Public*, uma plataforma de *cloud* que possibilita a partilha e a colaboração de *dashboards* criados no *Tableau Desktop*. Como tal, os utilizadores podem aceder aos *dashboards* por um *browser* e interagir com as visualizações em qualquer dispositivo com acesso à *internet*. O *Tableau Public* permite também a incorporação dos *dashboards* em páginas *web* ou em aplicações através de um código *embed* que é importante para divulgação dos resultados obtidos.

O *Tableau Prep Builder* é outra ferramenta da família *Tableau* que foi utilizada para a preparação dos dados. Esta ferramenta permite a limpeza, a transformação e a combinação de dados de várias fontes. Esta manipulação de dados é feita através da criação de *workflows* que permitem autonomizar tarefas, como resolver valores em falta, *pivotar* colunas ou linhas, agrupar dados, entre outras.

O *QGIS* é um Sistema de Informação Geográfica (SIG), *open-source* que foi utilizado para a preparação dos dados georreferenciados. Este suporta dados vetoriais (como *shapefiles* e *GeoJSON*) e *raster* (como *GeoTIFF*) agrupando-os por *layers*, permitindo a criação de novos mapas. Através das várias ferramentas disponíveis no *QGIS* é possível fazer análises espaciais, como a interseção de camadas, a criação de *buffers* ou o cálculo de comprimento e áreas de geometrias. Também no âmbito do processamento destes dados georreferenciados foi utilizado *Python scripts*, auxiliado por bibliotecas como *geopandas*, *pandas*, *numpy* e *shapely*, que permite uma abordagem mais programática e automatizada.

PROCESSAMENTO E PRODUÇÃO DE DADOS

No processo de exploração e preparação dos dados, foram encontrados alguns problemas na qualidade dos mesmos que necessitaram de ser resolvidos. Neste capítulo serão apresentadas todas as modificações realizadas aos *datasets* utilizados, tal como a adição de novos atributos. Serão também apresentados *datasets* adicionais que foram criados de forma a complementar os dados originais.

Como mencionado na secção 1.2.1 esta dissertação iniciou com um foco principal nos dados do concelho de Mação, por ser um concelho com uma grande área florestal e com um grande risco de incêndios, no entanto, ao longo do processo de desenvolvimento das visualizações foi identificado que a inclusão de dados de outros concelhos contribuiria para uma melhor compreensão do contexto e da situação florestal em Portugal.

A inclusão de dados de outros concelhos foi realizada por meio de adaptações, de forma a torná-los compatíveis com os dados do concelho de Mação. Esta adaptação foi necessária, pois apesar dos dados dos vários concelhos serem disponibilizados pelo ICNF, não seguem a mesma estrutura, os atributos podem ter diferentes nomes, ou até não terem os mesmos atributos. Após consultar os interessados e tendo em conta os colaboradores do projeto Floresta Limpa, foi decidido que os concelhos a incluir nesta análise seriam Mação, Santarém, Setúbal, Almada e Torres Vedras. Serão primeiro apresentadas as modificações realizadas aos dados do concelho de Mação, seguidas das adaptações realizadas aos dados dos restantes concelhos.

Os dados, *scripts Python* e *Workflows* do *Tableau Prep* utilizados encontram-se disponíveis nesta [pasta](#).

5.1 Dados das Faixas de Gestão de Combustível

Os dados, disponibilizados pelo ICNF, descrevem as geometrias das Faixas de Gestão de Combustível do concelho de Mação. Cada linha representa uma geometria de faixa, com atributos como a descrição da faixa, *id* de faixa e de secção, entre outros. A tabela 5.1 apresenta os atributos e respetivas descrições dos dados das Faixas de Gestão de Combustível de Mação, incluindo todos os atributos adicionais.

Tabela 5.1: Colunas dos dados associados às FGC

Atributo	Descrição
ID_R_FGC	Número natural que identifica a faixa
COD_INE	Código referente ao distrito, concelho e freguesia
ID_S_FGC	Número decimal que identifica a faixa (ID_R_FGC) e a secção da faixa
DATA_ACCAO	Data de levantamento das características do terreno
DESC_FGC	Código da descrição da faixa
TIPO_FGC	Tipo de faixa
OBJEC_FUNC	Objetivo ou função da faixa
AREA	Área de cada geometria de faixa
RESP_GC	Responsável pela gestão da faixa
INTER_AAAA(*)	Tipo de intervenção a realizar na faixa
EXEC_AAAA(*)	Meio de execução da intervenção na faixa
FIN_AAAA(*)	Meio de financiamento para a execução da intervenção na faixa
FASE_AAAA(*)	Fase do projeto de intervenção na faixa
OBSERV	Observações relevantes que complementem os dados
Geometry	Geometria das faixas
ID	Identificador único de cada geometria
ESP_GC (Agrupado)	Agrupamento dos responsáveis
DESC_FGC (Agrupado)	Agrupamento das descrições das faixas
Comprimento	Comprimento de cada faixa

Nota: (*)Atributos com AAAA repetem-se para cada ano (2021-2030). Novos atributos coloridos a azul.

Um dos problemas identificados na fase de exploração dos dados foi o facto do identificador do setor de faixa (*ID_S_FGC*) não ser único, o que resultava na existência de várias secções de faixa com o mesmo identificador. Para resolver este problema, foi utilizado o *QGIS* para criar um identificador único para cada linha de dados ou geometria de faixa. Este identificador foi designado por *ID* e foi criado a partir do número de linha do ficheiro de dados. Outro problema encontrado foi a disposição das colunas dos planos de intervenção das faixas, nomeadamente, *INTER_AAAA*, *EXEC_AAAA*, *FIN_AAAA* e *FASE_AAAA*, que se repetem para cada ano de 2021 a 2030. Esta estrutura dificulta a organização dos dados em tabelas no *Tableau*, sendo necessário *pivotar* estas colunas para linhas, de forma a obter um *dataset* que contenha, para cada *id* e para cada ano, os atributos relativos ao tipo de intervenção, meio de execução, meio de financiamento e fase do projeto.

Muitos dos atributos presentes nestes dados são códigos que necessitam de ser traduzidos para a sua descrição. Para tal, recorrendo às normas técnicas apropriadas [31], foi criado um novo atributo para cada uma destas colunas, contendo a descrição do código. Os atributos traduzidos foram a descrição da faixa **I.1**, o meio de financiamento **I.2**, o meio de execução **I.3**, o tipo de intervenção **I.4** e a fase do projeto **I.5**. Para além destes, para melhor entender estes dados, foram agrupadas algumas descrições das faixas (linhas

elétricas e grupo de aglomerados populacionais/parques) e os responsáveis pela gestão das faixas (locais, nacionais-públicos/empresas).

Por fim, para obter informação adicional foi calculado o comprimento de cada geometria de faixa. Este cálculo foi realizado no *QGIS*, a partir da transformação das geometrias de faixa em linhas e do cálculo do comprimento dessas linhas em metros. Este comprimento foi então adicionado como um novo atributo ao *dataset*.

Além das modificações previamente descritas, os outros concelhos também necessitaram de algumas adaptações e de alterações aos nomes das colunas. Deve-se salientar que, caso os dados do concelho tenham atributos que não estejam presentes nos dados do concelho de Mação, esses atributos não são incorporados ao *dataset* do concelho, permanecendo vazios.

Almada, que disponibiliza os seus dados de intervenção dos anos de 2019 a 2028, apresentava duas geometrias inválidas e códigos de freguesias que não correspondiam às freguesias presentes na Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP), devido às alterações na delimitação das freguesias que ocorreram ao longo dos anos. Este problema relativo aos códigos de freguesias foi recorrente em vários concelhos e revelou-se bastante problemático para a utilização de filtros de freguesias individuais (que é realizada a partir dos códigos de freguesia presentes na CAOP).

Para resolver este problema, foi necessário atualizar os códigos das freguesias, de modo a que correspondessem aos códigos atualmente em vigor. Este procedimento foi realizado no *QGIS*, sobrepondo os pontos às geometrias das freguesias do CAOP e identificando as interseções.

Santarém dispõe os seus dados de intervenção dos anos de 2020 a 2029, e adiciona descrições de faixa adicionais: Sivicultura Preventiva (código 14) e Rede de Transporte de Gás Natural (código 6). Os dados de Santarém são únicos pois contêm colunas extra (*RESP_GCtt* e *DESC_FGCtt*) que indicam, no caso de uma interseção entre duas faixas com descrições e responsáveis diferentes, a lista de todas as descrições e responsáveis correspondentes. Esta organização não é comum nos outros concelhos, que definem uma prioridade no caso de interseções, indicando qual a descrição de faixa e responsável de faixa que deve ser considerada. Este problema foi resolvido, pois os dados de Santarém contêm ainda duas colunas adicionais (*DESCRICA0* e *RESP GC*) que indicam a designação dos códigos das descrições e responsáveis, onde foi claramente utilizada uma prioridade no caso de interseções para a sua definição.

Os dados do concelho de Setúbal encontram-se desatualizados e não estão em vigor no *website* do ICNF desde 29/08/2021. Como consequência, qualquer coluna de intervenção a estes objetos está desatualizada, tal como maior parte dos seus atributos não corresponde aos dados atuais dos restantes concelhos. Consiste em apenas 9 geometrias, uma para cada descrição de faixa, que impossibilita a filtragem por freguesias, pois maior parte geometrias estão presentes em todas as freguesias. Contém também um código de descrição de faixa cuja designação não está presente nas normas (código 9).

5.2 Dados da Rede Viária Florestal

Os dados disponibilizados pelo ICNF descrevem a Rede Viária Florestal do concelho de Mação. Cada linha representa uma geometria de via, com atributos como o tipo de piso, a classe da via, a freguesia, entre outros. Na tabela 5.2 encontram-se os atributos e descrições dos dados da Rede Viária Florestal de Mação, assim como todos os atributos adicionais.

Tabela 5.2: Colunas dos dados da RVF

Atributo	Descrição
Id Rv	Número natural que identifica a via
Classe	Classe da via
Freguesia	Freguesia na qual a via se encontra
OPERAC	Operacionalidade da rede viária florestal
Toponimo	Localidade da via
Rede Dfci	Ordem DFCI da via
Tipo Piso	Tipo de piso da via
Máquina	Máquina típica para manutenção
Saída	Identificador de via com ou sem saída
DATA_ACCAO	Data de levantamento das características do terreno
COD_INE	Código referente ao distrito, concelho e freguesia
Designação	Classificação constante no Plano Rodoviário Nacional e no Plano das Estradas e Caminhos Municipais.
COMPRIM	Comprimento da via
LARGURA	Largura da via
INTER_AAAA(*)	Tipo de intervenção a realizar na via
EXEC_AAAA(*)	Meio de execução da intervenção na via
FIN_AAAA(*)	Meio de financiamento para a execução da intervenção na via
FASE_AAAA(*)	Fase do projeto de intervenção na via
OBS	Observações relevantes que complementem os dados
Geometry	Geometria das vias
ObjectId	Identificador único de cada geometria
Shape Leng	Comprimento da geometria
Classe (Agrupada)	Agrupamento das classes das vias

Nota: (*)Atributos com AAAA repetem-se para cada ano (2021-2030). Novos atributos coloridos a azul.

Assim como nos dados das FGC, um dos problemas encontrados foi que o identificador da via (*Id Rv*) não era único. Foi resolvido de forma semelhante, criando um identificador único para cada geometria de via (*ObjectId*). Foi também igualmente necessário *pivotar* as colunas de intervenção para cada ano de 2021 a 2030, para que estes dados pudessem ser dispostos em tabelas no *Tableau*. Estes dados também contêm atributos que necessitaram de ser traduzidos, mais especificamente a operacionalidade da rede viária florestal I.6, o tipo de piso I.8, a ordem da via I.7 o tipo de intervenção I.9, o meio de execução I.3, o meio de financiamento I.2 e a fase do projeto I.5. Além destes, para melhor entender estes dados, foram agrupadas as classes das vias (estradas, caminhos, arruamentos e privados).

Neste *dataset* foi encontrado um erro, existe um conjunto de vias cujo comprimento corresponde à soma total dos comprimentos de cada via, em vez de apenas refletir o comprimento da via em si. Isto implica que os cálculos em que estas vias estão colocadas contêm um comprimento significativamente maior do que as demais. Para resolver este problema, foi necessário calcular o comprimento de cada geometria de via, tal como foi feito para as FGC, recorrendo ao *QGIS* e adicionando este comprimento como um novo atributo.

Tal como nos dados das FGC, os restantes concelhos também necessitaram de algumas adaptações e de alterações aos nomes das colunas. Para garantir a integridade dos dados, o comprimento das vias de todos os concelhos foi recalculado, de forma a garantir que os valores são consistentes. Foi também necessário atualizar os códigos de freguesia das vias para corresponderem aos códigos atuais.

No caso de Santarém, os dados de intervenção são dos anos de 2020 a 2029 em vez de 2021 a 2030, e não contêm as colunas de Classe e Saída. Como mencionado na secção 5.1, os dados de Setúbal estão desatualizados, não estando em vigor desde 29/08/2021 e, como consequência, os seus planos de intervenção são de 2016 a 2019. Não contêm também as colunas de Classe, Designação, Saída, Máquina e Operacionalidade.

5.3 Dados da Rede Pontos de Água

Tal como nos *datasets* anteriores, estes dados disponibilizados pelo ICNF descrevem a Rede de Pontos de Água do concelho de Mação. Cada linha representa um ponto de água, com atributos como o seu formato, capacidade máxima de água, meio de extração, entre outros. Na tabela 5.3 encontram-se os atributos e descrições dos dados da Rede de Pontos de Água de Mação, assim como todos os atributos adicionais.

No caso da RPA, a qualidade dos dados é consideravelmente melhor. Foi apenas necessário *pivotar* as colunas de intervenção para cada ano de 2021 a 2030, a fim de permitir que estes dados fossem organizados em tabelas no *Tableau*. Estes dados também contêm atributos que necessitaram de ser traduzidos, mais especificamente o tipo de proprietário do ponto de água I.10, o seu formato I.11, o tipo de captação I.12, a operacionalidade I.6, o tipo de intervenção I.9, o meio de execução I.3, o meio de financiamento I.2 e a fase do projeto I.5.

Este *dataset* inclui alguns pontos de água cujo código de freguesia não tinha correspondência com as freguesias do concelho de Mação. Após uma exploração mais detalhada, foi possível identificar que estes pontos pertencem à freguesia de União das Freguesias de Mação, Penhascoso e Aboboreira. No entanto, estes pontos de Água tinham os códigos desatualizados, correspondentes a freguesias que existiam antes da união. Para resolver este problema, foi necessário atualizar os códigos de freguesia destes pontos para que correspondessem à freguesia correta.

Tabela 5.3: Colunas dos dados da RPA

Atributo	Descrição
Id Pa	Número natural que identifica o ponto de água
Nome	Nome/designação do ponto de água
Data Actlz	Data de levantamento das características do terreno
Coord X	Coordenada horizontal
Coord Y	Coordenada vertical
Tipo Pa	Tipo de ponto de água
Tipo Prop	Tipo de proprietário do ponto de água
Formato	Tipo de formato do ponto de água
Largura	Largura do ponto de água (metros)
Comprim	Comprimento do ponto de água (metros)
Altura	Altura do ponto de água (metros)
Raio	Raio do ponto de água (metros)
Vol Max	Capacidade máxima que o ponto de água pode armazenar (metros cúbicos)
Captacao	Tipo de captação do ponto de água
Operac	Operacionalidade/estado do ponto de água
Classe Pa	Funcionalidade do ponto de água (Ponto aéreo, misto ou terrestre)
Categoria	Categoria do ponto de água segundo a classe de 1. ^a ou 2. ^a ordem
OBSERV	Observações relevantes que complementem os dados
LAT	Latitude do ponto de água
Long	Longitude do ponto de água
INTER_AAAA(*)	Tipo de intervenção a realizar no ponto de água
EXEC_AAAA(*)	Meio de execução da intervenção no ponto de água
FIN_AAAA(*)	Meio de financiamento da intervenção no ponto de água
FASE_AAAA(*)	Fase do projeto da intervenção no ponto de água
Geometry	Geometria do ponto de água
COD_INE	Código referente ao distrito, concelho e freguesia

Nota: (*)Atributos com AAAA repetem-se para cada ano (2021-2030). Novos atributos coloridos a azul.

Os restantes concelhos foram também adaptados conforme os dados e os nomes das colunas de Mação. Para além das inconsistências nos anos dos planos de intervenção (tal como os dados inválidos de Setúbal) foi também necessário atualizar os códigos de freguesia para corresponderem aos dados da CAOP atual. É de notar que, mais uma vez, se um concelho não possuir qualquer atributo equivalente aos dados de Mação, estes ficarão vazios no *dataset* desse concelho. No caso dos dados de Torres Vedras que apresenta mais campos do que os dados de Mação, houve a necessidade de serem removidos para manter a consistência entre os dados dos vários concelhos.

5.4 Topografia

O estudo do relevo das áreas envolventes às faixas de intervenção é um fator importante para os diversos tipos de intervenção, quer seja para a gestão de Faixas de Gestão de

Combustível ou até para a alteração da paisagem florestal. Compreender a topografia local permite identificar declives críticos no terreno, ou seja, áreas de maior risco de incêndio, e áreas de difícil acesso para as equipas de combate a incêndios.

Desta forma, os interessados na alteração da paisagem florestal de Mação chamaram a atenção para a importância de incluir dados topográficos na análise das Faixas de Gestão de Combustível, para dar ao utilizador uma perspetiva geral da topografia do terreno relativamente às faixas e destacar possíveis problemas que possam surgir.

Para obter estas informações topográficas, foram utilizados **MDT**, que são representações digitais da superfície terrestre, permitindo uma análise detalhada do relevo local. Estes *datasets* são ficheiros *raster* que contêm o valor da elevação do terreno em cada píxel.

Este estudo foi previamente realizado por Manuel Henriques, no seu trabalho de dissertação [19], onde utilizou os Modelos Digitais do Terreno de Mação para criar um mapa de declives. Henriques desenvolveu uma visualização topográfica cujo objetivo consistia simplesmente em identificar as áreas com alteração de altitude acentuada, e não no entendimento geral da topografia do terreno. Focou-se em ser uma visualização 2D, que apresentava a visualização do relevo de forma simples com um destaque para as áreas de maior declive, e em apresentar a direção deste declive.

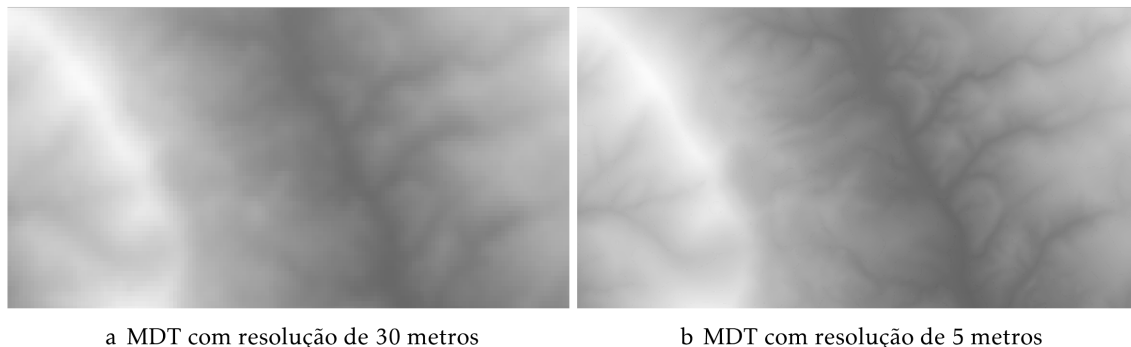


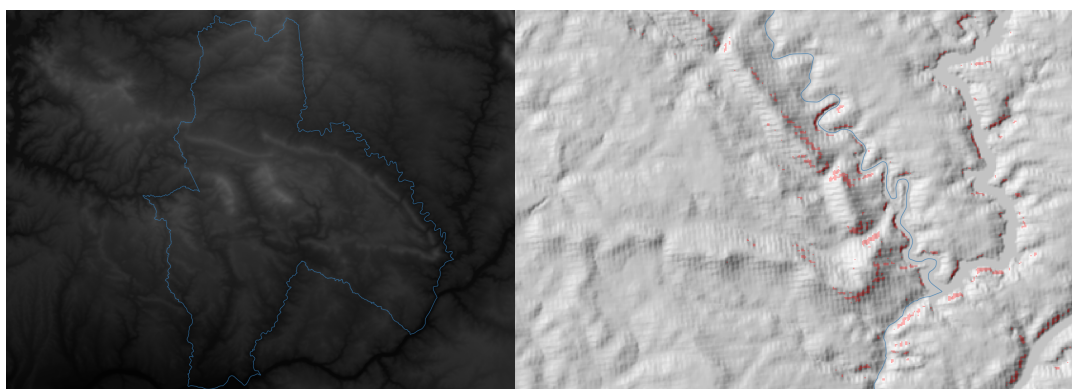
Figura 5.1: MDT de Mação 5x5m e de 30x30m [19].

Para a dissertação de Manuel Henriques, foram utilizados os Modelos Digitais do Terreno provenientes das Forças Armadas Portuguesas, que disponibilizam os dados de relevo com uma resolução de 5 metros, isto é, cada *pixel* do *raster* corresponde à altitude de uma área de 25 metros quadrados. Após uma consulta extensa, a melhor fonte disponível gratuitamente, foi identificada como sendo o *European Digital Elevation Model (EU-DEM)* do programa *Copernicus* [10] que é de 30x30m 5.1. No entanto, acaba por ser uma resolução muito inferior à utilizada por Henriques, passando por uma grande limitação à análise do relevo. Utiliza ainda o *Mapbox* tanto para modificar este mapa tal como para a sua utilização, que é uma plataforma que dispõe uma integração essencial com o *Tableau* e permite a importação deste tipo de mapas.

A aquisição dos dados MDT de Portugal foi realizada via um *plugin* do *QGIS*, *Open-Topography*, que simplifica a procura e o *download* de dados topográficos. A partir do MDT

5.2(a), foram gerados mapas novos utilizando um conjunto de algoritmos disponibilizados no QGIS:

- **Hillshade**: Simula a posição do Sol e gera um mapa das sombras em *grayscale*. Permite identificar facilmente a topografia.
- **Slope**: Adiciona novas marcas visuais que representam a localização de declives acentuados. Percorre todos os *pixels* do MDT e, para cada um, calcula a taxa de variação da altitude com os *pixels* vizinhos. É então adicionada uma camada com declives iguais ou superiores a 30% (13.5°) a vermelho. Todos os declives acentuados foram representados com a mesma cor (vermelho) com uma opacidade de 30%, independentemente do seu valor, de forma a não afetar marcas visuais. Ver figura 5.2(b).
- **Aspect**: Obtém o valor das direções dos declives. Assim, é possível gerar um mapa com a direção, em 360 graus, da descida do terreno. Estes valores são depois adicionados ao mapa gerado pelo algoritmo *Slope*. No entanto, não se verificam alterações visuais, uma vez que estes dados serão depois utilizados no *Mapbox*. Por fim, esta camada de *Slope* e *Aspect* é convertida em vetorial para possibilitar o acesso às ferramentas do *Mapbox*.



(a) MDT de Mação 30x30m [10]

(b) Resultados de HillShade + 30% Slope

Figura 5.2: Visualização do relevo de Mação.

A partir do *Mapbox* atribui-se então um símbolo (uma seta) para cada ponto de declive e define-se a sua rotação com os valores do *Aspect*. É possível, posteriormente, definir o nível de *zoom* a partir do qual esses símbolos passam a ser exibidos, bem como controlar a densidade dos pontos apresentados. Por fim, Manuel Henriques utiliza ainda a carta de Utilização e Ocupação do Solo, para melhor contextualizar as áreas de maior risco, como apresentadas na figura 5.3.

