



UNIVERSIDADE DE  
COIMBRA

Ana Rita Figueiredo Grilo

MONITORIZAÇÃO DAS FAIXAS DE GESTÃO DE  
COMBUSTÍVEL ATRAVÉS DOS MAPAS INTRA-ANUAIS DO  
ESTADO DA VEGETAÇÃO

Dissertação no âmbito do Mestrado de Tecnologias de Informação Geográfica orientada pela Professora Doutora Cidália Maria Parreira da Costa Fonte e coorientada pelo Doutor Diogo André Vicente Amorim Duarte e apresentada ao Departamento de Matemática da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra

Setembro de 2023

# Monitorização das Faixas de Gestão de Combustível através dos Mapas Intra- Anuais do Estado da Vegetação

Ana Rita Figueiredo Grilo

Dissertação de Mestrado em Tecnologias de Informação Geográfica, área de especialização em Ciências e Tecnologias de Informação Geográfica, orientada pela Professora Doutora Cidália Maria Parreira da Costa Fonte e coorientada pelo Doutor Diogo André Vicente Amorim Duarte e apresentada ao Departamento de Matemática da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Setembro de 2023



1 2 9 0

UNIVERSIDADE DE  
COIMBRA

## Agradecimentos

---

Aos meus orientadores, Professora Doutora Cidália Fonte e Professor Doutor Diogo Duarte, pelo tempo investido em mim, pela motivação para continuar, e pela partilha de conhecimentos, não seria possível sem a vossa colaboração.

À Direção-Geral do Território um agradecimento pela disponibilização dos dados, que foram imprescindíveis na realização deste estudo.

Aos meus pais, especialmente, que sempre me apoiaram em todas as fases da minha vida, que acreditaram nas minhas capacidades e pelo esforço que foi feito para poder continuar a minha formação académica. São um exemplo para mim.

Ao meu namorado, que é também um amigo e companheiro, pela paciência, amor, carinho, presença, apoio e tantas outras coisas.

A todos os meus amigos que fiz ao longo deste percurso académico, foram imprescindíveis nestes 5 anos. Em especial à Carolina e ao João que foram, sem dúvida, as pessoas que estiveram sempre presentes, que sempre me apoiaram e espero continuar com esta amizade por muitos anos.

Aos meus avós que já não estão presentes para me verem a concluir uma etapa tão importante na minha vida, espero que estejam orgulhosos de mim.

## Resumo

---

Os incêndios nas florestas portuguesas têm sido uma constante, arrasando com o património que é tão essencial para o país e para o planeta Terra. Os incêndios não só destroem a floresta, influenciando os seus ecossistemas, como destroem os bens da população. Posto isto, é fundamental e urgente que haja uma gestão ordenada e sustentável das florestas, através de políticas públicas que tenham como prioridade a preservação e defesa deste recurso natural. Nessas leis incluem-se as Faixas de Gestão de Combustível, que surgem com a finalidade de criar uma zona envolvente das habitações, infraestruturas, vias de circulação, rede elétrica, entre outros, onde a vegetação é nula ou reduzida, de forma a dificultar a passagem e propagação do fogo.

Nesta dissertação propõe-se encontrar um método automático para identificar se existiu intervenção ou não nas Faixas de Gestão de Combustível recorrendo aos Mapas Intra-Anuais do Estado da Vegetação de vários meses para auxiliar na monitorização. Estes mapas, criados pela Direção-Geral do Território, têm como base as imagens do Sentinel-2 e o índice de vegetação NDVI, sendo disponibilizados mensalmente, o que permite ao utilizador obter uma resolução espacial alta (10 metros) e informação atualizada sobre o vigor da vegetação e a sua dinâmica. Para a monitorização também é essencial recorrer a cartografia temática, mais concretamente, à Carta de Uso e Ocupação do Solo Conjuntural (COSc), de onde se obtém informação relativa ao tipo de vegetação existente nas faixas de gestão de combustível e, por isso, será utilizada na metodologia.

A metodologia proposta foi testada na freguesia de Lorvão localizada no distrito de Coimbra. Por outro lado, pretende-se que a mesma seja válida para todas as áreas que se pretende observar, de forma que seja possível contribuir para a minimização dos riscos e dos impactos dos incêndios florestais, ao fornecer informação acerca do estado das faixas de forma automática e com baixos custos.