Contudo, apesar dos avanços no processo de geração de mapas topográficos, devido à baixa resolução espacial dos dados MDT, como mencionado anteriormente, a visualização resultante não era suficientemente clara para identificar os declives mais acentuados

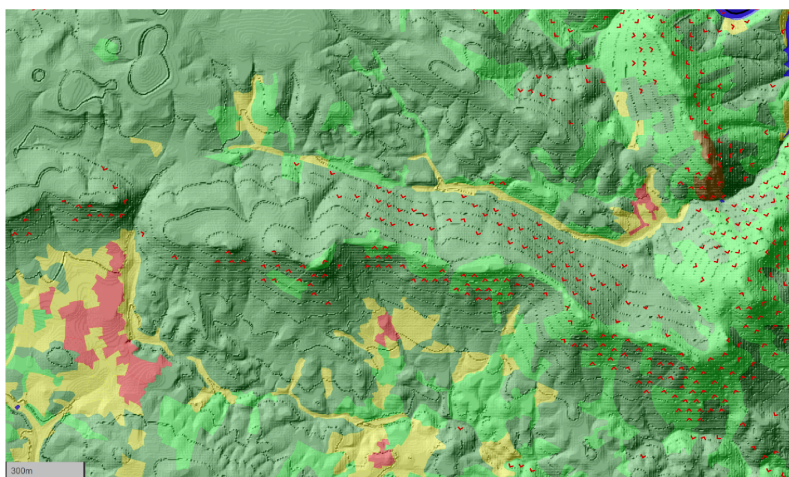


Figura 5.3: Topografia com a cartografia de ocupação e utilização do solo [19].

e as suas direções. A granularidade insuficiente provocava um desfoque excessivo da informação da altitude. Em vez de clarificar a topografia, o mapa tornava-se confuso, correndo-se o risco de tomar decisões com base em informações imprecisas. Assim, foi preferível abandonar estas perspetivas de visualização, e focar na análise dos dados referentes às faixas.

5.5 Pontos de Interesse

Um dos aspetos-chave do *Tableau Desktop* consiste na capacidade de integração de dados espaciais, permitindo completar as visualizações de dados com uma perspetiva de localização. Esta funcionalidade foi bastante importante para o desenvolvimento desta dissertação, pois permitiu a inclusão da localização e do formato dos dados, como as Faixas de Gestão de Combustível, as vias e os pontos de água.

Dependendo do tipo das geometrias, estes dados são apresentados no *Tableau* como pontos, linhas ou polígonos numa visualização de mapa. O *Tableau* permite ainda adicionar diferentes mapas de fundo com diferentes estilos, como imagens de satélite. O nível de *zoom* do mapa é, por predefinição, ajustado para conter todas as geometrias dentro do mapa, e pode ser manualmente ajustado pelo utilizador.

Um problema encontrado no desenvolvimento dos *dashboards*, mais particularmente na análise dos dados de índices de vegetação, fixa-se no facto destes dados apresentarem valores de índices para cada segmento de faixa. Estes segmentos são cortes pequenos às faixas, permitindo uma análise mais detalhada dos dados. Contudo, devido ao seu tamanho reduzido, revelou-se difícil selecionar estes segmentos no mapa, uma vez que eram demasiado pequenos. Além disso, devido à abundância de segmentos, o desempenho do *Tableau* era afetado, tornando-se lento e difícil de aumentar o *zoom* do mapa, impossibilitando a análise no detalhe dos segmentos.

Esta limitação relevou-se ser ainda mais problemática no *Tableau Public*, onde o desempenho é ainda mais afetado, tornando a análise dos segmentos praticamente impossível. Um dos principais motivos para este fraco desempenho deve-se principalmente por o facto do *Tableau Public* correr numa infraestrutura de servidores grátis, onde os recursos são limitados. Isto implica que as operações que exigem muitos recursos, como a visualização de volumes elevados de segmentos de faixas, podem ser significativamente mais lentas em comparação com a versão *desktop*.

Para resolver esta adversidade, foi necessário adicionar um mecanismo de pesquisa espacial no mapa que permitisse selecionar uma área específica, e assim aumentar o *zoom* do mapa nessa área. É de notar que o *Tableau* possui uma pesquisa no mapa, mas esta limita-se a pesquisar por localidades, como cidades ou países, cuja granularidade é insuficiente para a análise dos segmentos de faixa.

Nesse sentido, foi necessário criar um *dataset* adicional que enquadrasse vários pontos de interesse, como locais turísticos, fontes de água, entre outros, que permitisse ao utilizador selecionar áreas específicas e, assim, aumentar o *zoom* nessas áreas. Após uma pesquisa *online*, não foi possível encontrar um *dataset* satisfatório que incluísse estes pontos necessários, pelo que foi necessário gerar um *dataset* próprio.

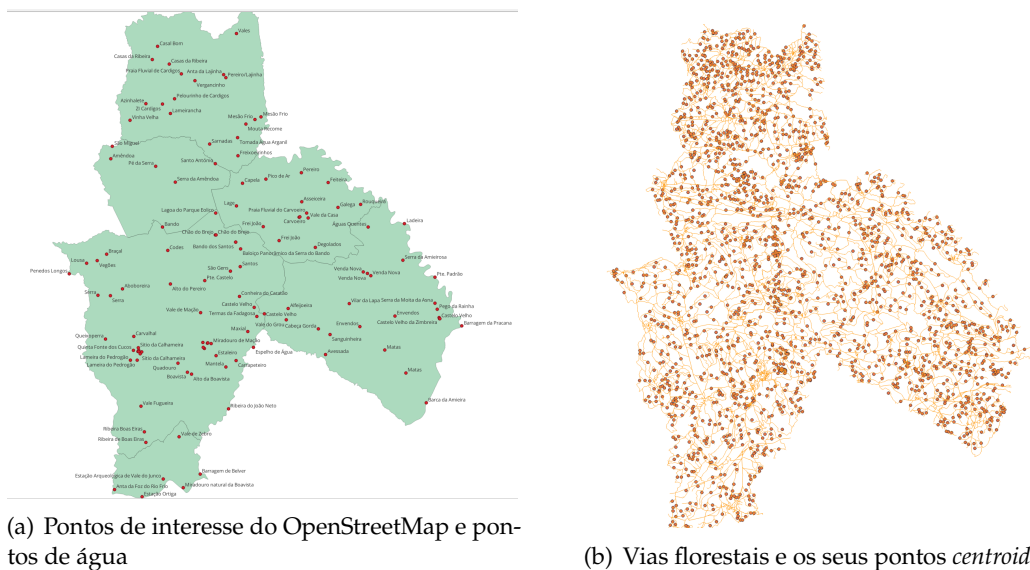


Figura 5.4: Desenvolvimento dos pontos de interesse.

Desenvolveu-se um *script Python* que, a partir da API do OpenStreetMap [5], gera um *shapefile* com geometrias de pontos localizados no concelho de Mação. Estes pontos são obtidos a partir de determinadas *tags*, como *tourism*, *amenity*, *historic* e *leisure*, disponibilizadas na API e são adicionados em conjunto com o nome do ponto. A estes dados foram ainda adicionados os pontos de água de Mação 5.4(a), já que estes têm uma designação a pesquisar, tornando-se uma adição relevante para o *dataset*.

Outra adição relevante para o *dataset* foi a inclusão das vias florestais, em que cada via poderia ser pesquisada e localizada de forma fácil, utilizando a designação da via. Como

a geometria das vias são linhas, foi necessário primeiro agrupar todas as geometrias de vias com a mesma designação e depois calcular o *centroid* desses agrupamentos de forma a obter um único ponto aproximado por designação de via, como evidenciado na figura 5.4(b). Estes pontos foram então adicionados ao *dataset* de pontos de interesse.

O objetivo principal foi criar uma pesquisa espacial que foca e faz *zoom* em áreas específicas do mapa, invés de filtrar os dados nessa área, que retiraria um contexto importante para a análise das faixas envolventes.

Inicialmente, foi adicionado o *shapefile* dos pontos de interesse como um *data source* separado, e foi retirada a camada dos segmentos do *zoom extent*. Assim, foi possível com que o *Tableau* se focasse num único ponto, mas o nível de *zoom* era demasiado baixo (ao nível do país). Isto acontece pois o *Tableau* diferencia pontos de geometrias: só nas geometrias é possível fazer um *zoom* de ecrã completo (área da geometria = área do mapa). Então, foi necessário criar um *calculated field* que gera um *buffer* circular centrado em cada ponto de interesse com um raio de 200 metros, como ilustrado na figura 5.5(b). Utilizando esta geometria de *buffer* no mapa é possível ter um nível de *zoom* à escolha, dependendo do raio do *buffer*.

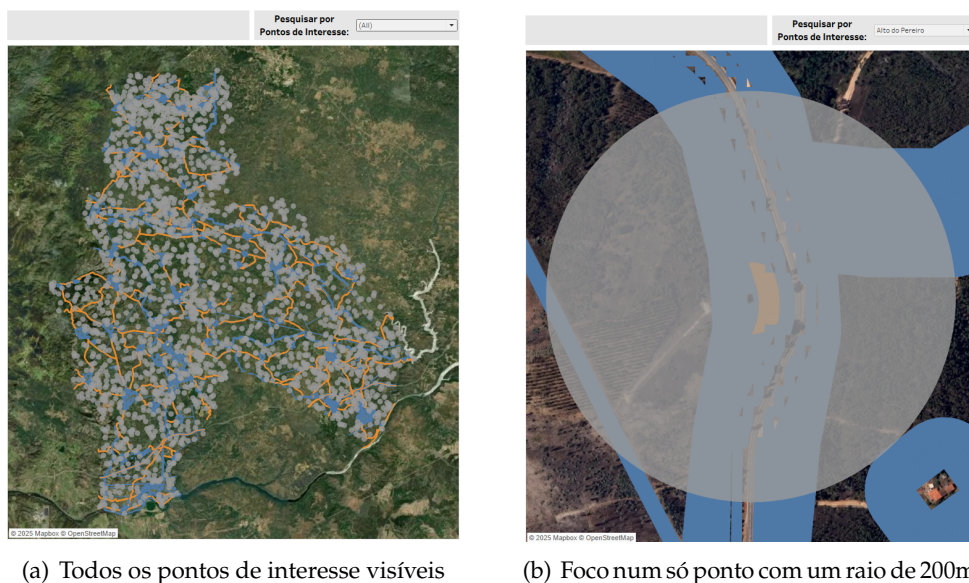


Figura 5.5: Pontos de interesse no *Tableau* com os segmentos de faixa.

Este método revela-se eficaz, dado que o nível de *zoom* do mapa é completamente ajustado conforme os raios dos *buffers* dos pontos de interesse. Quando se filtra os pontos de interesse de modo a apresentar apenas um ponto, o *Tableau* ajusta o mapa para que o raio do *buffer* desse ponto seja o único a ser considerado. Após a adição desta camada de *buffers*, é possível depois mudar a opacidade da cor destes, de forma a tornarem-se invisíveis, mantendo-se apenas o filtro dos pontos de interesse.

DASHBOARDS DESENVOLVIDOS

Neste capítulo serão apresentados os *dashboards* desenvolvidos nesta dissertação. Estes *dashboards* foram desenvolvidos com o intuito de responder às questões analíticas apresentadas na secção 4.1. Em cada subsecção serão apresentados os *dashboards* desenvolvidos para cada questão, bem como o raciocínio por detrás do desenvolvimento de todos os *dashboards*, visualizações, interações, filtros e parâmetros implementados.

Na secção 6.1 serão apresentadas as regras de *layout* que orientaram o desenvolvimento de todos os *dashboards* bem como a navegação entre os diferentes *dashboards*.

Os *dashboards* estão organizados por tema, de forma a facilitar a sua compreensão. Na secção 6.2 são primeiro apresentados os *dashboards* desenvolvidos para analisar as Faixas de Gestão de Combustível (FGC), seguidos dos *dashboards* para a análise da Rede Viária Florestal (RVF) na secção 6.3 e, na secção 6.4, os *dashboards* para a análise da Rede de Pontos de Água (RPA).

Na secção 6.5 serão apresentados os *dashboards* para a análise das séries temporais dos índices de vegetação nas FGC. É explicado como foram integrados e categorizados os diferentes índices de vegetação, bem como a sua representação visual nos *dashboards*. De seguida, apresenta-se um breve exemplo que ilustra a forma como foram construídas e utilizadas as instruções dos *dashboards*.

É de notar que, para uma melhor explicação de todos os componentes de cada *dashboard*, foram atribuídas denominações específicas a estes elementos, tais como visualizações, filtros, parâmetros e legendas. Estas denominações serão utilizadas ao longo deste capítulo e são meramente ilustrativas, não correspondendo a nenhuma utilidade específica do *dashboard*.

Na secção 6.6, serão apresentados alguns ensaios de visualizações desenvolvidos durante o processo de implementação dos *dashboards*, mas que não foram incluídos nos *dashboards* finais. Estes ensaios foram desenvolvidos no processo de exploração de diferentes formas de visualização dos dados, mas não foram utilizados por não se adequarem às necessidades dos *dashboards* ou pela existência de alternativas mais adequadas.

Por último, na secção 6.7, serão discutidas algumas análises feitas aos dados, e conclusões que possam ser retiradas com a utilização dos *dashboards* desenvolvidos.

6.1 Layout e Navegação entre *Dashboards*

Antes do desenvolvimento dos *dashboards*, foram definidas algumas regras de *layout* que foram seguidas para a criação de todos os *dashboards*. Estas regras foram criadas de forma a manter uma consistência visual entre os diferentes *dashboards*, facilitando a sua utilização e compreensão.

Foram criados dois *layouts* diferentes, um para os *dashboards* que analisam as diferentes redes (Faixas de Gestão de Combustível, Rede Viária Florestal e Rede de Pontos de Água) e outro para os *dashboards* de análise dos Índices de Vegetação das FGC. Estes dois *layouts* foram criados de forma a responder às necessidades específicas de cada tipo de análise, dado que os *dashboards* de análise das redes permitem a análise de dados mais estáticos, enquanto os *dashboards* de análise dos índices de vegetação demonstram dados mais dinâmicos e temporais.

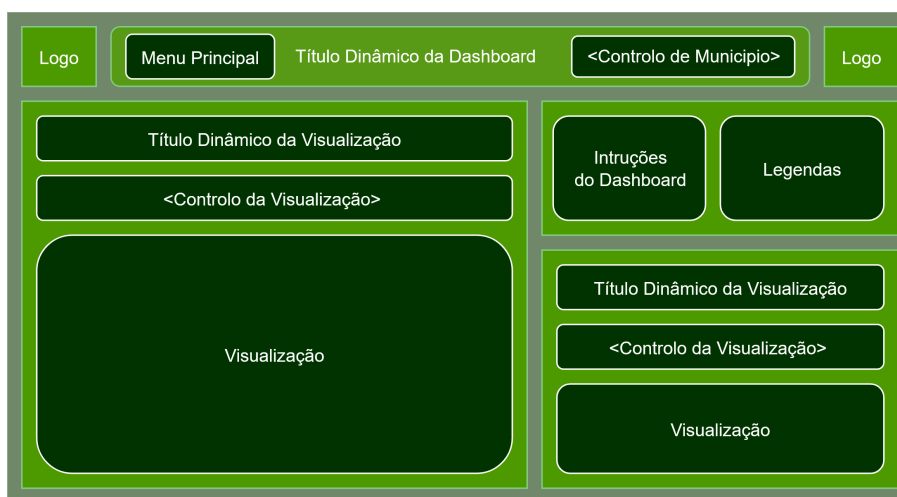


Figura 6.1: *Layout* da estrutura dos *dashboards* de análise das redes.

Na figura 6.1 é apresentado o *layout* utilizado para os *dashboards* de análise das redes, apresentados nas secções 6.2, 6.3 e 6.4. Todos os *dashboards* têm um cabeçalho onde se encontra o título dinâmico do *dashboard*, o qual varia conforme o concelho seleccionado, e um botão de navegação para a página inicial, como apresentado na figura 6.2.

Geralmente todas as visualizações têm títulos dinâmicos que indicam informações sobre os dados apresentados e que se ajustam conforme as seleções do utilizador. Este *layout* é composto por duas visualizações principais e uma secção que se limita a apresentar todas as legendas e as instruções gerais de utilização do *dashboard*.

Na figura 6.3 é apresentado o esquema de navegação entre os diferentes *dashboards* de análise das redes, bem como as referências às secções e figuras onde estes são detalhados. A navegação entre as diferentes secções é feita através do cabeçalho por meio de um menu principal. Este menu permite ao utilizador navegar entre os diferentes *dashboards* de análise das redes, escolher o concelho a analisar e, por fim, existe um botão de informação que apresenta as fontes dos dados originais.



Figura 6.2: Menu principal de navegação entre os *dashboards* de análise das redes.

Além disso, os *dashboards* de análise das Faixas de Gestão de Combustível e da Rede Viária Florestal permitem uma análise mais detalhada de uma faixa ou via específica e dos seus planos de intervenção, através de hiperligações presentes nas *tooltips* das geometrias que permitem navegar para os respetivos *dashboards* de análise.

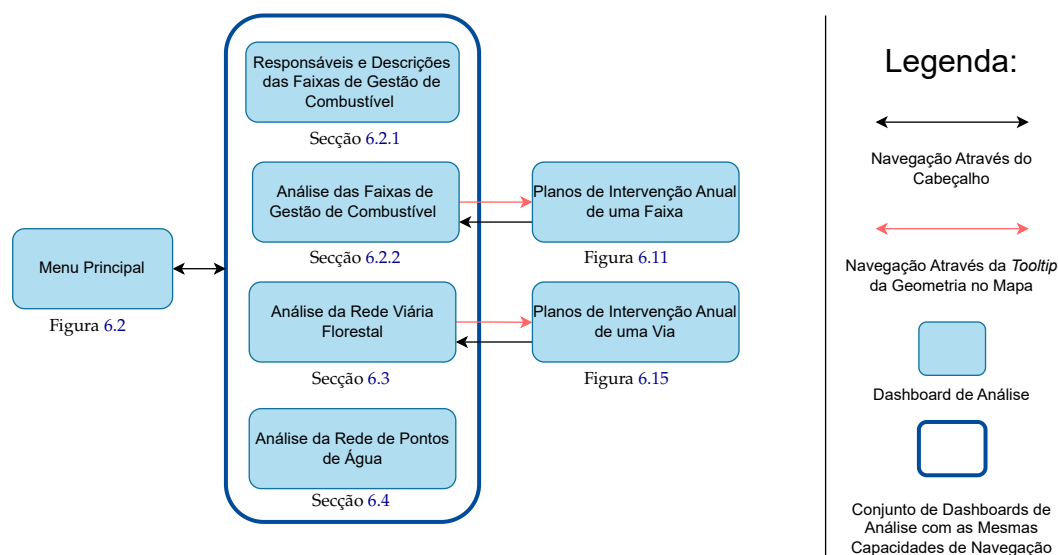


Figura 6.3: Navegação entre os *dashboards* de análise das redes.

Para os *dashboards* de análise dos Índices de Vegetação das FGC, como mencionado anteriormente, utilizou-se um *layout* distinto, apresentado na figura 6.4.

Este *layout* serviu de base para a criação dos *dashboards* apresentados na secção 6.5. Tal

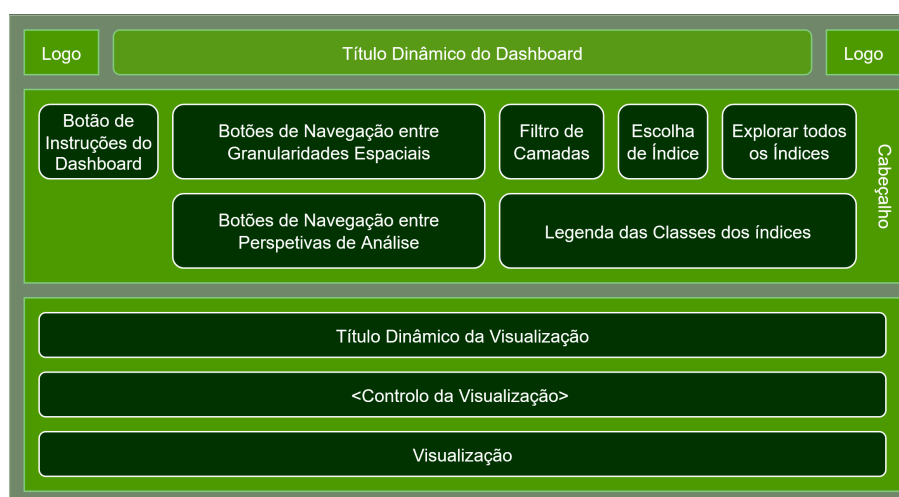


Figura 6.4: *Layout* da estrutura dos *dashboards* de análise dos Índices de Vegetação das FGC.

como o *layout* anterior, este *layout* também possui o título dinâmico do *dashboard* que varia conforme a seleção do índice escolhido.

Ao contrário dos *dashboards* anteriores, que se focavam em análises mais gerais e independentes umas das outras, os *dashboards* desenvolvidos nesta secção permitem uma navegação mais fluida e facilitada entre as várias análises.

Como mencionado na secção 4.1.1, a análise dos índices de vegetação é feita a partir de várias agregações, tanto temporais como espaciais. De forma a incorporar as várias perspetivas espaciais, foram criados diferentes *dashboards* dedicados a cada granularidade. Estas agregações são ao nível do concelho, freguesia e segmentos individuais.

Para cada nível de agregação espacial existem *dashboards* específicos que permitem explorar os dados de forma mais detalhada e contextualizada. Ao nível do concelho e freguesia, os *dashboards* apresentam uma visão geral dos índices de vegetação, incluindo os *dashboards* apresentados nas secções 6.5.2, 6.5.3 e 6.5.5. Ao nível dos segmentos individuais, os *dashboards* permitem uma análise mais detalhada dos segmentos de faixas e os seus *buffers*, caso existentes, apresentado no *dashboard* da secção 6.5.5.

Este *layout* é, portanto, composto por um cabeçalho com vários botões de navegação que permitem a navegação entre as várias granularidades espaciais. Para cada uma dessas granularidades, existem diferentes perspetivas de análise, que podem ser igualmente exploradas através dos botões de navegação localizados na parte inferior do cabeçalho. Além disso, o cabeçalho contém o controlo geral das visualizações, tal como o filtro das várias camadas de segmentos e a escolha do índice a visualizar. Contém também o botão de navegação para o *dashboard* da distribuição de todos os índices de vegetação e suas classes, apresentado na secção 6.5.1, e a legenda das classes do índice selecionado.

Por fim, o cabeçalho contém ainda o botão que mostra o *overlay* das instruções de cada *dashboard*. As visualizações deste *layout* são mais variadas, dado que cada *dashboard* tem objetivos e perspetivas de análise diferentes. No entanto, geralmente podem contar com

títulos dinâmicos, que se ajustam conforme as seleções do utilizador, bem como controlos adicionais específicos para cada análise, caso necessário.

Como mencionado previamente, a navegação entre estes pontos de vista é feita através do cabeçalho dos *dashboards* onde, a qualquer momento, é possível navegar entre as diferentes granularidades espaciais nos botões de navegação superiores, e entre as diferentes perspetivas de análise nos botões de navegação inferiores. Na figura 6.5 é apresentado o esquema de navegação entre os diferentes *dashboards*, juntamente com as referências às respetivas secções e figuras do documento.

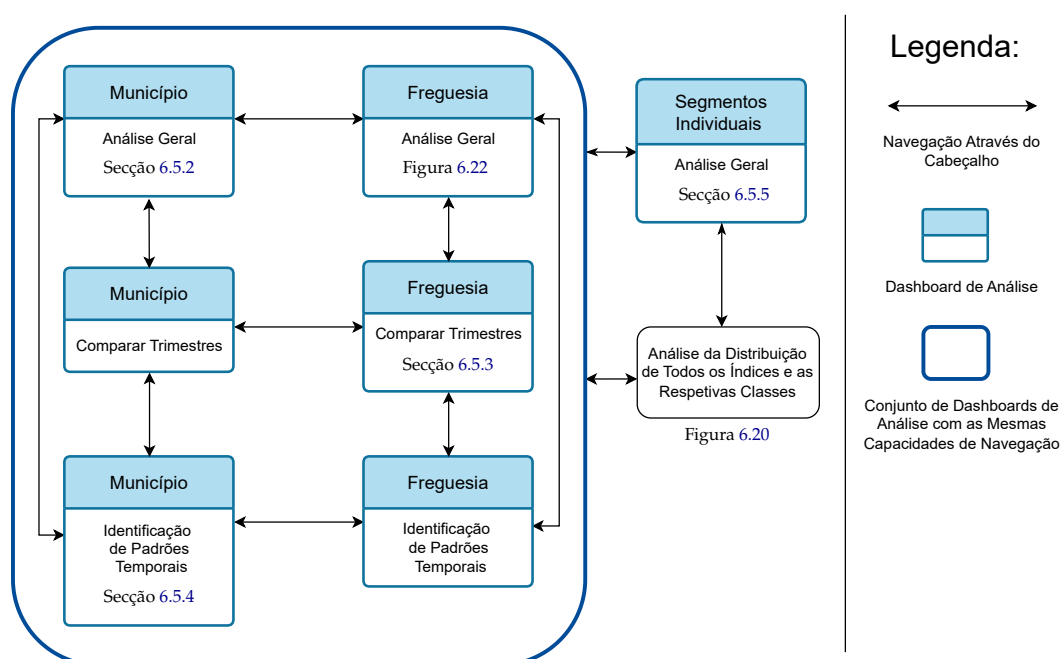


Figura 6.5: Navegação entre os *dashboards* de análise dos Índices de Vegetação das FGC.

6.2 Análise das Faixas de Gestão de Combustível

Nesta secção serão apresentados os *dashboards* desenvolvidos para analisar as Faixas de Gestão de Combustível (FGC) dos vários concelhos. Estes *dashboards* foram desenvolvidos com o intuito de responder às questões analíticas apresentadas na secção 4.1, nomeadamente as questões Q1, Q2 e Q3.

6.2.1 Responsáveis pela Gestão das FGC E MPGC

De forma a responder à questão Q1. , na secção 4.1, “No concelho de Mação, quem é responsável pela gestão das Faixas de Gestão de Combustível, e onde estão localizadas as faixas de acordo com o seu tipo e descrição?”, foi desenvolvido o *dashboard* apresentado na figura 6.6.

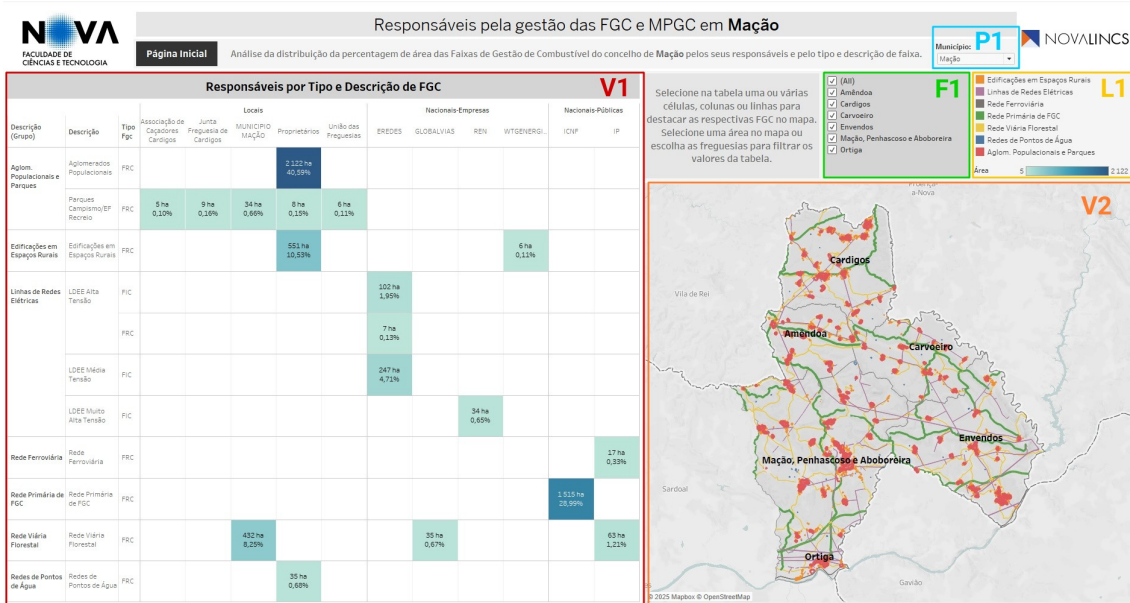


Figura 6.6: *Dashboard* para a análise dos responsáveis pela gestão das FGC do concelho de Mação.

Com este *dashboard* é possível a análise da distribuição da área das Faixas de Gestão de Combustível para cada um dos concelhos estudados pelos seus responsáveis e pelo tipo e descrição de faixa. Desta forma, é possível perceber quem é o responsável pela gestão das faixas, a área designada a cada entidade, descrição e tipo de faixa. É ainda possível localizar as faixas no mapa e perceber a sua distribuição pelas freguesias do concelho.

Este *dashboard* é composto por 2 visualizações, 1 filtro, 1 parâmetro e 1 legenda interativa. A visualização V1 é uma tabela de dupla entrada que mostra a área total de faixa por responsável e por descrição e tipo de faixa. A área é apresentada em hectares e com uma percentagem da área total da faixa, estando esta informação disposta também como uma cor sequencial, de forma a facilitar a compreensão da distribuição da área. A visualização V2 é um mapa que mostra a localização das Faixas de Gestão de Combustível, coloridas conforme a descrição agrupada das faixas, cuja legenda está disponível em L1.

6.2.1.1 Interações e filtros

As interações entre as visualizações são importantes, pois permitem que o utilizador explore os dados de forma mais detalhada. Ao selecionar qualquer elemento da visualização V1, seja este uma célula, linha ou coluna, ou combinações destes, a visualização

CAPÍTULO 6. DASHBOARDS DESENVOLVIDOS

V2 é atualizada para mostrar apenas as faixas que correspondem à seleção feita, como exemplificado na figura 6.7. O utilizador pode também selecionar áreas ou faixas no mapa da visualização V2, que atualizam a visualização V1 para mostrar apenas os dados das faixas selecionadas.

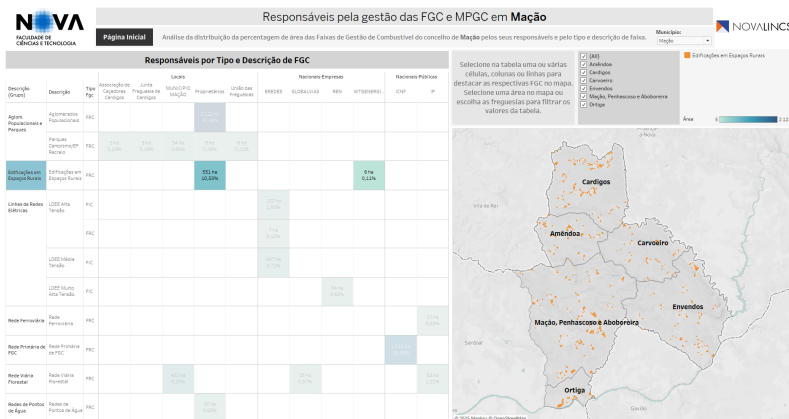


Figura 6.7: Seleção da descrição "Edificações em Espaços Rurais" na análise dos responsáveis pela gestão das FGC no concelho de Mação.

O parâmetro P1 permite ao utilizador selecionar entre os diferentes concelhos disponíveis, possibilitando a análise das Faixas de Gestão de Combustível em territórios distintos. Como ilustrado na Figura 6.8, é possível, por exemplo, visualizar os dados correspondentes ao concelho de Almada e obter informações específicas sobre os responsáveis pela gestão das faixas, as suas descrições, bem como a sua distribuição geográfica.

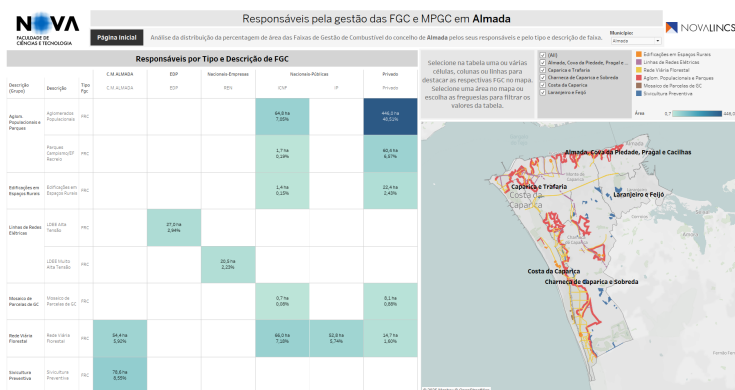


Figura 6.8: Dashboard para a análise dos responsáveis pela gestão das FGC no concelho de Almada.

O filtro F1 é um filtro de seleção de freguesias, que permite ao utilizador selecionar as freguesias que pretende analisar. Ao selecionar uma freguesia, este filtro atualiza as visualizações V1 e V2, para mostrar apenas os dados relevantes para as freguesias selecionadas. Esta funcionalidade é particularmente útil pois permite focar a análise numa única freguesia, aumentando significativamente o detalhe que se pode obter no mapa.

Este *dashboard* apresenta também *tooltips* que mostram informação adicional ao posicionar o cursor sobre os elementos das visualizações. Na visualização V1, ao passar o cursor por cima de qualquer célula é apresentado todas as informações da célula, o seu valor, linha e coluna. Na visualização V2, ao posicionar o cursor sobre as geometrias de faixa é apresentado todos os atributos da faixa, como a descrição, tipo, área, responsável, entre outros.

6.2.2 Rede FGC e MPGC

Para responder à questão Q3. , “Que tipo de faixas são as mais prevalentes no concelho e como é que a área das faixas é distribuída” e a questão Q4. , “Quais são os planos de intervenção do concelho para cumprir a devida limpeza das faixas de gestão de combustível?”, foram desenvolvidos os *dashboards* presentes nas figuras 6.9 e 6.11.

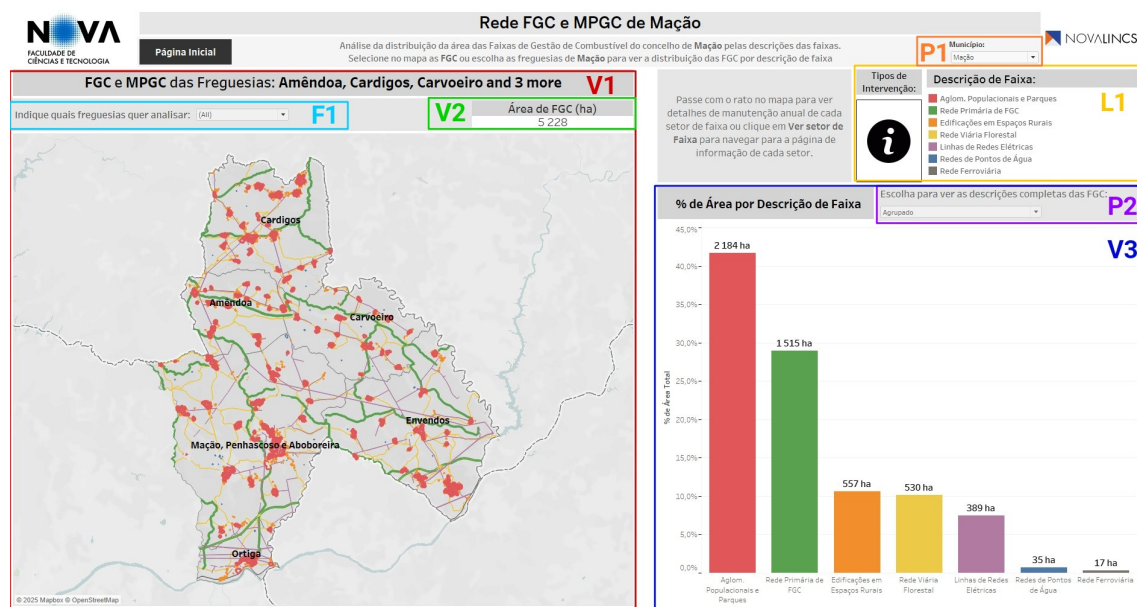


Figura 6.9: *Dashboard* para a análise da Rede FGC e MPGC do concelho de Mação.

O *dashboard* 6.9 possibilita a análise da distribuição da área das Faixas de Gestão de Combustível dos vários concelhos pelas descrições das faixas. Esta dispõe de 3 visualizações, 1 filtro, 2 parâmetros e 1 legenda. A visualização V1 é um mapa que mostra as Faixas de Gestão de Combustível coloridas pela descrição das faixas, cuja legenda está disposta em L1. A visualização V3 é um gráfico de barras que apresenta a distribuição da área das faixas pelas descrições das faixas, dispostas em percentagem e em hectares. A visualização V2 é um indicador que mostra a área total de faixa selecionada.

6.2.2.1 Interações e filtros

Neste *dashboard* o utilizador pode selecionar as faixas no mapa para visualizar os seus valores associados no gráfico de barras e, também, selecionar a descrição de faixa no

gráfico de barras para filtrar as faixas no mapa. O parâmetro P1 permite ao utilizador escolher entre os diferentes concelhos disponíveis.

Ao utilizar o filtro F1, o utilizador pode seleccionar as freguesias que pretende analisar, atualizando as visualizações V1 e V3. É de notar que qualquer seleção ou filtro nestas visualizações atualiza o indicador V2 para mostrar a área total das faixas selecionadas. Adicionalmente, pode usar o parâmetro P2 para mudar a disposição do gráfico de barras e visualizar como as descrições das faixas estão agrupadas, ao apresentar as descrições originais que compõem cada descrição agrupada, em vez da descrição agrupada.

Para responder à questão Q4., este *dashboard* apresenta *tooltips* no mapa presente na visualização V1, que mostram informação adicional ao posicionar o cursor sobre as geometrias das faixas. Estas *tooltips* exibem todos os atributos da faixa, juntamente com uma visualização simples do plano de intervenção para essa secção de faixa, conforme exemplificado na figura 6.10. Esta visualização consiste numa tabela que lista os códigos dos tipos de intervenção, juntamente com as respetivas designações, quando existentes, para os anos de 2020 a 2030. Para visualizar todas as designações dos códigos de tipo de intervenção, o utilizador pode posicionar o cursor sobre o ícone de informação da legenda L1.



Figura 6.10: *Tooltip* para a análise dos planos anuais de uma geometria de FGC.

Caso o utilizador pretenda analisar os planos anuais de uma faixa inteira e não apenas de uma secção de faixa, o utilizador consegue seleccionar a hiperligação presente nesta *tooltip* (“Ver Faixa”) que o redireciona para o *dashboard* 6.11.

O *dashboard* da figura 6.11 permite a análise de como uma Faixa de Gestão de Combustível é dividida nas suas secções, bem como os planos de intervenção anual correspondentes a cada secção. O *dashboard* é composto por 4 visualizações e 1 legenda. A visualização V1 é um mapa que apresenta as secções da faixa que foi escolhida na *dashboard* anterior, coloridas pela sua descrição. A visualização V2 é uma tabela de dupla entrada que mostra o ID da secção da faixa, o ID da sua geometria, o seu responsável e o tipo de intervenção

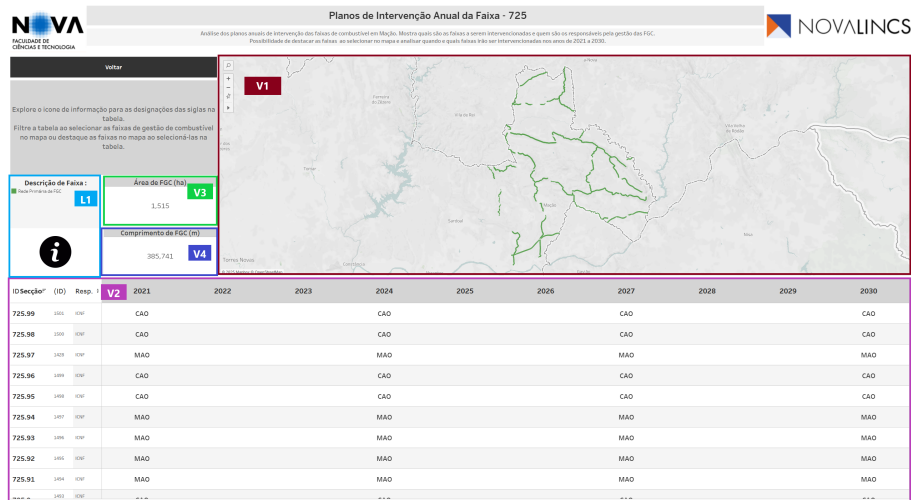


Figura 6.11: *Dashboard* para a análise dos planos anuais da faixa 725 de Mação.

a realizar nessa secção nos anos de 2021 a 2030. As visualizações V3 e V4 exibem, respetivamente, a área e o comprimento das secções da faixa seleccionadas. A legenda L1 mostra a descrição das secções da faixa e, se o utilizador posicionar o cursor sobre o ícone de informação, poderá observar as designações dos códigos de tipo de intervenção.

Este *dashboard* recorre a interações entre as visualizações para que o utilizador possa identificar as secções da faixa que pretende analisar. Ao posicionar o cursor sobre as secções na tabela da visualização V2, irá mostrar em destaque a secção correspondente no mapa, e ao seleccionar uma ou várias secções no mapa, a tabela será filtrada para mostrar apenas as secções seleccionadas. É de notar que qualquer seleção ou filtro nestas visualizações atualiza as visualizações V3 e V4 para apresentar a área e comprimento das secções seleccionadas.

O utilizador pode ainda passar com o cursor sobre as células da visualização V2 para consultar informação adicional sobre a intervenção a realizar na secção da faixa, em anos específicos, tal como qual o tipo de intervenção, o meio de execução, a fase do projeto e o meio de financiamento.

6.3 Análise da Rede Viária Florestal

Esta secção descreve os *dashboards* desenvolvidos para a análise da Rede Viária Florestal. Os *dashboards* foram concebidos para responder às questões analíticas Q4, Q5, Q6 e Q7, definidas da secção 4.1.

6.3.1 Rede Viária Florestal

De forma a responder à questão Q4, “Onde são localizadas as vias da Rede Viária de Mação e quais são as suas características (o tipo de piso, acesso, se tem saída)?”, e a questão Q5, “Que tipo de vias são as mais prevalentes no concelho e como é que o comprimento

destas vias é distribuído pelas suas classes?”, foi desenvolvido o *dashboard* apresentado na figura 6.12.

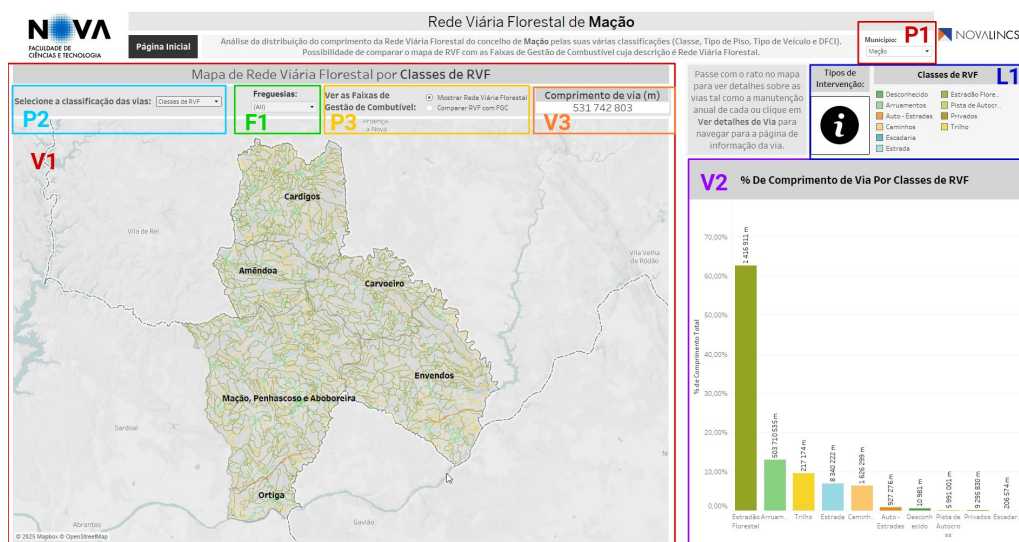


Figura 6.12: *Dashboard* para a análise da Rede Viária Florestal do concelho de Mação.

Este *dashboard* segue princípios de desenho similares ao apresentado na subsecção 6.2.2, possibilitando a análise da Rede Viária Florestal dos concelhos disponíveis. Dispõe de 3 visualizações, 1 filtro, 3 parâmetros e 1 legenda. A visualização V1 é um mapa que mostra a localização das vias, coloridas pela classificação escolhida, cuja legenda está disposta em L1. A visualização V2 é um gráfico de barras que apresenta a distribuição da percentagem do comprimento total das vias pela classificação selecionada. A visualização V3 indica o comprimento total das vias selecionadas.

6.3.1.1 Interações e filtros

Semelhantemente ao *dashboard* de análise das faixas, o parâmetro P1 permite selecionar o concelho a analisar, possibilitando a análise da Rede Viária Florestal em diferentes territórios. Ao selecionar uma área no mapa, as visualizações V2 e V3 serão atualizadas para refletir apenas as vias dentro da área selecionada. Ao selecionar uma barra em V2, o mapa irá ser filtrado para mostrar apenas as vias correspondentes à classificação selecionada. Com o filtro F1, o utilizador pode filtrar as diferentes freguesias, dependendo do concelho selecionado. Com o parâmetro P2 é possível escolher entre as várias classificações disponíveis para as vias, incluídas a partir dos atributos categóricos das vias (Classe de RVF, Tipo de Piso, Tipo de Veículo e DFCI). Ao selecionar uma classificação, as cores da legenda e das diferentes visualizações serão atualizadas para refletir a nova seleção.

Para responder à questão Q6, “Quais vias, pertencentes à rede viária, são relevantes para o plano de gestão de faixas de combustível?”, foi incorporado o parâmetro P3, que apresenta um mapa adicional no qual se apresentam todas as vias a cinzento e as FGC com descrição “Rede Viária Florestal” destacadas a vermelho, conforme evidenciado na Figura 6.13.

6.3. ANÁLISE DA REDE VIÁRIA FLORESTAL

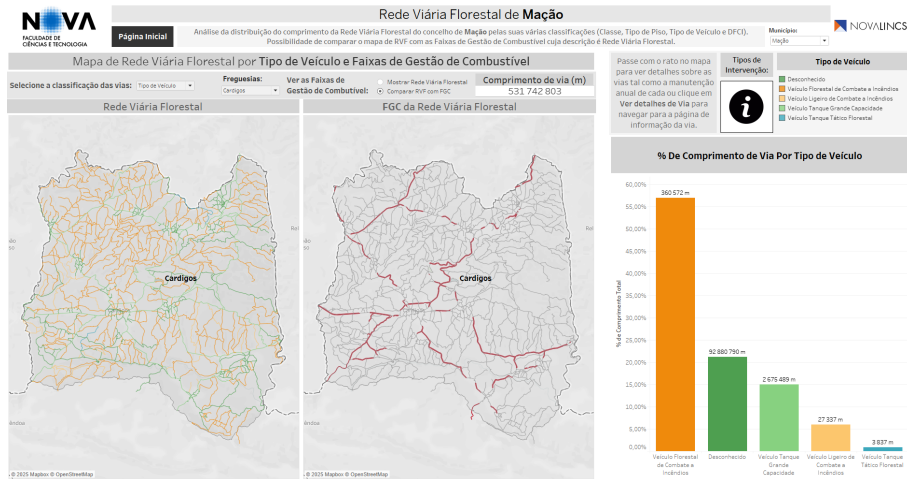


Figura 6.13: Comparação entre a Rede Viária Florestal e faixas cuja descrição é "Rede Viária Florestal" na freguesia de Cardigos.

De forma a responder à questão Q7, “Quais são os planos de intervenção do concelho para cumprir a manutenção de cada via da Rede Viária?”, também como apresentado na secção 6.2.2, o mapa das vias dispõe *tooltips* ao passar com o cursor pelas diferentes vias Florestais. Estas *tooltips* mostram todos os atributos dessa via específica, categorizados por identificação de via, as suas dimensões e as suas características de acesso, como ilustrado na figura 6.14.

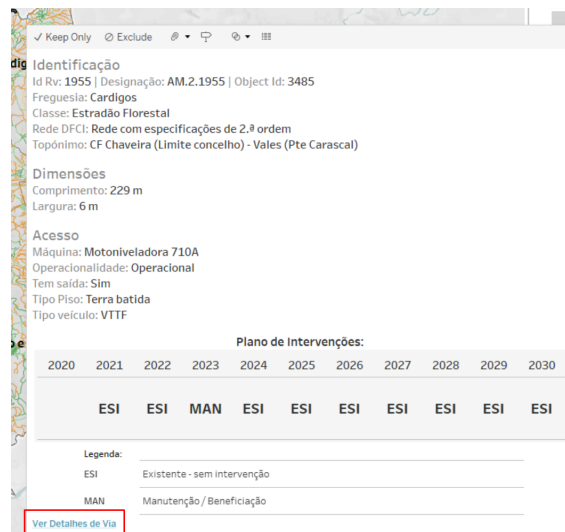


Figura 6.14: *Tooltip* com os atributos e planos de intervenção de uma via.

São também apresentados os planos de intervenção associados a cada via, permitindo uma análise das ações a serem realizadas de 2020 a 2030. Se o utilizador pretender visualizar a composição da via inteira e não apenas de uma secção, pode seleccionar em “Ver Detalhes de Via” presente na *tooltip*, que o redireciona para o *dashboard* da figura 6.15.

Este *dashboard* permite a análise dos planos de intervenção anual de todas as geometrias de uma via florestal. Contém 3 visualizações, 1 parâmetro e 1 legenda. A visualização

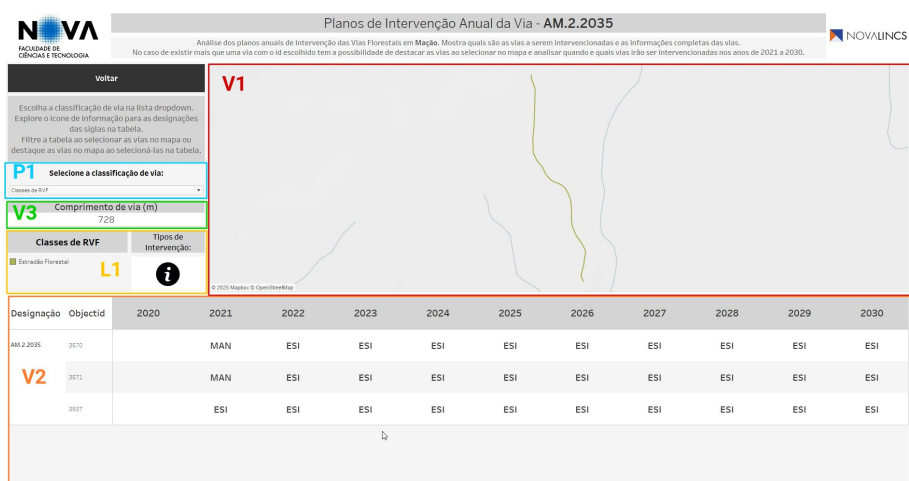


Figura 6.15: *Dashboard* para a análise dos planos anuais da via AM.2.2035

V1 é um mapa que mostra a localização das secções da via, coloridas pela classificação escolhida, cuja legenda está disposta em L1. A classificação da via pode ser alterada através do parâmetro P1, que permite ao utilizador escolher entre as classificações disponíveis. A visualização V2 é uma tabela de dupla entrada que mostra os planos de intervenção de todas as geometrias da via, de 2020 a 2030. A visualização V3 apresenta o comprimento das geometrias selecionadas.

Ao posicionar o cursor sobre as linhas da tabela cruzada, destaca a secção correspondente no mapa, e ao selecionar uma ou várias secções no mapa, a tabela será filtrada para mostrar apenas as geometrias selecionadas. O comprimento de vias dispostas em V3 é atualizado para refletir a seleção atual. O utilizador pode ainda passar com o cursor sobre as células da visualização V2 para consultar informação adicional sobre a intervenção a realizar na via, em anos específicos, tal como qual foi o tipo de intervenção, o meio de execução, a fase do projeto e o meio de financiamento.

6.4 Análise da Rede de Pontos de Água

Esta secção descreve o *dashboard* desenvolvido para a análise da Rede de Pontos de Água (RPA). Este *dashboard* permite visualizar a localização dos pontos de água, as suas características e os planos de intervenção associados a estes pontos. Foi desenvolvido para responder às questões analíticas Q8, Q9 e Q10, definidas na secção 4.1.

6.4.1 Rede de Pontos de Água

De forma a responder à questão Q8, “Onde estão localizados os pontos de água do concelho de Mação e quais são as suas características?”, foi desenvolvido o *dashboard* apresentado na figura 6.16.

Este *dashboard* dispõe de 2 visualizações, 2 legendas, 1 parâmetro e 1 *highlighter*. A visualização V1 consiste num mapa que apresenta a localização dos pontos de água,

6.4. ANÁLISE DA REDE DE PONTOS DE ÁGUA

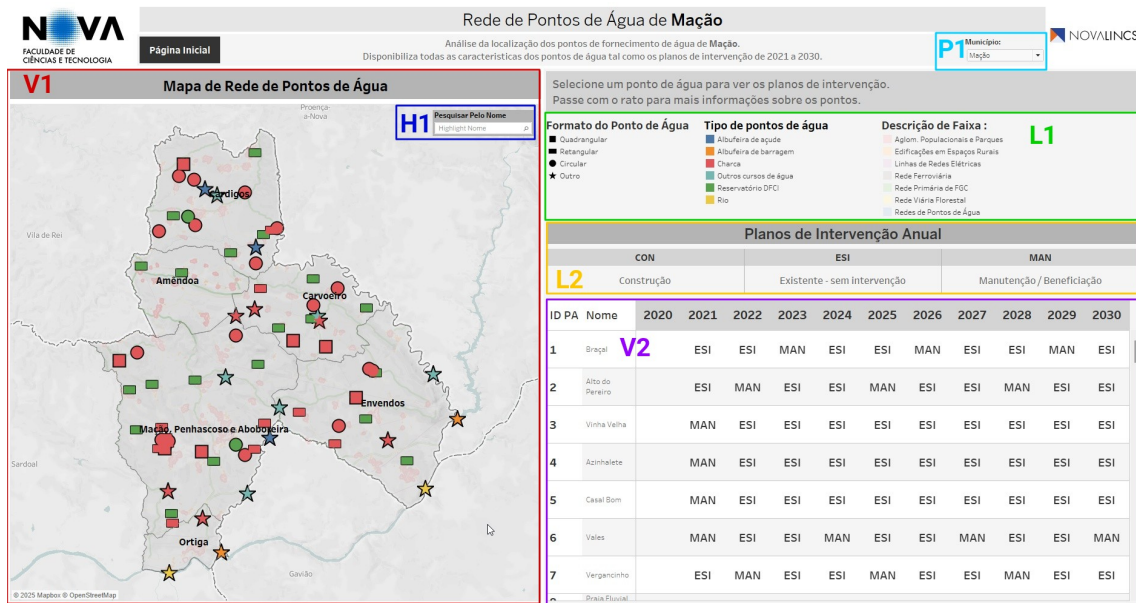


Figura 6.16: Dashboard para a análise da Rede de Pontos de Água do concelho de Mação.

coloridos de acordo com o seu tipo e com o formato do símbolo a variar consoante a forma do ponto de água: circular, quadrangular, retangular ou outra. As legendas do tipo e do formato do ponto de água situam-se na legenda L1.

No mapa de fundo da visualização V1, estão apresentadas as Faixas de Gestão de Combustível com uma opacidade reduzida de forma a não interferir com a visualização dos pontos de água. Estas faixas são coloridas de acordo com a sua descrição e permitem ter um contexto adicional sobre a gestão de combustível nas áreas circundantes aos pontos de água. Desta forma, é possível perceber a proximidade dos pontos de água às faixas e permite responder à questão Q9, “Qual é a proximidade dos pontos de água às faixas de gestão de combustível?”.

A visualização V2 é uma tabela de dupla entrada com o ID e Nome do ponto de água nas linhas e os anos de 2020 a 2030 nas colunas. Esta tabela permite visualizar os planos de intervenção associados a cada ponto de água ao longo destes anos, incluindo informações sobre o código do tipo de intervenção a realizar cuja designação é apresentada na legenda L2. Desta forma, é possível analisar os planos de intervenção associados a cada ponto de água e responder à questão Q10, “Quais são os planos de intervenção do concelho para cumprir a manutenção dos pontos de água?”.

6.4.1.1 Interações e filtros

O *dashboard* permite interações e filtros que facilitam a análise dos dados dos pontos de água. No parâmetro P1, o utilizador pode seleccionar o concelho a analisar, dentro dos disponíveis. O utilizador pode seleccionar pontos de água no mapa, cuja linhas correspondentes na tabela V2 são automaticamente filtradas. Por outro lado, ao seleccionar uma

linha na tabela V2, o mapa é atualizado para destacar o ponto de água correspondente.

Perante a fase de avaliação deste *dashboard* foi identificado que, apesar dos pontos de água estarem listados na tabela V2 ordenados pelo seu *ID*, a ordem não é completamente intuitiva para os utilizadores que querem pesquisar pelo nome do ponto de água. Para melhorar a usabilidade da tabela, foi implementado o *highlighter* H1, que permite destacar o ponto de água correspondente ao nome pesquisado, tanto no mapa como na tabela. Esta funcionalidade apresenta-se ilustrada na figura 6.17.

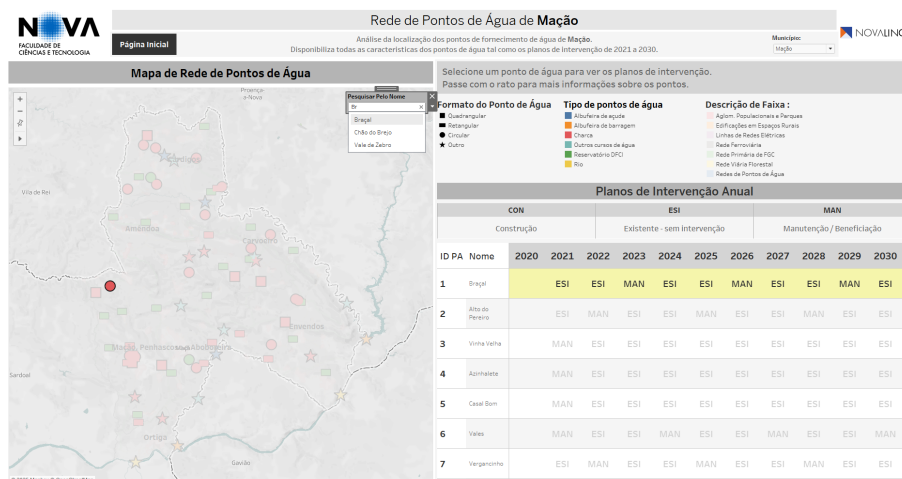


Figura 6.17: *Highlight* ao Ponto de Água "Braçal".

Este *dashboard* também inclui uma funcionalidade de *tooltip* ao passar com o cursor sobre os pontos de água no mapa, apresentada na figura 6.18. Estas *tooltips* mostram todos os atributos do ponto de água, incluindo o seu *ID*, nome, tipo, formato, dimensões, entre outros.

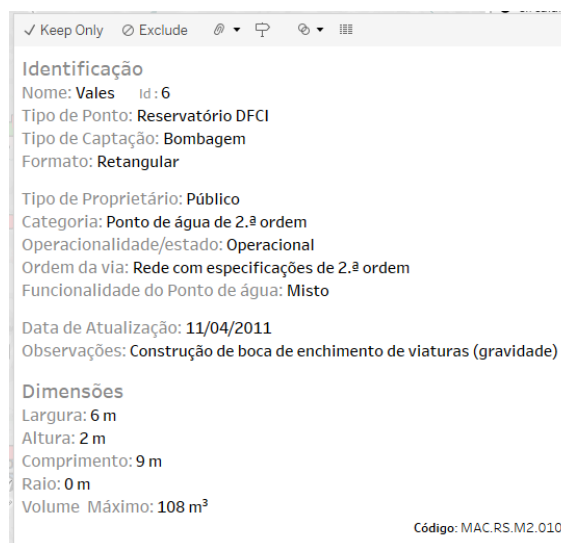


Figura 6.18: *Tooltip* para a análise dos atributos de um Ponto de Água.

6.5 Análise do Estado da Cobertura Vegetal nas Faixas de Gestão de Combustível

Os índices de vegetação são métricas importantes para avaliar a saúde e a densidade da vegetação nas FGC. Estes índices são calculados a partir de imagens de satélite e fornecem informações sobre a cobertura vegetal, a água e o solo.

Os dados apresentados nesta secção foram fornecidos pelos vários colaboradores pertencentes ao projeto Floresta Limpa. São constituídos por dados espaciais em formato de *shapefile* de segmentos das Faixas de Gestão de Combustível, com os respetivos índices de vegetação calculados a partir das várias bandas espectrais em formato *csv*.

Estes segmentos das faixas foram gerados, a partir dos dados originais, através de vários cortes às geometrias das faixas de forma a permitir uma análise mais detalhada, ou seja, numa área de superfície menor, dos índices de vegetação. Estes segmentos foram depois agrupados em várias camadas ou *layers*, dependendo das suas características gerais, como aglomerados, edificações, transportes, linhas elétricas, entre outros.

Esta camada de segmentos de Transportes assume uma importância especial, uma vez que nela foram adicionados *buffers* exteriores aos segmentos de faixa. Esta implementação foi primeiro realizada na dissertação de Ricardo Afonso, como mencionado na secção 2.3, e permite uma comparação da cobertura vegetal dentro da faixa e na área adjacente a esta.

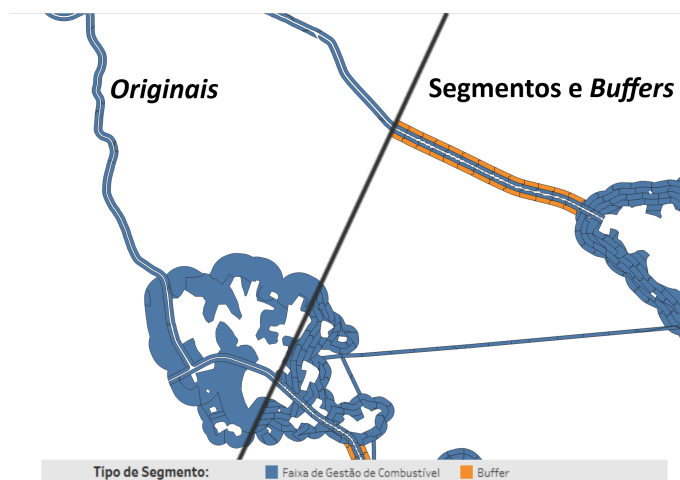


Figura 6.19: Geometrias de FGC originais vs Segmentos de FGC e *Buffers* gerados.

Assim, se for feito algum tipo de intervenção à faixa, a cobertura vegetal de dentro da faixa será claramente menor à cobertura vegetal da área adjacente. Cada segmento de faixa tem um *buffer* dedicado que permite uma análise ao nível do segmento. Na figura 6.19 é possível comparar os dados das faixas originais (lado esquerdo da figura) com os novos segmentos (lado direito da figura), tal como é possível observar os *buffers* exteriores aos segmentos de faixa de transportes (sinalizado a cor de laranja).

É importante referir que, ao contrário dos *dashboards* apresentados nas secções anteriores, que abrangem vários concelhos, os *dashboards* de análise dos índices de vegetação foram desenvolvidos apenas para o concelho de Mação. Embora o projeto *Floresta Limpa*

disponibilize também dados de outros concelhos, estes não foram incluídos no presente trabalho por uma questão de âmbito.

Esta secção apresenta os *dashboards* desenvolvidos para analisar os índices de vegetação das FGC, para responder às questões Q11-Q16. Será também discutida a implementação dos vários índices de vegetação, a disposição de instruções dos *dashboards* e exemplos de visualizações desenvolvidas que acabaram por não ser utilizadas.

6.5.1 Índices de Vegetação das FGC

Os índices de vegetação são métricas importantes para avaliar vários aspetos do terreno, como a saúde e a densidade da vegetação. Apesar de haver um maior foco no NDVI, que é um índice de vegetação amplamente utilizado, foram também implementados outros índices de vegetação. Como mencionado na secção 3.4.1, cada índice é calculado com base em diferentes formulas e bandas espectrais e, como resultado, os seus valores têm, naturalmente, significados diferentes.

Nas várias visualizações desenvolvidas, os valores contínuos dos índices de vegetação foram categorizados em classes. Este processo de categorização aumenta a perceptibilidade de padrões e torna os dados mais legíveis e interpretáveis.

Quando é apresentado valores e cores contínuas diretamente, as pequenas variações numéricas produzem mudanças subtis de cor que são difíceis de distinguir. Ao agrupar os valores em classes (que, por exemplo, podem indicar "vegetação densa", "vegetação moderada", "sem vegetação", entre outros), as marcas visuais foram simplificadas, e o utilizador, como consequência, irá identificar rapidamente áreas com comportamentos semelhantes.

Para cada um dos índices é atribuído uma paleta de cores específica, de acordo com o significado dos seus valores. Cada classe é categorizada a partir de um intervalo de valores que define os seus limites. Estes intervalos são também definidos com base em critérios específicos para cada índice. Estas classes são fixas, pois representam um significado específico para cada índice, e devem ser mantidas consistentes com os dados existentes. Se no caso de uma classe de índice não existir nos dados apresentados, esta simplesmente não será exibida na legenda.

De forma a permitir que o utilizador compreenda melhor a distribuição dos valores dos índices, das suas classes e das suas paletes de cores, todas as *dashboards* das próximas secções contêm um botão de navegação que mostra o *dashboard* presente na figura 6.20.

O NDVI mede a densidade e a saúde da vegetação. Valores próximos a 1 indicam uma grande presença de vegetação, enquanto valores próximos de zero sugerem áreas sem vegetação ou com vegetação escassa. Valores negativos indicam normalmente a presença de água. Utilizamos então uma paleta sequencial verde e azul para a água, e as classes com um intervalo de 0,2.

O IRECI é parecido ao NDVI, mede a concentração de clorofila nas folhas das plantas, tendo uma categorização semelhante. Também parecido com o NDVI, o NDI45 varia de

6.5. ANÁLISE DO ESTADO DA COBERTURA VEGETAL NAS FAIXAS DE GESTÃO DE COMBUSTÍVEL

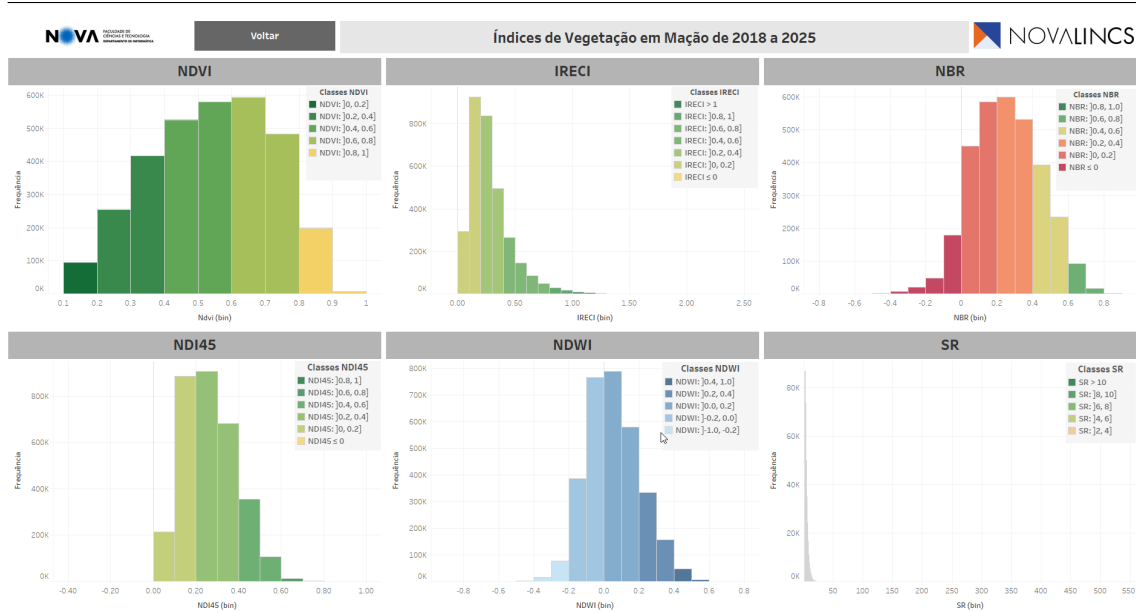


Figura 6.20: Distribuição dos Índices de Vegetação e suas classes.

-1 a 1, mas é mais sensível do que o NDVI em valores mais elevados.

O **NBR** identifica áreas e vegetação queimada. Varia de -1 a 1 , valores negativos indicam áreas queimadas; $0,4 - 0,8$ indicam vegetação em recuperação; $0,8 - 1,0$ representam uma vegetação saudável. É utilizado uma paleta divergente, verde para valores altos e vermelha para valores baixos, com um intervalo de $0,2$ para as suas categorias.

O **NDWI** é utilizado para identificar corpos de água e estimar a quantidade de água presente na vegetação. Varia de -1 a 1 . Valores positivos > 1 identificam água; $0 - 0,2$ indicam superfícies húmidas; negativos refletem terreno seco ou vegetação. As suas classes são definidas com base em intervalos de $0,2$, e com uma paleta sequencial azul, ou seja, azul escuro para corpos de água aberta e azul-claro para áreas mais secas.

Por último, o **SR** mede a quantidade de vegetação presente numa área. Ao contrário do NDVI, varia entre 0 e infinito, valores perto de 0 indicam pouca ou nenhuma vegetação, entre $2 - 4$ indica vegetação moderada, acima de 4 indica folhagem densa e saudável. Também é utilizado uma paleta sequencial verde, onde valores mais baixos são representados a castanho e valores mais altos a verde-escuro, mas os intervalos são de 2 em 2 .

Para os índices NDVI, IRECI e NDI45, foram então definidas 6 classes com base em intervalos de $0,2$ de 0 a 1 .

6.5.2 Evolução temporal dos Índices de Vegetação

De forma a responder à questão **Q11**, "Como variam os índices de vegetação (NDVI, IRECI, etc.) nas FGC ao longo do tempo?", foi criado o *dashboard* apresentado na figura 6.21.

Este *dashboard* permite analisar a evolução dos índices de vegetação ao longo do tempo,

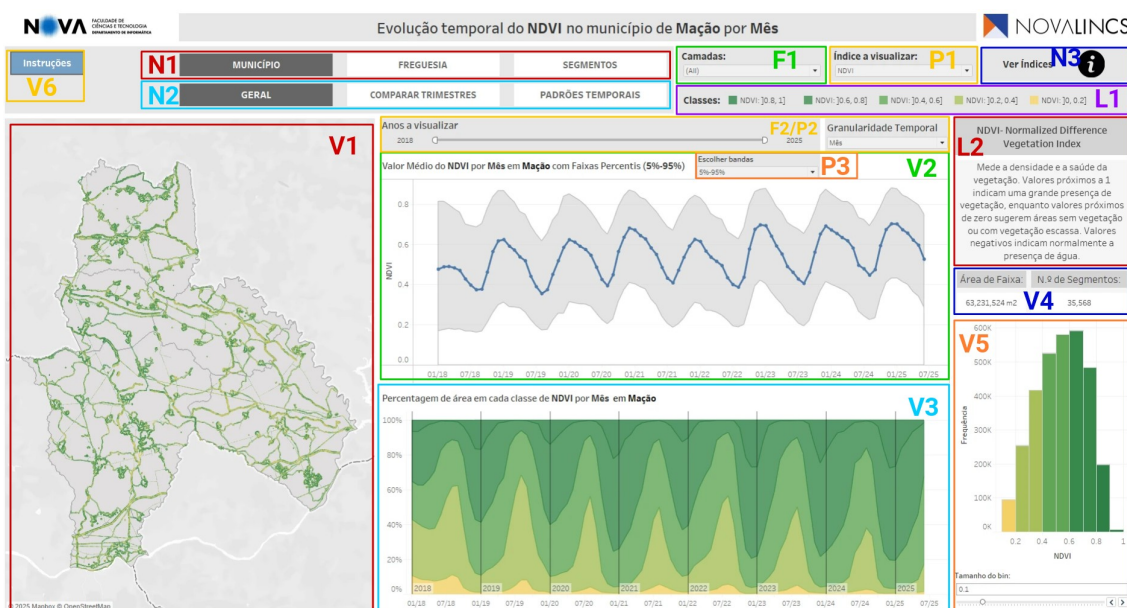


Figura 6.21: *Dashboard* para a análise da Evolução temporal dos Índices de Vegetação.

com uma visão geral ao nível do concelho. Contém 6 visualizações, 2 filtros, 3 parâmetros, 2 legendas e os botões de navegação entre os *dashboards*.

No cabeçalho deste *dashboard* encontram-se os botões de navegação, como explicado na secção 6.1, que permitem navegar entre os diferentes *dashboards*. Em N1 localizam-se os botões para mudar a granularidade espacial da análise, entre os níveis de concelho, de freguesia e de segmentos. Em N2 estão os botões para navegar entre as várias perspetivas de análise, como a evolução temporal, comparação trimestral e de padrões temporais. No símbolo de informação, em N3, é possível aceder ao *dashboard* que contém todos os índices disponíveis, com as suas categorias e distribuições, demonstrado na secção 6.5.1.

A figura 6.22 apresenta, como exemplo, a versão deste *dashboard* ao nível de freguesia. Todos os *dashboards* com nível de detalhe ao nível da freguesia incluem um parâmetro adicional que permite a seleção da freguesia a analisar.

A visualização V1 apresenta um mapa de Mação com os segmentos de Faixas de Gestão de Combustível, coloridas pela classificação da média do índice de vegetação selecionado, cuja legenda é apresentada em L1. Na legenda L2 encontram-se breves descrições do índice de vegetação selecionado, incluindo o seu significado e a interpretação dos seus valores. Foi adicionado para que os utilizadores possam compreender melhor todos os dados apresentados e a sua relevância.

De forma a responder à questão Q12., "Existem tendências sazonais na evolução da cobertura vegetal ao longo dos anos?", foram adicionados as visualizações V2 e V3, que mostram a evolução do índice de vegetação ao longo dos meses.

Mais especificamente, a visualização V2 apresenta um gráfico de linhas com a média do índice de vegetação por mês. Os picos e vales no gráfico indicam padrões sazonais,

6.5. ANÁLISE DO ESTADO DA COBERTURA VEGETAL NAS FAIXAS DE GESTÃO DE COMBUSTÍVEL

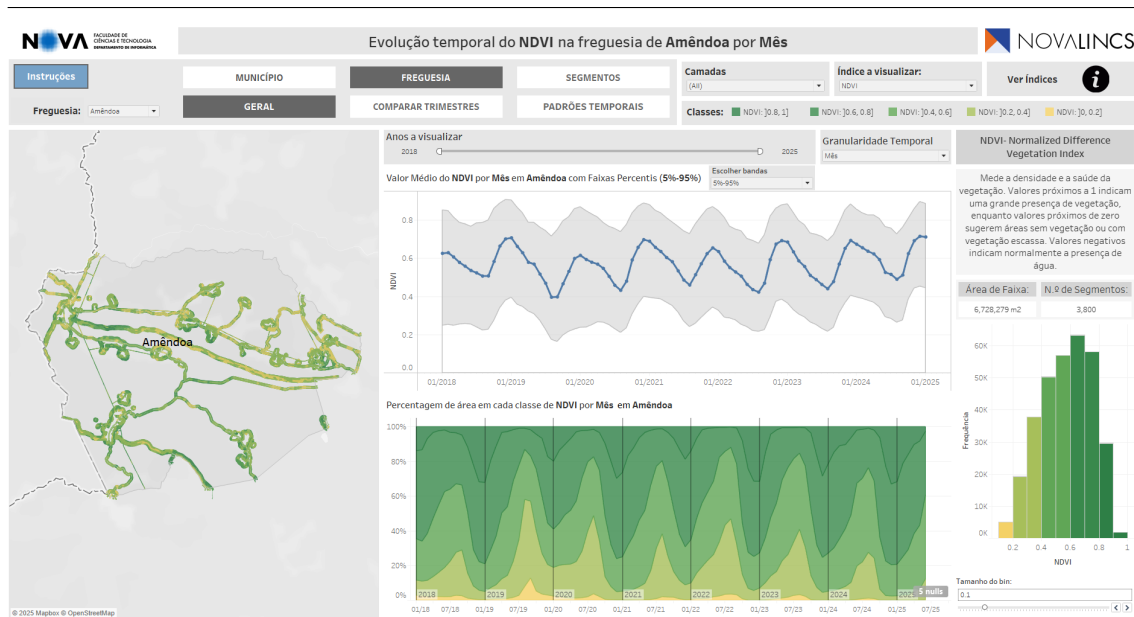


Figura 6.22: Análise da Evolução Temporal dos Índices de Vegetação na Freguesia de Amêndoa.

como o aumento da vegetação em Janeiro/Dezembro e a diminuição em Agosto. Uma subida ou descida geral da linha de base ao longo dos anos revela uma tendência de longo prazo. A área cinzenta representa a faixa entre o percentil 5% (limite inferior) e o percentil 95% (limite superior). Quanto mais estreita for a área cinzenta, menos variação existe nos dados, indicando uma maior estabilidade e consistência nos valores do índice.

A visualização V3 apresenta um gráfico de área *stacked* com a percentagem de área de faixa em cada classe de NDVI. Demonstra a proporção da área total ocupada por cada classe de índice e torna claro a redistribuição dos valores nas diferentes classes. Com esta visualização é possível responder à questão **Q13**, "Existe alguma tendência no comportamento da vegetação associada a determinadas descrições de faixas?".

As visualizações em V4 são indicadores que mostram a área total de faixa e o número de segmentos selecionados. De forma a visualizar a distribuição dos valores do índice, em V5 é apresentado um histograma com a distribuição dos valores do índice de vegetação selecionado, com as cores correspondentes a cada classe do índice. Demonstra a frequência dos diferentes valores do índice dentro de cada classe e complementa as visualizações anteriores.

Os *dashboards* pertencentes aos temas anteriores continuam breves instruções de utilização nos seus cabeçalhos. Devido à complexidade dos *dashboards* dos índices de vegetação, houve uma necessidade de adicionar um *overlay* de instruções, que fornece orientações mais detalhadas sobre como utilizar as diferentes visualizações disponíveis e interagir com os dados. Estes *overlays* são visualizações acedidas a partir do botão V6 e a sua implementação irá ser detalhada na secção 6.5.6.

6.5.2.1 Interações e filtros

Este *dashboard* é altamente interativo e permite que os utilizadores explorem os dados de diferentes formas. É de notar que, ao mudar qualquer parâmetro relevante (como mudanças de granularidade temporal, de índice ou das bandas dos percentis), os títulos das visualizações são automaticamente alterados para refletir a nova seleção.

Em foco está o parâmetro de escolha do índice de vegetação (P1), que permite ao utilizador escolher entre os vários índices disponíveis, NDVI, NDI45, IRECI, NBR, NDWI e SR. A escolha do índice de vegetação afeta as classes demonstradas, as suas cores (presentes na legenda L1) e os valores apresentados nas visualizações de séries temporais e no histograma. Ao escolher um índice, a legenda L2 também é atualizada com a descrição do índice selecionado. Na figura 6.23 é possível observar o *dashboard* com o índice NDWI selecionado, com as suas classes e cores correspondentes.

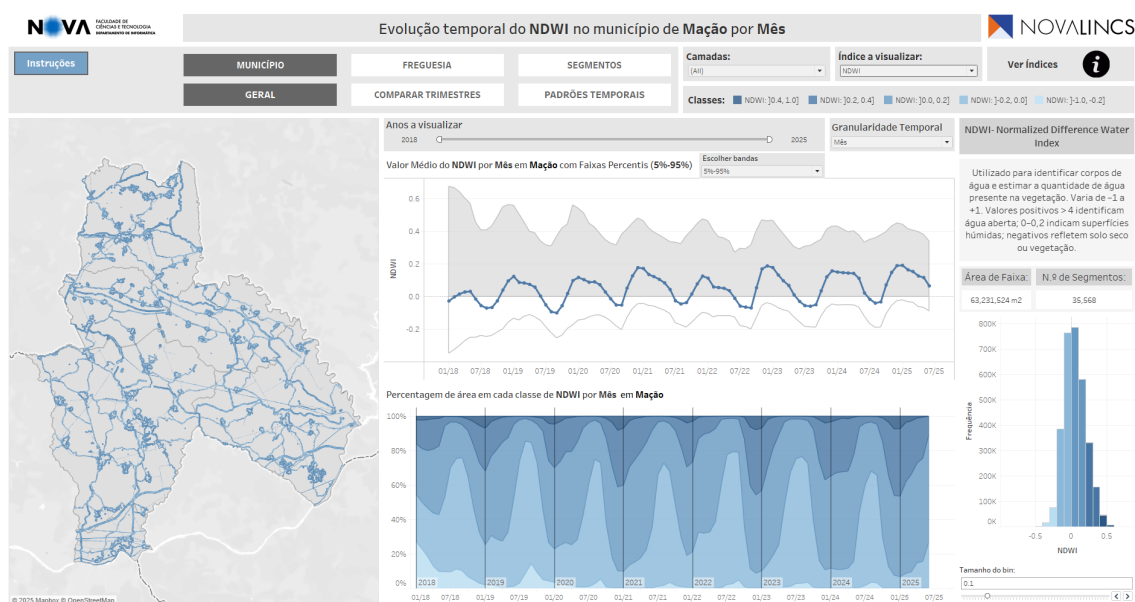


Figura 6.23: *Dashboard* para a Análise da Evolução Temporal do Índice de Vegetação NDWI.

Em F1 é possível filtrar os dados representados nas diferentes camadas de segmentos, nomeadamente: Aglomerados, Edificações, Linhas Elétricas, Pontos de Água, Rede Primária, Transportes (apenas FGC) e Transportes (apenas Buffers). Ao selecionar áreas de segmentos no mapa, todas as visualizações são atualizadas para refletir apenas os dados dos segmentos escolhidos.

Para garantir um controlo temporal nas visualizações é possível utilizar o filtro F2, que permite ao utilizador selecionar um intervalo de anos específico para análise, e o parâmetro de escolha de granularidade temporal P2. Este parâmetro disponibiliza ao utilizador a possibilidade de selecionar diferentes granularidades temporais nas visualizações V2 e V3, optando entre a análise mensal, a predefinida e a mais detalhada, ou uma análise anual dos dados. A visualização V2 apresenta ainda um controlo adicional, através do

6.5. ANÁLISE DO ESTADO DA COBERTURA VEGETAL NAS FAIXAS DE GESTÃO DE COMBUSTÍVEL

parâmetro P3 de escolha de percentis dos diferentes dados, de 5% a 95% ou de 25% a 75%, que alteram as bandas inferiores e superiores da visualização.

A legenda das categorias dos índices de vegetação em L1 destaca as cores das classes selecionadas no mapa, na visualização de *stacked area* e no histograma. É possível selecionar qualquer data na série temporal em V2 de forma a filtrar os dados pelo mês ou ano selecionado. Por outro lado a *stacked area* em V3 permite filtrar por mês ou ano selecionado e ainda destaca a classe de índice de vegetação selecionada nas outras visualizações.

O histograma em V5 permite ao utilizador filtrar os dados no mapa V1, séries temporais V2 e V3, pelo *bin* do índice selecionado. Este *bin* tem como predefinição um valor de 0,1, mas pode ser ajustado pelo utilizador. Por último, é importante notar que a área e o número de segmentos de faixa em V4 são sempre atualizados conforme os filtros aplicados e os dados demonstrados nas visualizações.

6.5.3 Comparação Trimestral dos Índices de Vegetação

De forma a responder à questão Q14, "Qual é a diferença da cobertura de vegetação entre os diferentes trimestres?", foi desenvolvido o *dashboard* apresentado na figura 6.24.

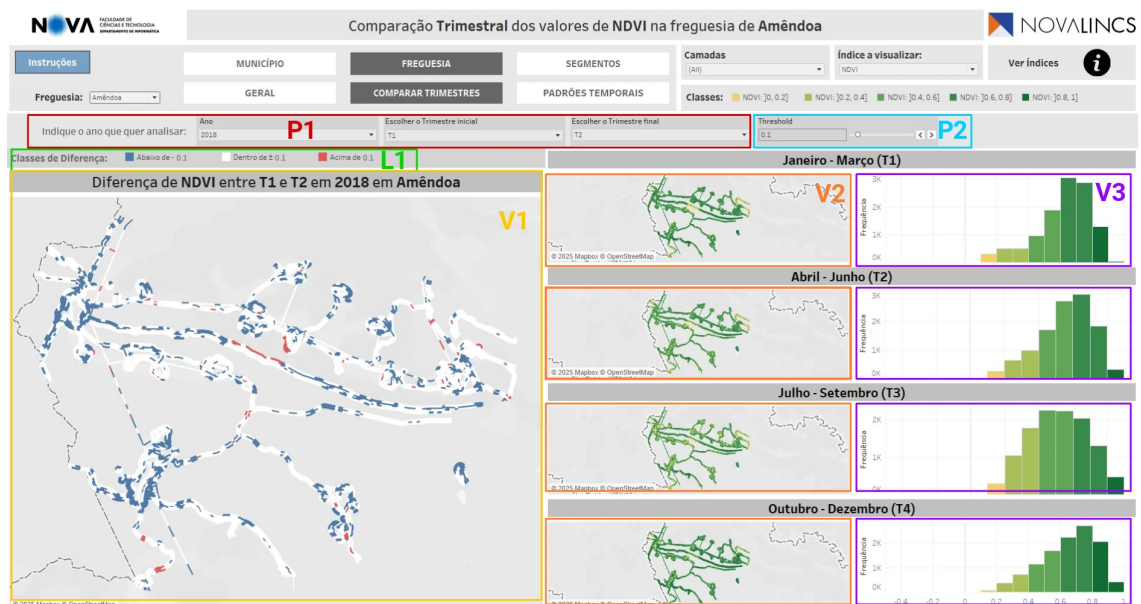


Figura 6.24: *Dashboard* para Comparação Trimestral dos Índices de Vegetação na Freguesia de Amêndoa.

O *dashboard* 6.24 permite a comparação dos índices de vegetação entre os diferentes trimestres. Para além dos aspetos de navegação, instruções, seleção de índice e filtragem de camadas de segmentos mencionados na secção 6.5.2, esta análise consiste na comparação das distribuições dos valores do índice de vegetação selecionado entre os trimestres, complementada pela visualização das diferenças dos valores entre dois trimestres selecionados.

O mapa na visualização V1 é o foco principal desta análise, permite visualizar os segmentos de faixas coloridos a partir da diferença dos valores do índice de vegetação entre dois trimestres. Estas cores apresentam-se na legenda L1 e são definidas a partir de um *threshold* que determina os intervalos pelos quais os valores são categorizados. Por exemplo, se o *threshold* for 0, 1, os valores abaixo de -0, 1 têm uma cor azul, valores entre -0, 1 e 0, 1 têm uma cor branca, e valores acima de 0, 1 têm uma cor vermelha.

Esta categorização permite identificar facilmente as áreas onde houve um aumento ou diminuição significativa do índice de vegetação entre os trimestres selecionados. Por exemplo, na análise do NDVI com um trimestre inicial de T1 e um trimestre final de T2, uma cor vermelha indica um aumento significativo do índice de vegetação, enquanto uma cor azul indica uma diminuição significativa e uma cor branca indica que não houve uma alteração suficiente nos valores.

As visualizações V2 e V3 complementam a análise dos diferentes trimestres individuais. Em V2 estão os mapas dos segmentos coloridos com a classe da média do índice selecionado no trimestre específico. Em V3 são apresentados histogramas da distribuição do índice escolhido para cada trimestre, com as suas classes e cores correspondentes.

6.5.3.1 Interações e filtros

Neste *dashboard*, todos os mapas permitem a seleção de áreas de segmentos, que são automaticamente filtradas nas restantes visualizações. Estes mapas possuem *tooltips* nos segmentos que mostram os valores exatos nos trimestres selecionados, bem como a diferença entre eles. Os histogramas filtram os mapas e os restantes histogramas pelo valor do *bin* do índice escolhido. As legendas de cor destacam as classes dos índices de vegetação selecionados, a legenda L1 destaca as classes de diferença correspondentes.

Em P1 encontram-se todos os parâmetros de análise temporal, onde é possível selecionar o ano de análise para todas as visualizações e os parâmetros de controlo da classificação dos valores no mapa em V1. Estes parâmetros incluem a escolha dos trimestres a analisar, com o cálculo de trimestre final menos o trimestre inicial, e a escolha do *threshold* que define os intervalos.

6.5.4 Padrões Sazonais dos Índices de Vegetação

O *dashboard* de análise de Padrões Sazonais dos Índices de Vegetação, apresentada na figura 6.25, complementa a análise demonstrada na última secção de análise dos trimestres. É uma *interface* não trivial, mas que permite identificar combinações e cenários de deteção de padrões no comportamento dos índices de vegetação ao longo do tempo.

Este *dashboard* é constituído por 2 visualizações principais. Em V1 encontra-se um mapa de coordenadas paralelas, em que os eixos verticais representam os trimestres e as linhas um segmento de faixa. Estas linhas apresentam a evolução do valor do índice em cada trimestre, coloridas conforme a classe do índice escolhido.

6.5. ANÁLISE DO ESTADO DA COBERTURA VEGETAL NAS FAIXAS DE GESTÃO DE COMBUSTÍVEL

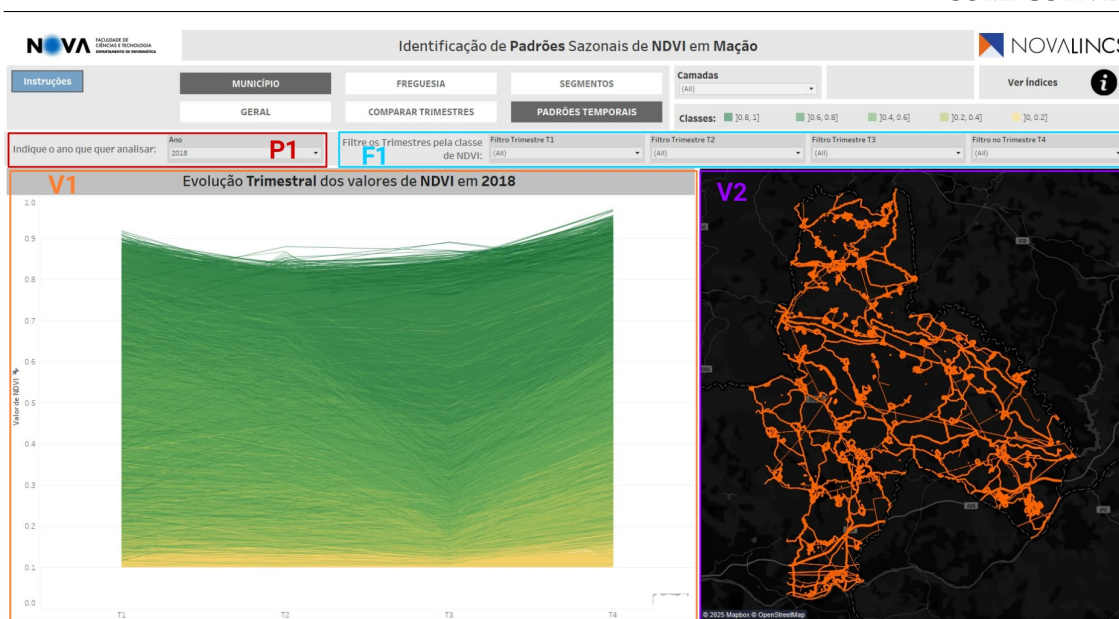


Figura 6.25: *Dashboard* para a análise dos Padrões Sazonais dos Índices de Vegetação.

Em V2 encontra-se um mapa dos segmentos de faixa, com um mapa de fundo escuro e as faixas com uma cor laranja fluorescente. Esta escolha de cores visa aumentar o contraste e destacar as faixas no mapa. Este destaque foi necessário pois as interações existentes entre as visualizações podem fazer com que existam poucas faixas visíveis no mapa e como estas são muito pequenas, o contraste é fundamental para a sua identificação.

6.5.4.1 Interações e filtros

O foco principal deste *dashboard* encontra-se nas interações da visualização V1. Nesta visualização de coordenadas paralelas, é possível selecionar um ou vários segmentos em cada trimestre, permitindo que o utilizador identifique apenas as faixas que apresentam um comportamento específico ao longo do tempo.

Por exemplo, de forma a identificar possíveis intervenções ou diminuições drásticas do coberto vegetal, o utilizador pode selecionar segmentos que apresentem um NDVI superior a 0,6 no primeiro trimestre e que diminuam para valores entre 0,1 e 0,3 no terceiro trimestre. A partir desta seleção, como exemplificado na figura 6.26, é possível observar a localização geográfica dos segmentos que tiveram este tipo de comportamento. A qualquer momento é ainda possível selecionar os segmentos no mapa para filtrar áreas de interesse.

No parâmetro P1 o utilizador consegue escolher o ano específico de análise, e em F1 estão localizados filtros predefinidos de intervalos de valores do índice para cada trimestre. Estes filtros são outra forma de filtrar os segmentos com base nos seus valores trimestrais.

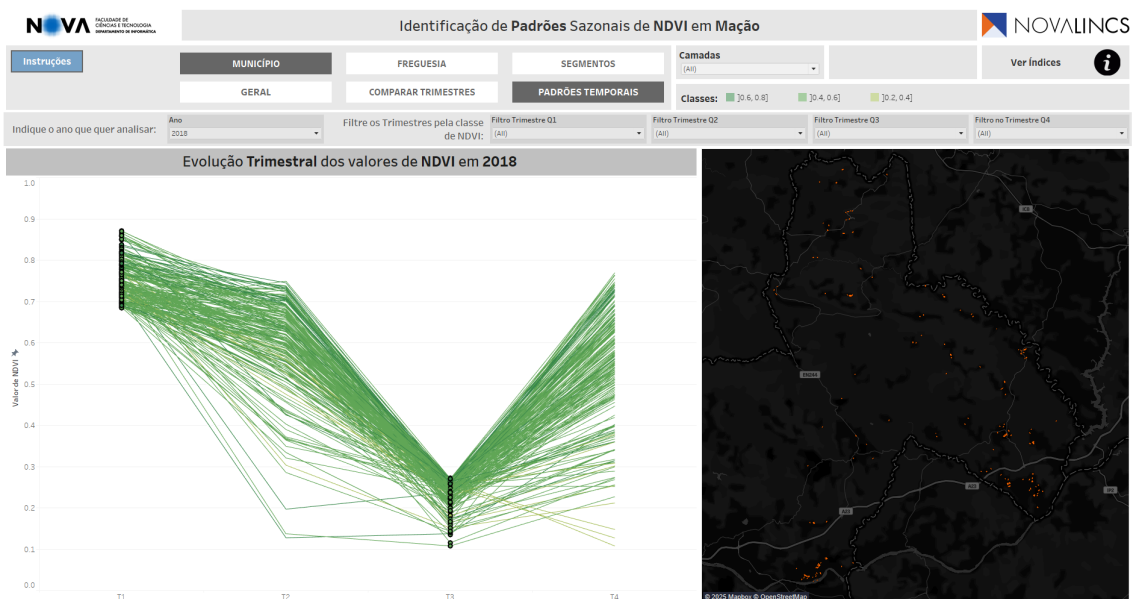


Figura 6.26: Seleção de segmentos com um comportamento específico.

6.5.5 Análise dos Índices nos Segmentos Individuais

De forma a analisar os índices de vegetação nos segmentos individuais, foi criado o *dashboard* apresentado na figura 6.27.

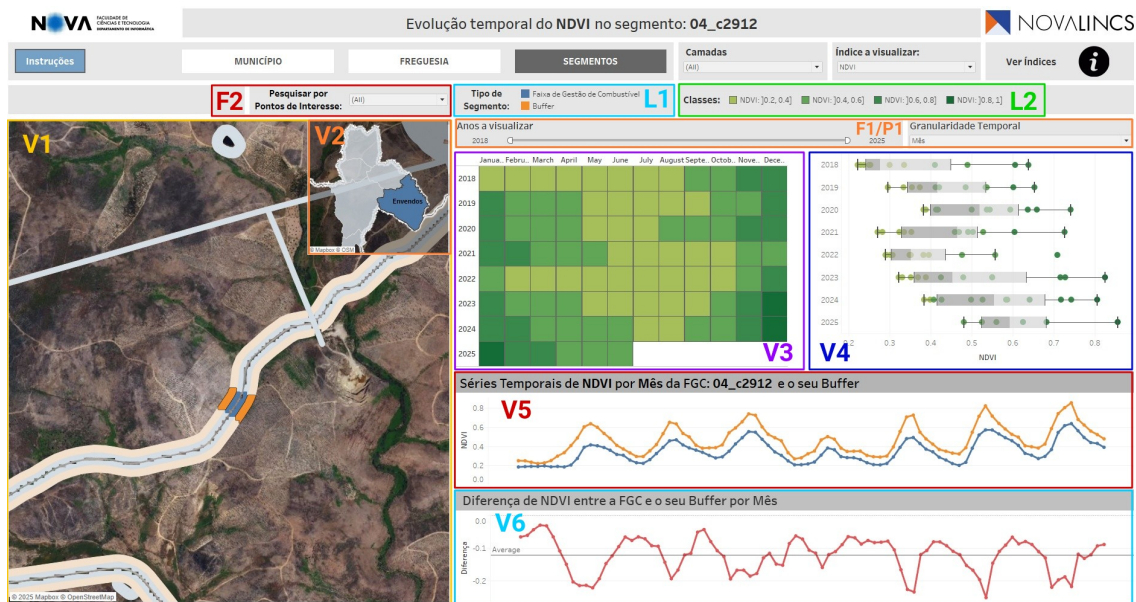


Figura 6.27: *Dashboard* para a análise dos Índices de Vegetação nos Segmentos.

Este *dashboard* permite ao utilizador explorar a evolução dos índices de vegetação com o maior detalhe possível, focando-se em segmentos específicos e nas suas características, tal como o seu *buffer* exterior (caso existente). Este *dashboard* permite a resposta à questão

Q15., "Existe alguma diferença relevante entre os valores dos índices obtidos nas faixas e nos *buffers*?" e à questão **Q16.**, "Em que períodos existe uma maior divergência entre a faixa e o *buffer*?".

Este *dashboard* contém um mapa de seleção de segmentos à esquerda (V1) que facilita a escolha de um ou vários segmentos no mesmo ecrã, e à direita apresenta os detalhes do segmento da faixa e do seu *buffer*, bem como a evolução do índice ao longo dos meses e anos. Este mapa contém os segmentos coloridos pelo seu tipo, ou seja, a azul se for um segmento de faixa normal e a laranja se for um segmento de *buffer*, como apresentado na legenda L1. Para o fundo deste mapa foi escolhido um estilo de satélite, que permite uma melhor visualização dos segmentos e do seu contexto geográfico.

A visualização V3 apresenta um *heatmap* das classes do índice escolhido. Nas suas colunas são apresentados os anos e nas linhas os meses, permitindo comparar os anos de forma rápida e mostrar as mudanças na intensidade de vegetação pela cor da classe. Permite condensar a série temporal num formato intuitivo. A legenda L2 apresenta as classes do índice selecionado, com as suas cores correspondentes.

Em V4 encontra-se uma visualização de *boxplots* por ano, onde cada ponto representa um mês e o seu valor correspondente do índice. Demonstra a distribuição anual dos valores do índice, os seus valores extremos, medianas e quartis. Permite também facilmente identificar diferenças dos valores entre os vários anos e detetar anomalias nos dados.

O gráfico da série temporal em V5 apresenta a evolução do índice de vegetação ao longo do tempo do segmento selecionado. Caso este segmento tenha um *buffer* associado, a evolução do índice é apresentada para ambos, permitindo uma comparação direta entre a faixa e o *buffer*. Tal como a legenda do mapa, as cores associadas a cada tipo de segmento estão apresentadas na legenda L1.

A visualização V6 só é demonstrada caso o segmento de faixa selecionado tenha um *buffer* associado. Apresenta a evolução da diferença do índice de vegetação entre a faixa e o *buffer* ao longo do tempo (Índice do *Buffer* - Índice da Faixa). Desta forma, é possível comparar de forma direta e analisar se a cobertura vegetal da faixa é maior ou menor do que a sua área adjacente. Apresenta também uma linha da média da diferença.

6.5.5.1 Interações e filtros

Este *dashboard* tem como base a seleção de segmentos no mapa, precisando sempre de um segmento selecionado para apresentar os detalhes correspondentes. A navegação e a interação com o mapa em V1 permite ao utilizador selecionar segmentos específicos, os quais ficam automaticamente destacados no mapa. Esta habilidade de navegação no mapa de segmentos é crucial, tem de ser responsiva e abranger as diferentes necessidades dos utilizadores, também deve deixar claro o contexto da seleção atual e as faixas envolventes.

Para complementar a navegação no mapa, a visualização V2 apresenta um mini-mapa do concelho, com as delimitações das diferentes freguesias. Ao selecionar um segmento no mapa V1, o mini-mapa V2 é atualizado para destacar a freguesia correspondente,

acrescentando o contexto geográfico sobre a freguesia do segmento selecionado. Além disto, o mini-mapa serve também de filtro, permitindo ao utilizador escolher e filtrar os segmentos no mapa V1 pelas freguesias selecionadas em V2.

Foi ainda implementado um mecanismo de pontos de interesse, como explicado na secção 5.5. Devido ao reduzido tamanho dos segmentos de faixa, foi necessário criar uma forma de o utilizador pesquisar no mapa por áreas de interesse, seja pontos turísticos, pontos de água, vias, entre outros. Esta pesquisa encontra-se no filtro F2, que demonstra uma lista de todos os pontos de interesse, incluindo a capacidade de pesquisa por nome. Ao seleccionar um ponto de interesse, o mapa V1 aumenta o seu nível de detalhe, permitindo uma análise mais aprofundada da área em questão.

De forma a complementar as visualizações, foram adicionados elementos de controlo temporal. O filtro F1 permite ao utilizador escolher o intervalo de anos a analisar em todas as visualizações e o parâmetro P1 permite ajustar a granularidade temporal das visualizações de séries temporais V5 e V6, do predefinido mensal para anual. O *heatmap* V3 permite filtrar as restantes visualizações pelo ano ou mês selecionados, ao clicar nas colunas, linhas ou células. Por outro lado, os *boxplots* em V4 filtram os dados por ano, mês ou ambos.

6.5.6 Instruções dos Dashboards

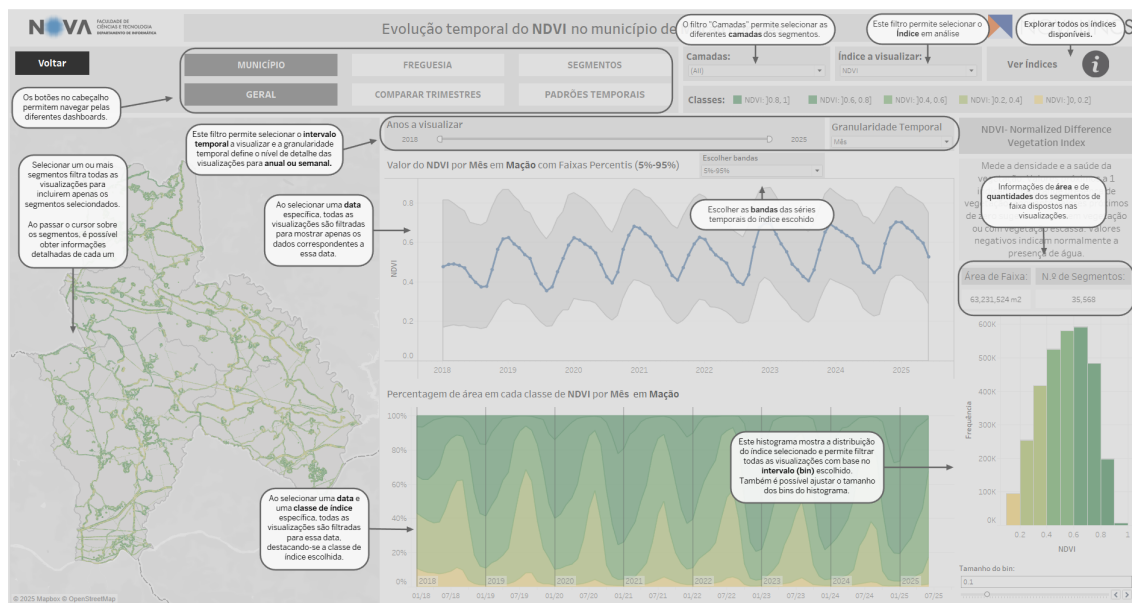


Figura 6.28: Overlay de Instruções do dashboard para a análise da Evolução temporal dos Índices de Vegetação.

Como mencionado na secção 6.5.2, devido à complexidade dos dashboards desenvolvidos para a análise dos índices de vegetação foi necessário criar um conjunto de instruções de utilização, de forma a garantir que os utilizadores consigam tirar a máxima utilidade

das funcionalidades disponíveis. Ao contrário das instruções presentes nos *dashboards* anteriores, estas instruções foram implementadas como um *overlay* que é acessível a partir de um botão de navegação.

Este *overlay* serve como um guia para os utilizadores, explica todos os aspetos das visualizações, como interagir com as visualizações e como utilizar os filtros e parâmetros disponíveis. Estas instruções foram implementadas com a utilização do sistema de anotações do *Tableau*, com um botão de navegação que permite alterar a visibilidade do *overlay* de instruções. Na figura 6.28 pode ser visualizado o *overlay* de instruções do *dashboard* de "Evolução temporal dos Índices de Vegetação", apresentado na secção 6.5.6.

6.6 Ensaios de Visualizações

No decorrer do desenvolvimento dos *dashboards* apresentados, foram realizados vários ensaios de visualizações e protótipos de análise. Estes ensaios permitiram explorar diferentes abordagens de apresentação dos dados, e também identificar potenciais melhorias nas funcionalidades dos *dashboards*. Nesta secção, serão discutidas algumas das principais experiências realizadas, que acabaram por não ser utilizadas por se revelarem menos eficazes do que outras alternativas encontradas ou por se encontrarem fora do âmbito do projeto.

De forma a permitir a análise da comparação e da correlação entre os índices foram desenvolvidas visualizações de gráficos de dispersão dos vários índices de vegetação. Foi construído um gráfico de dispersão em que cada ponto representa a média de dois índices de vegetação de um segmento, como demonstrado na figura 6.29. Esta visualização é complementada por dois parâmetros de escolha dos índices em cada eixo, para a análise e visualização de todos os pares possíveis de índices.

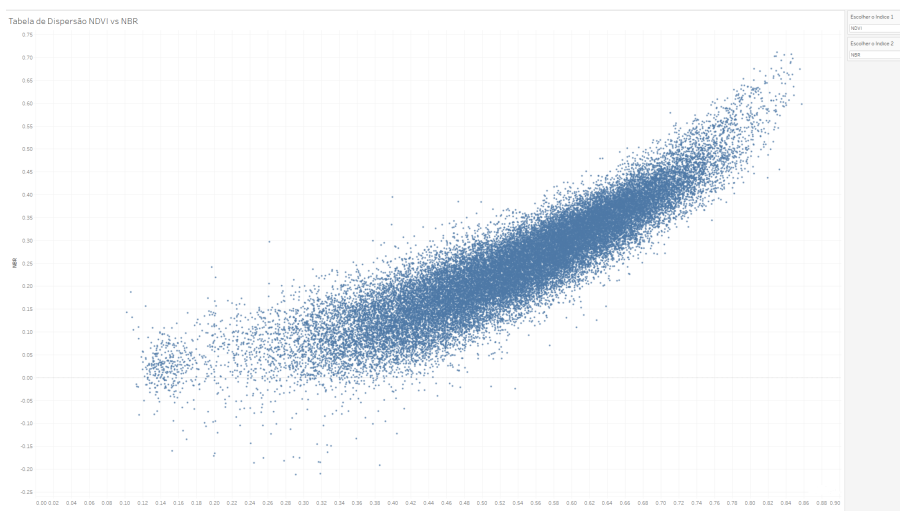


Figura 6.29: Gráfico de Dispersão de NDVI vs NBR.

Outra abordagem considerada foi a criação de uma matriz de gráficos de dispersão, permitindo a comparação simultânea de todos os pares de índices, apresentado na figura

6.30. Neste caso foi utilizado um mapa de densidade, permitindo uma melhor visualização da distribuição dos pontos.

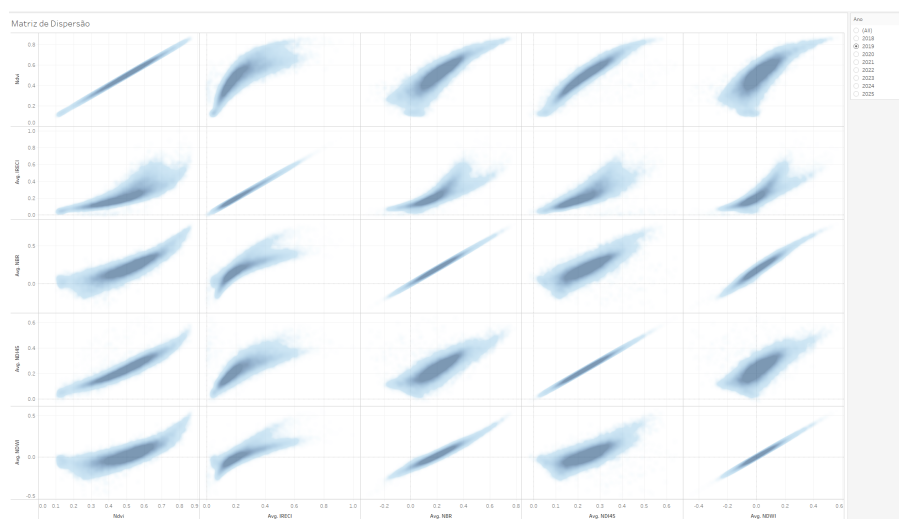


Figura 6.30: Matriz de Gráficos de Dispersão da média de todos os índices.

O objetivo destas visualizações é explorar as relações entre os diferentes índices, de forma a analisar se têm correlações positivas ou negativas. Além da deteção de valores *outliers*, também é possível identificar índices redundantes, uma vez que índices fortemente correlacionados sugerem que fornecem a mesma informação. Esta análise não foi utilizada, pois não se alinhou com o âmbito do projeto, centrado na avaliação da evolução temporal e espacial da cobertura vegetal nas Faixas de Gestão de Combustível. A correlação entre índices é uma análise estatística útil para entender as relações entre os diferentes índices de vegetação, mas não responde às perguntas centrais do projeto, como a análise do estado da cobertura vegetal ao longo do tempo.

De forma a representar as transições entre classes de índice (por exemplo, o número de segmentos que passam de uma classe de NDVI num período para outra classe no período seguinte), foi desenvolvido o diagrama de *Sankey* apresentado na figura 6.31.

Este diagrama foi criado originalmente para realçar as mudanças nos estados da faixa ao longo dos vários trimestres, de modo a analisar as faixas que tinham certos comportamentos, tal como faixas que não foram intervencionadas, faixas que tiveram uma diminuição significativa da cobertura vegetal, entre outros. Esta visualização de teste apresenta transições de classe de NDVI dos segmentos entre os trimestres (com opção de seleccionar o ano de análise), em que o tamanho das ligações é a quantidade de segmentos que transitaram de uma classe para a outra.

No entanto, este diagrama de *Sankey* acabou por ser substituído pelo gráfico de coordenadas paralelas apresentado na secção 6.5.4. A razão principal prende-se com o facto da implementação deste tipo de visualização depender de um *plugin* existente no *Tableau*. Estes *plugins* são tipos de visualizações experimentais que podem não ser totalmente estáveis e podem ser implementadas por terceiros. Estes *plugins* podem, portanto, apresentar

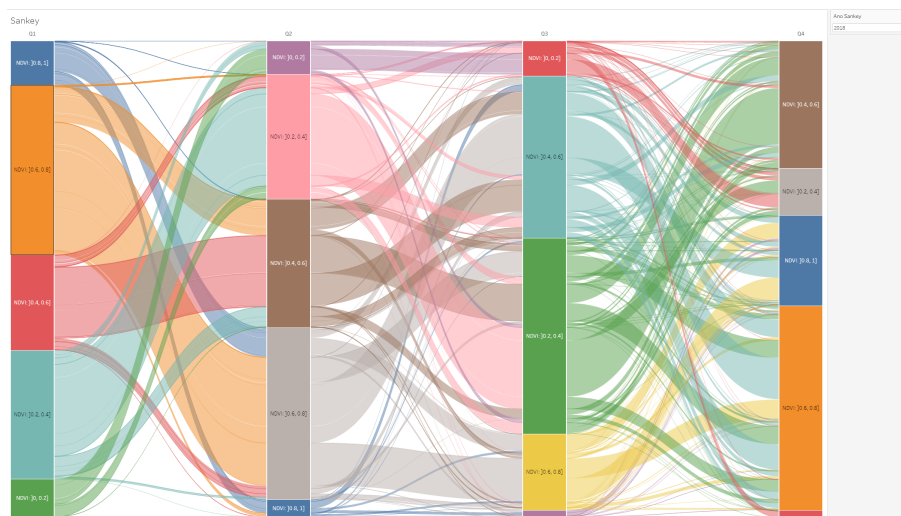


Figura 6.31: Diagrama *Sankey* para a análise das transições entre classes de índice de vegetação.

limitações em termos de funcionalidade e suporte. No caso do utilizado, o *plugin* de *Sankey* é oficialmente disponibilizado pelo *Tableau*, mas a sua formatação é limitada na escolha de cores, na apresentação de legendas e tamanhos gerais dos elementos. O *Sankey* foi útil como prova do conceito de visualizar estas transições, mas no entanto, foi escolhido o gráfico de coordenadas paralelas por ser mais flexível na sua interação e permitir uma melhor personalização.

6.7 Conclusões e Análises Feitas nos Dashboards Desenvolvidos

O objetivo principal desta dissertação foi desenvolver ferramentas que permitissem a análise dos vários mecanismos de defesa do território, contribuindo para uma melhor compreensão e gestão dos mesmos. De modo a alcançar este objetivo e definir o âmbito do projeto foi necessário de definir inicialmente um conjunto de questões de análise geral que orientassem o desenvolvimento dos *dashboards*. Através dos *dashboards* previamente apresentados foi então possível responder a estas questões, apresentadas na secção 4.1.

A maioria das visualizações desenvolvidas foram concebidas para atender a propósitos específicos, possibilitando o acesso às informações relevantes conforme a sua necessidade. Essas visualizações funcionam sobretudo como pontos de consulta detalhados: cada utilizador pode aceder aos *dashboards* para obter informação concreta sobre um segmento, uma freguesia, um responsável ou outro, conforme a sua necessidade.

Contudo, é possível utilizar estas ferramentas de forma a obter conclusões gerais sobre os mecanismos de defesa. Tendo um foco no concelho de Mação e no índice do NDVI, serão então discutidas algumas conclusões que podem ser extraídas a partir da análise dos *dashboards*.

Começando na análise dos "**Responsáveis pela Gestão das Faixas de Mação**", é possível observar que os proprietários são responsáveis pela maior parte da gestão das faixas (cerca

de 52%), mais concretamente nas faixas associadas aos Aglomerados Populacionais e nas Edificações em Espaços Rurais. Segue-se pelo ICNF, responsáveis pelas faixas da Rede Primária, que abrangem 29% do total de área. A restante responsabilidade encontra-se relativamente equilibrada entre as diferentes entidades, destacando-se as Linhas de Redes Elétricas que são as únicas que contêm faixas de interrupção de combustível.

Tendo em conta que as "**Análises das Redes de FGC, RVF e RPA**", apresentadas nas secções 6.2.2, 6.3 e 6.4 respetivamente, fornecem detalhes específicos sobre todas as características destes mecanismos de defesa, não é possível extrair conclusões gerais, para além da distribuição de algumas características categóricas. Por exemplo, em Mação, de um total de 5228 hectares de faixa, 2184 hectares são Aglomerados Populacionais e Parques seguidos pelos 1515 hectares das faixas que integram a descrição Rede Primária. De seguida, ao analisar a Rede Viária Florestal de Mação, e tendo em conta as classes das vias, podemos concluir que a maioria das vias são de tipo Estradão Florestal, totalizando 62% do comprimento total das vias, seguidas por Arruamentos, Trilhos e Estradas.

Relativamente à análise dos índices de vegetação (focando apenas no NDVI devido à sua maior relevância) a partir do *dashboard* da "**Evolução temporal dos Índices de Vegetação**" apresentado na secção 6.5.2, é possível observar a ciclicidade dos valores do NDVI ao longo do tempo, com picos de vegetação a ocorrerem nos meses mais húmidos (Dezembro e Janeiro), e valores mais baixos sempre em Agosto. Esta variação sazonal é consistente com o ciclo de crescimento das plantas e a disponibilidade de água. Pode também ser observado um aumento geral dos valores de NDVI ao longo dos anos. A partir do histograma da distribuição do NDVI, conseguimos observar que a maioria dos segmentos de faixa que apresentam valores de NDVI nas classes de $[0, 4, 0, 6[$ e $[0, 6, 0, 8[$. Por fim, com o gráfico de *stacked area* da distribuição do NDVI ao longo do tempo pelas classes, é possível observar a sazonalidade das 3 classes de NDVI mais abundantes, que são $[0, 4, 0, 6[$, $[0, 6, 0, 8[$ nos climas mais frios e $[0, 2, 0, 4[$, $[0, 4, 0, 6[$ nos climas mais quentes.

Com uma análise do *dashboard* de "**Comparação Trimestral dos Índices de Vegetação**", tendo um foco específico no ano de 2018 e comparando o primeiro trimestre com o segundo (figura 6.24), é possível observar no mapa que na região do Norte de Mação, os valores de NDVI diminuíram no segundo trimestre (abaixo do *threshold*), indicando que não houve crescimento da cobertura vegetal nestas áreas entre estes dois períodos. A partir dos segmentos de faixa coloridos a vermelho, é possível concluir que estas áreas possam necessitar de intervenção, pois a cobertura vegetal aumentou significativamente.

Por fim, com a análise do *dashboard* de "**Análise dos Índices nos Segmentos Individuais**", foi possível entrar em mais detalhe na análise dos segmentos de faixa e dos seus *buffers*. Escolhendo um segmento de faixa específico com o ID 04_c2912, como apresentado na figura 6.27, podemos observar que os valores de NDVI são geralmente baixos, situando-se na classe $[0, 2, 0, 4[$. Apesar disto, é possível notar um aumento gradual da cobertura vegetal, tendo uns picos historicamente altos em Dezembro e Janeiro de 2025. Como este segmento pertence a uma faixa de transportes, tem ainda uma análise dos valores do seu *buffer*, que apresenta uma dinâmica semelhante, mas com valores mais altos indicando

6.7. CONCLUSÕES E ANÁLISES FEITAS NOS DASHBOARDS DESENVOLVIDOS

que realmente existe uma diferença entre a faixa e das zonas adjacentes, indicando algum tipo de limpeza ou intervenção na área deste segmento de faixa.

AVALIAÇÃO DOS DASHBOARDS DESENVOLVIDOS

Neste capítulo será descrito o processo de avaliação experimental dos *dashboards* desenvolvidos. Na secção 7.1 será detalhada a metodologia utilizada para a avaliação, incluindo as métricas de avaliação adotadas. Na secção 7.3 serão apresentados os resultados obtidos na avaliação, e por fim, na secção 7.4 serão discutidas as conclusões dos resultados obtidos.

7.1 Metodologia de Avaliação

Como a produção dos *dashboards* é uma tarefa realizada de forma iterativa foram feitos, em simultâneo com as restantes tarefas, refinamentos às visualizações produzidas, realizadas com base no *feedback* recolhido dos orientadores. De forma a testar estes *dashboards* com utilizadores reais, desenvolveu-se um conjunto de questões específicas para cada *dashboard*, exigindo a interação dos utilizadores com as visualizações para poderem ser respondidas. Estas questões foram criadas para abrangerem o maior número possível de funcionalidades e para certificar que os objetivos analíticos propostos inicialmente estão a ser cumpridos.

Após a produção inicial dos *dashboards*, foi feita a integração destes no projeto Floresta Limpa por via do *Tableau Online*, disponíveis neste [link](#). Apesar do desempenho baixar consideravelmente, comparado com a versão local, permitiu que os *dashboards* possam ser utilizados mais facilmente por utilizadores finais e pelos participantes do questionário.

Uma vez que os *dashboards* apresentam informações que podem não ser familiares a todos os utilizadores e, de forma a auxiliar as avaliações, foram criados vídeos de demonstração para cada *dashboard*, complementados por um vídeo introdutório que contextualiza o projeto e os dados utilizados. Nestes vídeos são explicados os objetivos gerais de cada *dashboard*, tal como as suas visualizações e funcionalidades. Estes vídeos foram disponibilizados aos participantes antes de responderem aos questionários, para que estes pudessem compreender melhor o contexto do mesmo. Todos os vídeos estão acessíveis nesta [pasta](#).

Os questionários foram criados a partir do *Google Forms*, havendo um questionário para cada área geral do estudo. Estas áreas incluem a análise das FGC, da RVF, da RPA, e da evolução temporal dos índices de vegetação. Cada questionário contém um conjunto

de perguntas de escolha múltipla.

Relativamente às questões, como mencionado anteriormente, foram criados quatro questionários distintos, cada um focado em uma das áreas de estudo mencionadas. Contudo, de forma a garantir que as sessões de avaliação não ultrapassassem a duração aproximada de uma hora, optou-se por excluir a avaliação dos *dashboards* de análise da Rede Viária Florestal dos questionários. Esta decisão foi tomada para permitir estruturar melhor as sessões de avaliação. Considerando uma estimativa de cerca de dois minutos para a resposta a cada questão, foi possível compor sessões de avaliação com uma duração aproximada de 40 minutos, com um total de 20 questões. Desta forma, evitou-se a necessidade de realizar sessões com diferentes números de participantes, o que poderia resultar num número variável de respostas por *dashboard* ou área de estudo, comprometendo a comparabilidade dos resultados.

Os *dashboards* de análise da Rede Viária Florestal foram excluídas por apresentarem diversas semelhanças com os *dashboards* de análise das FGC. Apesar desta exclusão implicar a perda do contexto específico das vias, as funcionalidades adicionais oferecidas limitavam-se, essencialmente, à possibilidade de alterar a classificação categórica das vias e realizar comparações diretas com as faixas da rede viária. Ainda assim, os vídeos de apresentação e os questionários correspondentes à RVF foram igualmente preparados (apresentados no apêndice A).

As questões utilizadas estão apresentadas na tabela 7.1 e foram divididas entre as três áreas de estudo: FGC, RPA e Evolução Temporal dos Índices de Vegetação. De modo a auxiliar a compreensão das questões, os aspetos-chave, tais como o objetivo e os parâmetros a modificar, foram destacados a negrito.

Tabela 7.1: Questões da avaliação experimental dos *dashboards* de análise às Faixas de Gestão de Combustível (FGC)

Número	Pergunta
— Faixas de Gestão de Combustível (FGC) —	
Q1.	No concelho de Mação qual é a área total (em hectares) ocupada por faixas associadas a Linhas de Redes Elétricas de Alta Tensão ?
Q2.	Das descrições de faixa identificadas anteriormente, quais correspondem especificamente a Faixas de Redução de Combustível (FRC)?
Q3.	Quais são as descrições de faixas no concelho de Mação cuja responsabilidade pertence ao Município de Mação?
Q4.	No concelho de Mação qual é a Descrição de Faixa que ocupa maior área ?
Q5.	Quem é a entidade responsável por esta faixa? (*)
Q6.	Qual é a sua área total (em hectares)? (*)
Q7.	Existe algum plano de intervenção registado para esta faixa no ano de 2027 ? Se sim, qual foi o tipo de intervenção realizado ou previsto?*

Nota: (*)Questões referentes a uma faixa específica indicada por uma imagem

Tabela 7.2: Questões da avaliação experimental dos *dashboards* de análise à Rede de Pontos de Água (RPA)

Número	Pergunta
— Rede de Pontos de Água (RPA) —	
Q8.	Qual é o nome do ponto de água do tipo rio que atravessa a freguesia de Envendos, no concelho de Mação ?
Q9.	O ponto de água com ID 3 e nome " Vinha Velha " teve ou terá alguma intervenção? Se sim, em que ano ?
Q10.	Relativamente ao ponto referido na pergunta anterior, qual é o seu tipo de Ponto de Água e tipo de Captação ?
Q11.	Ainda relativamente ao ponto referido anteriormente, qual é o seu Volume Máximo ?

Tabela 7.3: Questões da avaliação experimental dos *dashboards* de análise da Evolução Temporal dos Índices de Vegetação nas Faixas de Mação

Número	Pergunta
— Evolução Temporal dos Índices de Vegetação nas Faixas de Mação —	
Q12.	Em que meses , normalmente, se observam os valores mais elevados de NDVI médio?
Q13.	E em que mês , normalmente, se registam os valores mais baixos de NDVI médio?
Q14.	Quais foram as 2 classes de NDVI mais prevalentes no mês de Setembro de 2019 ?
Q15.	Qual foi o número de segmentos que apresentaram a classificação de NDVI :]0.2, 0.4] em Agosto de 2020 ?
Q16.	Na freguesia de Envendos qual foi o ano em que se observaram os valores mais baixos de NDVI médio?
Q17.	No município de Mação , considerando um threshold de 0,1 na diferença de NDVI médio entre os trimestres T1 e T2 de 2018 , em que regiões geográficas (norte, sul, este ou oeste) se concentram as áreas com variações inferiores a esse valor (i.e., sem crescimento de vegetação)?
Q18.	Qual é o valor do NDVI deste segmento em Setembro de 2022? (*)
Q19.	Qual é o valor do NDVI do buffer (cor laranja) deste segmento em Setembro de 2022? (*)
Q20.	Em que ano a diferença entre o NDVI da faixa e do buffer atingiu o valor mais baixo ? (*)

Nota: (*)Questões referentes a um segmento de faixa específico indicado por uma imagem

As métricas de avaliação utilizadas incluem a taxa de sucesso na resposta às questões, o tempo necessário para responder a cada questão, e o número de interações com os *dashboards*. Cada pergunta requer um número mínimo de interações necessárias, que será posteriormente comparado com o número real de interações feitas pelos utilizadores. As interações consideradas incluem a utilização de filtros, seleções, mudanças de parâmetro,

abrir *tooltips* e navegação entre *dashboards*. Estas métricas permitem avaliar a eficácia e a eficiência dos utilizadores ao interagirem com os *dashboards*.

As avaliações foram realizadas remotamente, através de reuniões no *Zoom*, durante as quais os participantes partilharam o seu ecrã. Durante estas sessões, foram feitas gravações para a posterior análise dos resultados.

É de notar que estes questionários foram primeiramente testados com 2 colegas do projeto Floresta Limpa, de forma a garantir a usabilidade dos *dashboards* e a identificação de erros nos questionários. Foi também recolhido *feedback* sobre aspetos dos *dashboards* a serem melhorados antes dos testes finais. Estes testes iniciais não foram incluídos na análise dos resultados.

7.2 Participantes

Foram feitas avaliações com um total de 16 participantes, sendo 14 do género masculino e 2 do género feminino. Como apresentado na figura 7.1, a maioria dos participantes, cerca de 56.25%, tem idades entre os 18 e os 24 anos, seguidos por 38.75% entre os 25 e os 34 anos e por fim 6.25% entre os 55 e os 64 anos. Além disso, 68.75% dos participantes referiram ter experiência em visualizações de dados, indicando que mais de metade dos participantes já teve contacto prévio com este tipo de ferramentas. Será analisado na próxima secção se esta experiência teve alguma influência nos resultados obtidos.

Adicionalmente, foi também realizada uma avaliação com um *stakeholder* do concelho de Mação, membro da *Aflomação* [1] - Associação Florestal do Concelho de Mação.

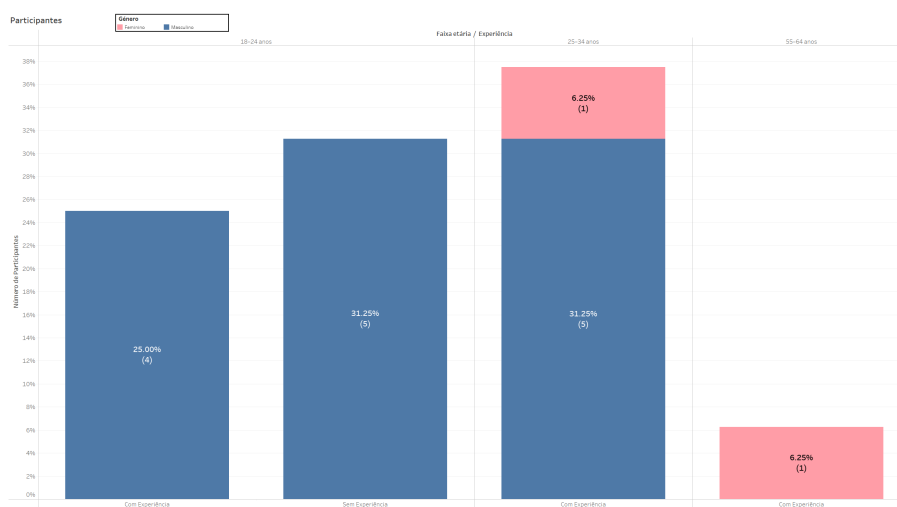


Figura 7.1: Distribuição dos participantes por dados demográficos e experiência em visualizações de dados.

7.3 Resultados

Ao analisar os resultados obtidos, disponibilizados na figura 7.2, verifica-se que a maioria dos participantes conseguiu responder corretamente à maioria das questões. Tendo em conta as respostas dos 16 participantes, foi registado um total de apenas cinco questões com respostas incorretas, sendo que cada questão teve no máximo 2 respostas erradas (12.5%). Estas respostas incorretas abrangem todas as áreas de estudo, não havendo um padrão claro que aponte para uma maior dificuldade em alguma área específica. É também relevante notar que, dos 16 participantes, apenas 5 cometeram erros, o que indica que a maioria dos participantes conseguiu responder corretamente a todas as questões.

As respostas assinaladas por "corretas*" na figura indicam que estas perguntas foram respondidas corretamente sem que o participante tivesse, de facto, interagido com o *dashboard* de forma adequada para encontrar a resposta. Nestes casos, a forma como os participantes chegaram à resposta não foi completamente correta. Ainda assim, conseguiram identificar a alternativa certa, que foi devidamente contabilizada como correta. Estas respostas serão analisadas mais detalhadamente nesta secção.

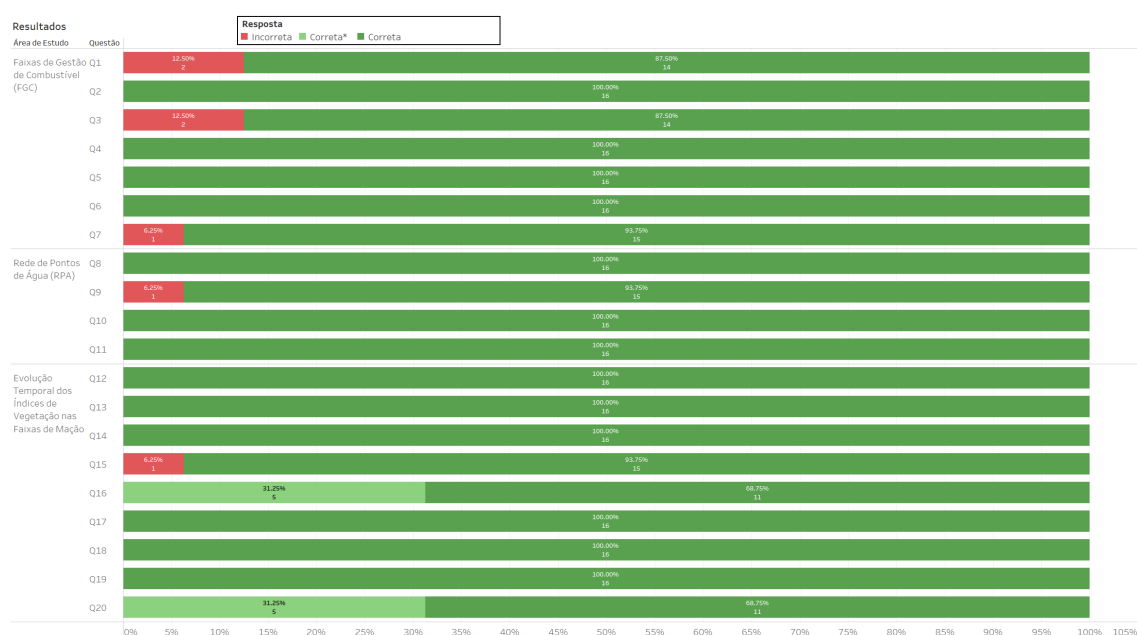


Figura 7.2: Taxa de sucesso de cada questão.

Na **Questão 1** (No concelho de **Mação** qual é a área total (em hectares) ocupada por faixas associadas a **Linhas de Redes Eléctricas de Alta Tensão**?) registaram-se 2 respostas erradas, ambas por participantes que identificaram corretamente a área associada a esta descrição de faixa, mas não repararam que esta área estava distribuída por faixas de redução de combustível (FRC) e faixas de interrupção de combustível (FIC), sendo necessário somar ambas as áreas para obter a resposta correta. Estes participantes responderam com a área das FRC das faixas associadas a linhas de alta tensão, que era uma das opções de resposta.

A **Questão 3** (Quais são as descrições de faixas no concelho de **Mação** cuja responsabilidade pertence ao Município de **Mação**?) também teve 2 respostas erradas, ambas por participantes que chegaram à resposta correta a partir dos *dashboards*, mas que não selecionaram a resposta correta na lista de opções. Estes participantes confundiram a resposta que continha a descrição de faixa "Rede Ferroviária" com a descrição correta "Rede Viária Florestal", que sugere uma falta de atenção adequada às opções de resposta apresentadas.

Na **Questão 7** (Existe algum **plano de intervenção** registado para esta faixa no ano de **2027**? Se sim, qual foi o **tipo de intervenção** realizado ou previsto?*) dá-se 1 resposta errada, por um participante que respondeu à questão com o tipo de intervenção para o ano de 2021, em vez de 2027. Este participante não reparou que a questão se referia ao ano de 2027, mas conseguiu identificar corretamente o tipo de intervenção para o ano de 2021, que era uma das opções de resposta.

A **Questão 9** (O ponto de água com **ID 3** e nome "**Vinha Velha**" teve ou terá alguma intervenção? Se sim, em que **ano**?) apresentou 1 resposta errada, por um participante que não identificou a manutenção planeada para o ano de 2021, respondendo que não tinha qualquer intervenção.

Na **Questão 15** (Qual foi o **número de segmentos** que apresentaram a classificação de **NDVI**:]0.2, 0.4] em **Agosto de 2020**?) um participante que respondeu incorretamente, pois obteve o número de segmentos com a classificação de]0, 0.2] em vez da indicada na questão. No entanto, conseguiu determinar o número de segmentos mas não a classificação correta.

Por fim, na **Questão 16** (Na **freguesia de Envedos** qual foi o ano em que se observaram os valores mais baixos de **NDVI** médio?) e na **Questão 20** (Em que ano a **diferença** entre o **NDVI** da faixa e do *buffer* atingiu o valor mais **baixo**?**) foram registadas 10 respostas "corretas*" pelos mesmos participantes. Para estas questões, o objetivo consistia em alterar a granularidade temporal para o nível anual, em vez do predefinido mensal, e observar os valores médios anuais. Estes participantes não alteraram a granularidade temporal, mas conseguiram identificar geralmente quais eram os anos que correspondiam aos valores mais baixos, a partir dos valores mensais, e responderam corretamente às questões. Contudo, como não interagiram com o *dashboard* de forma adequada para chegar à resposta exata, estas respostas são consideradas como incompletas, como irá ser verificado na análise do número de interações.

Relativamente à análise do tempo médio por questão, procede-se também à comparação entre participantes com e sem experiência em visualizações de dados, de forma a avaliar se este fator influenciou o desempenho no tempo das respostas. Estes dados foram recolhidos a partir das gravações das sessões de avaliação, medindo o tempo desde que a questão foi lida até que o participante selecionou a resposta.

Analisando os tempos médios de resposta a cada pergunta, apresentados na figura 7.3, verifica-se que, em média, a maioria das perguntas foram respondidas em menos de dois minutos, conforme planeado. É possível observar que a pergunta Q14 foi a que

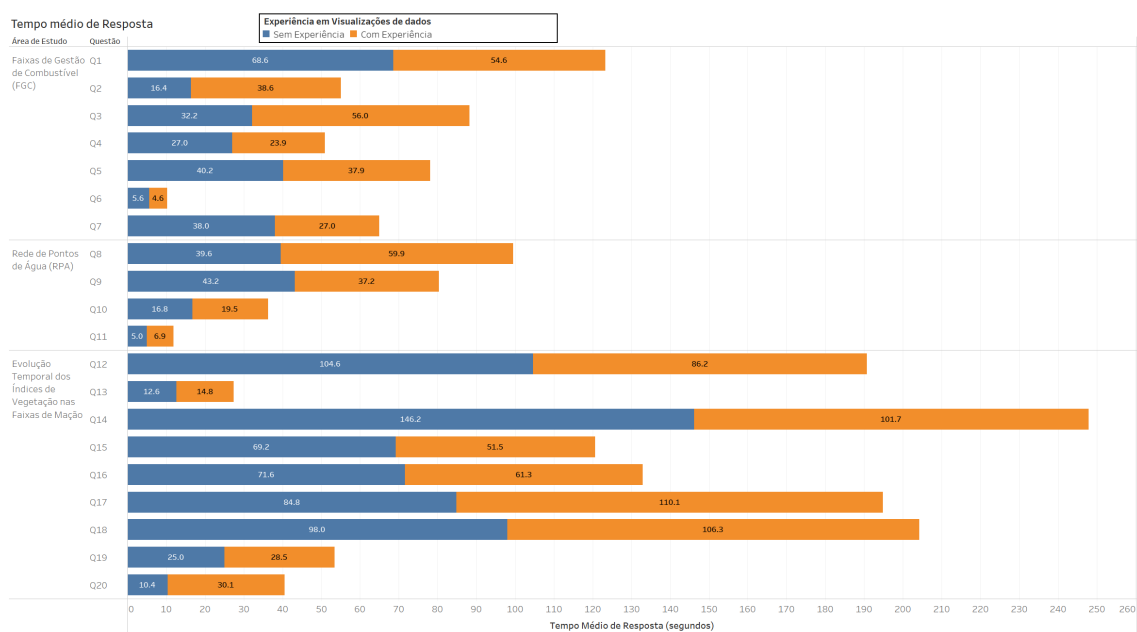


Figura 7.3: Tempo médio de resposta por questão, comparando participantes com e sem experiência em visualizações de dados.

demorou mais tempo a ser respondida, seguida pela Q12 e a Q17. Houve também algumas perguntas de resposta rápida, como a Q6, Q11 e a Q13.

Pode-se também concluir que a área de estudo que demorou mais tempo a ser respondida foi a de análise da evolução temporal dos índices de vegetação, o que é expectável dado que esta área de estudo é a mais complexa e exige mais interações com os respetivos *dashboards*.

Por fim, de forma a avaliar a eficiência dos utilizadores na interação com os *dashboards*, analisou-se o número de interações realizadas por cada participante para responder a cada questão. Para cada questão foi estabelecido um número mínimo de interações necessárias para uma resposta correta. Após definir este valor mínimo, comparou-se com o número real de interações efetuadas pelos participantes, mostrando quantas interações a mais foram realizadas relativamente ao mínimo. Na figura 7.4 é apresentada a média de interações a mais por questão.

Como apresentado na figura, todas as questões, em média, apresentaram um número de interações superior ao mínimo exigido, com exceção das questões Q6, Q10 e Q11, nas quais todos os participantes responderam utilizando exatamente o número mínimo de interações. Já nas questões Q16 e Q20, a média de interações foi negativa relativamente ao valor mínimo, ou seja, os participantes realizaram menos interações do que o necessário.

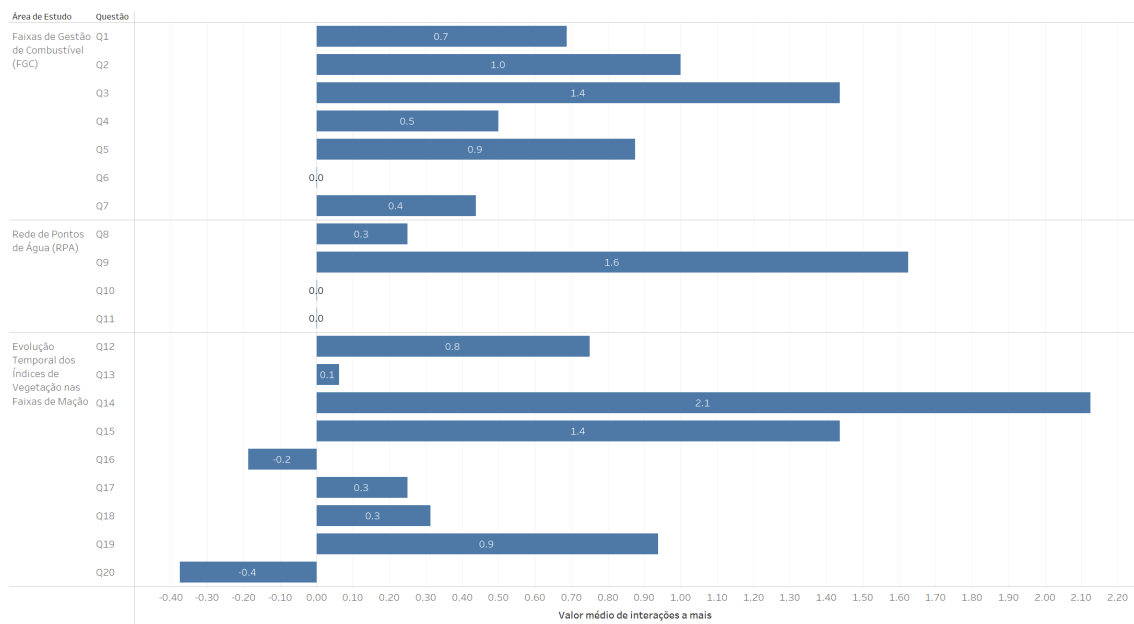


Figura 7.4: Valor médio do número de interações a mais por questão.

O valor superior de interações a mais foi registado na questão Q14, com uma média de 2,1 interações a mais. Esta questão exigia que os participantes identificassem o número de segmentos das faixas que apresentavam uma classe específica de NDVI num determinado mês. Para responder corretamente a esta questão com o número mínimo de interações, era suficiente posicionar o cursor sobre o gráfico de séries temporais que apresenta a percentagem de área por cada classe do índice escolhido, sendo o número de segmentos apresentados automaticamente através da *tooltip* para a classe e o mês escolhido. Contudo, existia várias formas de chegar à resposta, como por exemplo, selecionar e filtrar pelo mês no gráfico de séries temporais, o que atualizava o histograma do índice, onde o número de segmentos era também apresentado na *tooltip*. Era também possível selecionar a classe NDVI e o mês correto na série temporal e observar a visualização que contém o número de segmentos.

É de notar que os participantes realizaram, em média, mais interações do que o estritamente necessário, uma vez que estavam a explorar um *dashboard* com o qual não tinham contactado anteriormente e a testar as suas funcionalidades. Assim, é expectável que o número de interações seja, em média superior ao mínimo necessário.

Por outro lado, nas questões Q16 e Q20, que apresentaram uma média negativa de interações a mais, pois os participantes que iriam alcançar a resposta correta com o número mínimo de interações, não alteraram a granularidade temporal para o nível anual, como era necessário para responder corretamente. Como mencionado anteriormente, estes participantes conseguiram identificar os anos corretos a partir dos valores mensais, mas não interagiram com o *dashboard* de forma adequada, faltando uma interação adicional, que permitia alterar a granularidade temporal das visualizações.

7.4 Conclusões

Os resultados das avaliações indicam que os *dashboards* desenvolvidos são eficazes para a análise dos dados relacionados com as Faixas de Gestão de Combustível, a Rede de Pontos de Água, e a Evolução Temporal dos Índices de Vegetação. A maioria dos participantes conseguiu responder corretamente a todas as questões. As respostas incorretas foram poucas e não revelaram problemas fundamentais na apresentação dos *dashboards*.

No entanto, no decorrer das sessões de avaliação, os participantes forneceram *feedback* valioso sobre possíveis melhorias nos *dashboards*. Esse *feedback* foi obtido não apenas por meio de sugestões explícitas, mas também a partir da observação dos comportamentos de utilização dos participantes durante a interação com os *dashboards*.

Por exemplo, houve participantes que confundiram um ponto de água com o nome "Envendos" com a freguesia de Envendos, o que sugere a necessidade de uma designação mais explícita dos nomes dos pontos de água. Houve também participantes que, ao pesquisar por uma classe de NDVI no histograma, não repararam que o *bin* foi definido com um valor de 0,1 e as classes de NDVI estão agrupadas com intervalos de 0,2, o que indica que uma classe era representada por dois *bins*. Estes participantes obtinham apenas parte da distribuição da classe correta, apesar desta estar representada no histograma. Além disso, muitos participantes não perceberam o que era o *buffer* das faixas, precisando de relembrar o seu conceito durante as sessões de avaliação. Este facto sugere que poderia ser útil incluir uma explicação breve do conceito de *buffer* no próprio *dashboard*.

Verificou-se também que os participantes utilizaram diferentes estratégias de interação para responder às questões. Embora algumas dessas abordagens não fossem as mais eficientes, permitiram chegar à resposta correta. É de notar que os participantes não utilizaram as instruções integradas nos *dashboards*, o que sugere que estas poderiam ser mais evidentes ou que os utilizadores preferem ser mais práticos ao explorar as várias visualizações, sem ajuda. Outro motivo possível é que os vídeos de apresentação fornecidos antes das sessões de avaliação tenham sido suficientes para a compreensão dos *dashboards*.

Concluiu-se também que a experiência prévia em visualizações de dados não teve um impacto significativo no tempo de resposta às perguntas. Estes resultados demonstram a utilidade dos *dashboards* em acomodar vários tipos de utilizadores, garantindo que não sejam apenas os já familiarizados com este tipo de dados e ferramentas a conseguir extrair e analisar as informações relevantes.

Ainda assim, houve várias melhorias feitas aos *dashboards* após as sessões de avaliação, por exemplo, a alteração do formato das datas para um formato mais intuitivo, na identificação de alguns elementos dos *dashboards*, tais como os filtros de freguesias e a adição de mais informações nas *tooltips* das visualizações de séries temporais dos índices de vegetação.

No total foram realizadas 16 sessões de avaliação de aproximadamente 20 a 40 minutos cada, o que resulta num total estimado de cerca de 8 horas de sessões gravadas. De forma a obter os dados de cada sessão, foi feita a visualização das gravações e a anotação dos

tempos de resposta, das ações realizadas pelos participantes e dos comentários fornecidos durante a interação. Este processo foi demorado, mas permitiu extrair todas as métricas necessárias para a análise destes resultados.

CONCLUSÃO

Os objetivos principais constatados para esta dissertação foram alcançados. Foram desenvolvidas várias ferramentas de análise dos dados relevantes para a gestão de Faixas de Gestão de Combustível, nomeadamente a análise temporal de índices de vegetação nestas áreas, tal como a análise de outros mecanismos de segurança, a Rede de Pontos de Água e a Rede Viária Florestal. Mais especificamente, foram criados 4 *dashboards* principais, completamente interativos que possibilitam a exploração e visualização deste tipo de dados. Estes *dashboards* foram desenvolvidos de forma a responderem às várias questões analíticas definidas no início do projeto, servindo de base para orientar os seus principais objetivos.

Estes *dashboards* incluem a análise das Faixas de Gestão de Combustível, permitindo uma visualização dos formatos e localizações das faixas, de todas as suas características, da distribuição das suas descrições e também dos seus responsáveis. Esta análise inclui também uma análise aos planos de intervenção estipulados a cada faixa. Da mesma forma, a análise da Rede Viária Florestal foi também desenvolvida, permitindo uma visão abrangente das suas geometrias, características e intervenções. O *dashboard* da Rede de Pontos de Água foi criado para permitir a pesquisa e localizar os vários pontos de água, bem como a análise das suas características e intervenções. Por último, os vários *dashboards* de análise do estado da cobertura vegetal nas Faixas de Gestão de Combustível de Mação permitem uma análise da evolução dos vários índices (NDVI, IRECI, NBR, NDI45, NDWI e SR), da distribuição dos seus valores, da sua comparação trimestral, verificação de padrões nas faixas e análise de segmentos individuais e dos seus *buffers*.

Uma parte significativa deste trabalho consistiu na aquisição e no processamento dos dados das diferentes redes dos vários concelhos de interesse, Mação, Santarém, Setúbal, Almada e Torres Vedras. Por outro lado, a integração de todos os dados dos índices de vegetação das faixas de Mação foi também um desafio, devido à quantidade de segmentos e de índices existentes, que exigiu um esforço considerável na apresentação destes dados.

Outro aspeto central destes *dashboards* foi a interatividade entre as diferentes visualizações, permitindo ao utilizador explorar os dados mais dinamicamente e de forma a conseguir responder aos vários objetivos de análise. Esta interatividade foi conseguida

através da utilização de *tooltips*, parâmetros e filtros, incluindo também as instruções de utilização de cada *dashboard*.

Por último estes *dashboards* foram submetidos a testes de usabilidade, com o objetivo de avaliar a sua eficácia e eficiência na transmissão de todas as informações. Estes testes foram realizados com vários tipos de utilizadores, com vários níveis de experiência, que acederam aos *dashboards* através da [plataforma online](#) disponibilizada utilizando o *Tableau Public*. Em geral, os resultados foram bastante positivos, com a maioria dos utilizadores a conseguir completar as tarefas propostas com sucesso. É de notar que estes *dashboards* encontram-se também disponíveis através do *website* do projeto [Floresta Limpa](#).

8.1 Trabalho Futuro

Embora os resultados obtidos sejam positivos e os objetivos principais tenham sido alcançados com as soluções desenvolvidas, existem ainda várias oportunidades que podem enriquecer e expandir este trabalho.

Tal como foram adaptados e incluídos os dados de vários concelhos de Portugal para os *dashboards* de análise das Faixas de Gestão de Combustível, Rede Viária Florestal e Rede de Pontos de Água, também será importante considerar a inclusão de dados de outros concelhos, que tenham os dados disponíveis e atualizados no *website* do ICNF. Além disso, só foi possível desenvolver os *dashboards* da evolução dos índices de vegetação das faixas de Mação, mas o projeto Floresta Limpa já abrange estes dados para outros concelhos relevantes.

Um possível desenvolvimento futuro poderia consistir no desenvolvimento de uma solução que não recorresse ao *Tableau*, mas sim a linguagens de programação e bibliotecas específicas para análise e visualização de dados. Esta abordagem seria muito mais focada em código, mas também mais flexível e permitiria ultrapassar algumas das limitações do *Tableau* como o desempenho dos *dashboards*.

Existe ainda a possibilidade de ser feita a integração e a atualização em tempo real dos dados no *Tableau*, fazendo uso da base de dados do projeto Floresta Limpa, de forma a que as informações dos *dashboards* de análise aos índices de vegetação estejam sempre atualizadas com os dados mais recentes.

O trabalho realizado na área da topografia nos mapas de fundo, apresentado na secção 5.4, poderia ser gerado a partir de dados do MDT com uma maior resolução, permitindo que as mudanças de relevo sejam perceptíveis. Esta inclusão da representação do relevo do terreno adjacente às Faixas de Gestão de Combustível facilitaria a gestão destas, tal como a identificação de áreas mais propensas a incêndios. A análise das correlações entre os vários índices de vegetação também poderia ser aprofundada, de forma a identificar aqueles que são mais relevantes para o comportamento da cobertura vegetal.

Poderão também ser consideradas análises complementares, nomeadamente a identificação de faixas de maior importância, como faixas de risco elevado, ou faixas que necessitam de intervenção no futuro. Também poderiam ser realizadas análises para

comparar os diferentes tipos de faixas (estradas, linhas de eletricidade, habitações) e como estas se relacionam com os índices de vegetação.

Poderia ser desenvolvida uma análise que medisse o nível de limpeza das faixas ao nível do concelho ou freguesia, através da comparação dos índices de vegetação dentro das faixas com os seus *buffers*. Esta análise permitiria identificar uma taxa de sucesso geral na manutenção das faixas. É claro que esta análise só poderia ser feita a certos topos de faixas, as que possuam um *buffer* exterior.

Por fim, poderão ser desenvolvidas outras análises com a inclusão de outros dados. Ao integrar dados meteorológicos seria possível analisar a influência do clima na evolução dos índices de vegetação. Permitiria identificar os fatores que realmente afetam a cobertura vegetal, não em função da sazonalidade, mas sim com as variações de temperatura, precipitação e humidade, por exemplo.

Por outro lado, a inclusão de dados históricos de incêndios permitiria realizar uma análise de correlação entre os incêndios e as condições climáticas, e determinar o papel das Faixas de Gestão de Combustível na mitigação dos incêndios.

Em suma, embora tenham sido apresentadas várias possibilidades de desenvolvimento futuro, destacam-se algumas como prioritárias. Em primeiro lugar, a inclusão de dados meteorológicos, pela sua relevância para compreender os fatores que mais influenciam a cobertura vegetal. Segue-se a incorporação dos dados de todos os concelhos abrangidos pelo projeto Floresta Limpa, bem como a automação da atualização dos dados, de forma a aumentar o alcance e a eficácia destas ferramentas de análise.

BIBLIOGRAFIA

- [1] AFLOMAÇÃO - Associação Florestal do Concelho de Mação. URL: <https://www.aflomacao.pt/> (acedido em 2025-09-25) (ver p. 79).
- [2] R. F. S. Afonso. «Avaliação por Detecção Remota do Efeito das Operações de Limpeza nas Faixas de Gestão de Combustível de Incêndios». Disponível em <https://run.unl.pt/handle/10362/93767>. Tese de mestrado (ver p. 18).
- [3] *Airplane Crashes since 1970 till 2009*. URL: [https://www.anychart.com/pt/products/anymap/gallery/Maps_Point_Maps_\(Dot_Maps\)/Airplane_Crashes_since_1970_till_2009.php](https://www.anychart.com/pt/products/anymap/gallery/Maps_Point_Maps_(Dot_Maps)/Airplane_Crashes_since_1970_till_2009.php) (acedido em 2025-01-16) (ver p. 8).
- [4] C. M. António Vieira Flora Leite e A. Gonçalves. *Os incêndios florestais no distrito de Braga*. URL: <https://hdl.handle.net/1822/13938> (acedido em 2025-01-29) (ver p. 15).
- [5] *API - OpenStreetMap Wiki*. URL: <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/API> (acedido em 2025-08-10) (ver p. 42).
- [6] V. Aubard et al. «Fully Automated Countrywide Monitoring of Fuel Break Maintenance Operations». Em: *Remote Sensing* 12.18 (2020). ISSN: 2072-4292. DOI: [10.3390/rs12182879](https://doi.org/10.3390/rs12182879) (ver p. 4).
- [7] M. Beighley e A. Hyde. «Gestão dos incêndios florestais em Portugal numa nova era Avaliação dos riscos de incêndio, Recursos e Reformas». Em: *Centro de Estudos Florestais-Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa: Lisboa, Portugal* 59 (2018) (ver p. 1).
- [8] *Compute Aggregated Statistics for a Time Series*. URL: <https://www.wolfram.com/mathematica/new-in-10/time-series/compute-aggregated-statistics-for-a-time-series.html> (acedido em 2025-01-17) (ver p. 12).
- [9] P. do Conselho de Ministros. «Decreto-Lei n.º 82/2021, de 13 de outubro». Em: (). URL: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/82-2021-172745163> (acedido em 2025-01-11) (ver pp. 1, 21).

- [10] Copernicus DEM - Global and European Digital Elevation Model. URL: <https://dataspace.copernicus.eu/explore-data/data-collections/copernicus-contributing-missions/collections-description/COP-DEM> (acedido em 2025-05-29) (ver pp. 39, 40).
- [11] Z. Dai et al. «Shipping Density Assessment Based on Trajectory Big Data». Em: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 310 (2019-09), p. 022032. DOI: [10.1088/1755-1315/310/2/022032](https://doi.org/10.1088/1755-1315/310/2/022032) (ver p. 9).
- [12] Despacho n.º 5712/2014, de 30 de abril. URL: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/despacho/5712-2014-25689878> (acedido em 2025-01-23) (ver p. 23).
- [13] R. Exavier e P. Zeilhofer. «OpenLand: Software for Quantitative Analysis and Visualization of Land Use and Cover Change.» Em: *R J.* 12.2 (2020), p. 359 (ver p. 17).
- [14] Floresta Limpa. URL: <https://www.florestalimpa.pt/> (acedido em 2025-01-10) (ver p. 2).
- [15] W. Frampton et al. «Evaluating the capabilities of Sentinel-2 for quantitative estimation of biophysical variables in vegetation». Em: *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 82 (2013-08), pp. 83–92. DOI: [10.1016/j.isprsjprs.2013.04.007](https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2013.04.007) (ver pp. 25, 26).
- [16] Global seismic activity map. URL: <https://flourish.studio/blog/animated-point-map/> (acedido em 2025-01-17) (ver p. 12).
- [17] ICNF. «geoCATALOGO ICNF». Em: (). URL: https://geocatalogo.icnf.pt/catalogo_tema5.html (acedido em 2025-01-12) (ver pp. 4, 26).
- [18] INESC-ID. URL: <https://www.inesc-id.pt/> (acedido em 2025-01-10) (ver p. 2).
- [19] M. de La Cueva Couto Henriques. «Visualização Interactiva de Dados para Apoiar o Comando Operacional no Combate a Incêndios Florestais de Grandes Dimensões». Tese de mestrado (ver pp. 39, 41).
- [20] Y. Li et al. *RtFPS: An Interactive Map that Visualizes and Predicts Wildfires in the US*. 2021. arXiv: [2105.10880](https://arxiv.org/abs/2105.10880) [cs.LG] (ver p. 15).
- [21] Line Graphs. URL: <https://byjus.com/maths/line-graph/> (acedido em 2025-01-17) (ver p. 10).
- [22] D. A. S. Lopes. «Sistema de Informação para Monitorização de Faixas de Gestão de Combustível de Incêndios». Disponível em <https://run.unl.pt/handle/10362/160386>. Tese de mestrado (ver p. 20).
- [23] V. M. C. D. Lucena. «Interface para caracterização do estado das faixas de gestão de combustível». Disponível em <http://hdl.handle.net/10362/159508>. Tese de mestrado (ver pp. 19, 20).

- [24] S. K. McFeeters. «Using the Normalized Difference Water Index within a Geographic Information System to Detect Swimming Pools for Mosquito Abatement: A Practical Approach». Em: *Remote Sensing* 5.7 (2013). URL: <https://www.mdpi.com/2072-4292/5/7/3544> (ver p. 26).
- [25] A. C. Milroy. «Tendências e Padrões de Longo Prazo Na Qualidade Do Ar Em Portugal». Tese de mestrado. 2025-04 (ver p. 28).
- [26] M. Mixão. *Arderam quase 150 mil hectares em 2024, o terceiro pior ano da última década*. 2024-09. URL: <https://rr.sapo.pt/especial/pais/2024/09/23/arderam-quase-150-mil-hectares-em-2024-o-terceiro-pior-ano-da-ultima-decada/394409/> (acedido em 2025-01-11) (ver p. 1).
- [27] *monitoramento — niteroicontraqueimadas.niteroi.rj.gov.br*. <https://niteroicontraqueimadas.niteroi.rj.gov.br/pages/monitoramento>. [Accessed 31-01-2025] (ver p. 16).
- [28] M. T. G. Moreno e J. M. S. González. «Analyzing the dynamics of forest fires in Málaga province: assessing the interplay of vegetation and human influence on regional hazard trends over three decades». Em: *Euro-Mediterr. J. Environ. Integr.* (2024-08) (ver p. 15).
- [29] T. Munzner. *Visualization analysis and design*. CRC press, 2014 (ver pp. 6, 7).
- [30] M. Nöllenburg. «Geographic Visualization». Em: 2006-01, pp. 257–294. ISBN: 978-3-540-71948-9. DOI: [10.1007/978-3-540-71949-6_6](https://doi.org/10.1007/978-3-540-71949-6_6) (ver pp. 8, 12).
- [31] *Normas Técnicas Para a Elaboração da Cartografia das Redes de Defesa*. URL: https://www.agif.pt/app/uploads/2023/03/Norma_Tecnica_Cartografia_Redex_Defesa_vFinal_20230315-1.pdf (acedido em 2025-01-28) (ver pp. 34, 94).
- [32] *NOVA.ID*. URL: <https://www.novaidfct.pt/> (acedido em 2025-01-10) (ver p. 2).
- [33] D. Peuquet e M.-J. Kraak. «Geobrowsing: Creative Thinking and Knowledge Discovery Using Geographic Visualization». Em: *Information Visualization* 1 (2002-03), pp. 80–91. DOI: [10.1057/palgrave/ivs/9500007](https://doi.org/10.1057/palgrave/ivs/9500007) (ver p. 13).
- [34] G. A. Prates. «Modelos de aprendizagem automática para detetar o estado de parcelas florestais». Tese de mestrado (ver p. 19).
- [35] *Reporte de Tendencia de lote*. URL: <https://support.geoagro.com/es/kb/reporte-de-tendencia-de-lote/> (acedido em 2025-01-17) (ver p. 10).
- [36] M. Rodrigues et al. «Integrating geospatial wildfire models to delineate landscape management zones and inform decision-making in Mediterranean areas». Em: *Safety Science* 147 (2022), p. 105616. ISSN: 0925-7535. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105616> (ver p. 15).
- [37] *SIGFR - Portugal Chama*. URL: <https://www.sgifr.gov.pt/> (acedido em 2025-11-29) (ver p. 21).

- [38] F. C. M. P. da Silva. «Identificação de Operações de Limpeza em Faixas de Gestão de Combustível de Incêndios ao Redor de Habitações e Localidades». Disponível em <https://run.unl.pt/handle/10362/152353>. Tese de mestrado (ver p. 18).
- [39] *The Navigator Company*. URL: <https://thenavigatorcompany.com> (acedido em 2025-01-11) (ver p. 2).
- [40] *Time Series Analysis: Definition, Types, Techniques, and When It's Used*. URL: <https://www.tableau.com/analytics/what-is-time-series-analysis> (acedido em 2025-01-17) (ver p. 11).
- [41] *US Airports*. URL: <https://ggobi.github.io/ggally/articles/ggnetworkmap.html> (acedido em 2025-01-16) (ver p. 9).
- [42] *USA Airports*. URL: [https://www.anychart.com/pt/products/anymap/gallery/Maps_Point_Maps_\(Dot_Maps\)/Airplane_Crashes_since_1970_till_2009.php](https://www.anychart.com/pt/products/anymap/gallery/Maps_Point_Maps_(Dot_Maps)/Airplane_Crashes_since_1970_till_2009.php) (acedido em 2025-01-16) (ver pp. 8, 10).
- [43] Vizuality. *Portugal Interactive Forest Map & Tree Cover Change Data | GFW — globalforestwatch.org*. <https://www.globalforestwatch.org/map/country/PRT/>. [Accessed 31-01-2025] (ver p. 17).
- [44] M. Ward, G. Grinstein e D. Keim. *Interactive Data Visualization: Foundations, Techniques, and Applications, Second Edition*. 360 Degree Business. CRC Press, 2015. ISBN: 9781482257380. URL: <https://books.google.pt/books?id=XHZ3CAAAQBAJ> (ver pp. 6, 13).
- [45] *Wildland Fire Trends Tool — usgs.gov*. <https://www.usgs.gov/centers/forest-and-rangeland-ecosystem-science-center/science/wildland-fire-trends-tool>. [Accessed 31-01-2025] (ver pp. 15, 16).
- [46] F. Zhao et al. «Short and Medium-Term Prediction of Winter Wheat NDVI Based on the DTW–LSTM Combination Method and MODIS Time Series Data». Em: *Remote Sensing* 13.22 (2021). ISSN: 2072-4292. DOI: [10.3390/rs13224660](https://doi.org/10.3390/rs13224660) (ver pp. 11, 25).

QUESTÕES EXPERIMENTAIS RELATIVAS À REDE VIÁRIA FLORESTAL

Neste apêndice são apresentados todas as questões criadas para a avaliação dos *dashboards* relacionados com a Rede Viária Florestal.

Tabela A.1: Questões da avaliação experimental dos *dashboards* de análise à Rede Viária Florestal.

Número	Pergunta
— Rede Viária Florestal (RVF) —	
Q1.	Qual é o comprimento total da Rede Viária Florestal no concelho de Mação?
Q2.	Quais são os tipos de piso existentes nas vias florestais do concelho de Mação?
Q3.	No concelho de Mação, qual é o tipo de veículo mais frequentemente recomendado para circulação nas vias florestais?
Q4.	Qual é o comprimento desta via? (*)
Q6.	Esta via tem saída? (*)
Q7.	Existe algum plano de intervenção registado para esta via no ano de 2023? Se sim, qual foi o tipo de intervenção realizado ou previsto? (*)

Nota: (*) Questões referentes a uma via específica indicada por uma imagem

TABELAS DE DESIGNAÇÕES DOS CÓDIGOS DAS FGC, RVF E RPA

Este anexo apresenta as tabelas com as designações dos códigos das FGC, RVF e RPA, provenientes do documento de normas técnicas para a elaboração da cartografia das redes de defesa [31]

Tabela I.1: Descrição das Faixas de Gestão de Combustível

Código	Designação
1	Edificações integradas em Espaços Rurais
2	Aglomerados Populacionais
3	Parques de Campismo, infraestruturas e equipamentos florestais de recreio, parques e polígonos industriais, plataformas de logística e aterros sanitários
4	Rede Viária Florestal
5	Rede Ferroviária
7	Linhas de transporte e distribuição de energia elétrica de LDEE Muito Alta Tensão
8	Rede Primária de FGC
10	Linhas de transporte e distribuição de energia elétrica de LDEE Média Tensão
11	Mosaico de Parcelas de gestão de combustível
12	Redes de Pontos de Água
13	Linhas de transporte e distribuição de energia elétrica de Alta Tensão

Tabela I.2: Meios de financiamento

Código	Designação
1	AGRIS 3.4
2	Autarquia
3	Fundo Florestal Permanente
4	Outro
5	Serviço Público - Programa de Sapadores Florestais
0	N/A

Tabela I.3: Meios de execução

Código	Designação
1	Equipa de Sapadores Florestais da Autarquia
2	Equipa de Sapadores Florestais da Organização de Produtores Florestais/Baldios
3	Equipa de Defesa da Floresta contra Incêndios - Ex-AGRIS 3.4
4	Empresa de Prestação de Serviços/Prestadores de Serviços
5	Meios próprios da Autarquia
6	Programas ocupacionais - Instituto de Emprego e Formação Profissional
7	Outro
8	Equipa do Corpo Nacional de Agentes Florestais - CNAF
9	Meios próprios da Entidade responsável pela execução
10	Força de Sapadores Bombeiros Florestais do ICNF - FSBF e/ou UNM
11	Força Especial de Proteção Civil - FEPC
0	N/A

Tabela I.4: Tipo de intervenção a realizar nas faixas

Código	Designação
SSS	Sem intervenção
SAR	Sem intervenção. Área ardida no ano anterior ou no ano atual
CCC	Substituição por ocupação compatível que garanta a gestão do sub-coberto
DDD	Correção de densidades excessivas
DRO	Correção de densidades excessivas e desramações
AAA	Criação de faixas ou manchas por alteração do coberto vegetal
RRR	Desramações
QQQ	Gestão com fogo controlado
GFI	Gestão de combustíveis com aplicação de fitocidas
GAG	Gestão de combustíveis com culturas agrícolas
GSI	Gestão de combustíveis com silvopastorícia
MAO	Gestão mecânica de combustível e alteração do coberto vegetal
MDO	Gestão mecânica de combustível e correção de densidades excessivas
MDR	Gestão mecânica de combustível, correção de densidades excessivas e desramação
MDE	Gestão mecânica de combustível e desramação
MDQ	Gestão mecânica de combustível e gestão com fogo controlado
CAO	Gestão moto-manual de combustível e alteração do coberto vegetal
CDO	Gestão moto-manual de combustível e correção de densidades excessivas
CDR	Gestão moto-manual de combustível, correção de densidades excessivas e desramação
CDE	Gestão moto-manual de combustível e desramação
CDQ	Gestão moto-manual de combustível e gestão com fogo controlado

Tabela I.5: Fase do projeto

Código	Designação
1	Marcação no gabinete
2	Validação no terreno
3	Elaboração do plano de intervenção
6	Execução no terreno - Instalação (1.ª Intervenção)
7	Execução no terreno - Manutenção (Intervenções seguintes)

Tabela I.6: Operacionalidade da rede viária florestal

Código	Designação
INOP	Inoperacional
OPER	Operacional

Tabela I.7: Ordem das vias da rede viária florestal

Código	Designação
1	Rede com especificações de 1.ª ordem
2	Rede com especificações de 2.ª ordem
3	Rede complementar

Tabela I.8: Tipo de piso nas vias

Código	Designação
A	Asfalto
M	Macadame-toutvenant
P	Pedras-cubos
S	Saibro
T	Terra batida

Tabela I.9: Tipo de intervenção a realizar nos pontos de água e vias

Código	Designação
ESI	Existente - sem intervenção
CON	Construção
MAN	Manutenção / Beneficiação

Tabela I.10: Tipo de proprietário do ponto de água

Código	Designação
PUB	Público
PRI	Privado
COM	Comunitário
NDF	Não definido

Tabela I.11: Tipo de formato do ponto de água

Código	Designação
1	Quadrangular
2	Retangular
3	Circular
4	Outro

Tabela I.12: Tipo de captação de água do ponto de água

Código	Designação
1	Gravidade
2	Bombagem
3	Outro

Tabela I.13: Operacionalidade/estado do ponto de água

Código	Designação
1	Operacional
2	Falta de água
3	Rotura
4	Falta de acessibilidade
5	Ausência de controlo de vegetação
6	Outro





2025 Visualização do Estado de Faixas de Gestão de Combustível para Incêndios Bruno Carmo