**Palavras-chave:** Monitorização, Faixas de Gestão de Combustível, imagens de satélite, Carta de Ocupação do Solo, Mapas Intra-Anuais do Estado da Vegetação

## Abstract

---

*Forest fires in Portuguese forests have been a constant threat, devastating the heritage that is so essential for the country and for planet Earth. These fires not only destroy the forests, influencing their ecosystems, but also destroy population's belongings. Therefore, it is crucial and urgent that there is an organized and sustainable management of forest through public policies prioritizing the preservation and defense of this natural resource. Included in these laws are the Fuel Management Strips, which are designed to create a surrounding area of habitation, infrastructure, routes, electrical network, among others, where vegetation is absent or reduced, making it difficult for fire to spread.*

*This dissertation aims to propose an automated method to identify whether there has been intervention or not in the Fuel Management Strips, using Intra-Annual Vegetation State Maps from various months to assist in monitoring. These maps, created by the Direção-Geral do Território, are based on Sentinel-2 images and the NDVI vegetation index, provided monthly, enabling users to obtain high spatial resolution (10 meters) and updated information on vegetation vigor and dynamics. For this monitoring it is also essential to resort on thematic cartography, specifically the Carta de Uso e Ocupação do Solo Conjuntural (COSc), from which information is obtained regarding the forest and the types of vegetation exists in the fuel management strips and, therefore, will be used in the methodology.*

*The proposed methodology was tested in the Lorrão parish located in the Coimbra district. On the other hand, the aim is for it to be applicable to all areas under observation, thereby contributing to the minimization of the risks and impacts of forest fires by providing information about the status of the strips automatically and with low costs.*

**Keywords:** Monitoring, Fuel Management Strips, satellite images, Carta de Ocupação do Solo Conjuntural, Intra-Annual Vegetation State Maps

# Índice

---

<b>1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1. Motivações e Objetivos.....	2
1.2. Estrutura do Documento.....	3
<b>2. Revisão Bibliográfica.....</b>	<b>4</b>
2.1. Detecção Remota .....	5
2.1.1. Satélites .....	6
2.1.2. Índice de Diferença Normalizada de Vegetação .....	10
2.2. Mapas Intra-Anuais do Estado da Vegetação .....	11
2.3. Carta de Ocupação do Solo Conjuntural.....	13
2.4. Legislação .....	15
2.4.1. Rede de Faixa de Gestão de Combustível.....	16
<b>3. Monitorização das faixas de gestão de combustível através dos MIAEV .....</b>	<b>19</b>
3.1. Dados utilizados na metodologia.....	20
3.1.1. Faixas de Gestão de Combustível .....	20
3.1.2. Mapas Intra-Anuais do Estado de Vegetação .....	21
3.1.3. Carta de Ocupação do Solo Conjuntural .....	22
3.2. Pré-processamento dos dados.....	23
Faixas de Gestão de Combustível.....	23
COsc .....	25
MIAEV .....	26
3.3. Área de Estudo.....	28

3.4.	Processo de análise das Faixas de Gestão de Combustível na área de estudo .....	29
<b>4.</b>	<b>Apresentação e discussão dos resultados .....</b>	<b>31</b>
4.1.	Perda de vegetação .....	31
4.1.1.	Matos .....	31
	Aglomerados .....	31
	Rede Viária.....	33
	Rede Elétrica de média tensão.....	35
4.1.2.	Eucalipto.....	36
	Aglomerados .....	36
	Rede Viária.....	39
	Rede Elétrica de média tensão.....	40
4.1.3.	Pinheiro-bravo .....	42
	Aglomerados .....	42
	Rede Elétrica de média tensão.....	43
	Rede Viária.....	44
4.2.	Ganho de vegetação.....	45
	Aglomerados .....	45
	Rede Viária.....	46
	Rede elétrica de média tensão .....	47
	Aglomerados .....	47
	Rede Viária.....	48
	Rede Elétrica de média tensão.....	49
	Aglomerados .....	49
	Rede Viária.....	50
	Rede Elétrica de média tensão.....	51
4.3.	Análise complementar para Agosto de 2022.....	51
4.4.	Discussão dos resultados.....	55
<b>5.</b>	<b>Conclusões.....</b>	<b>57</b>

## Abreviaturas

---

CAE- Carta de Áreas Edificadas

CIAE- Carta de Interfaces de Áreas Edificadas

COSc- Carta de Uso e Ocupação do Solo

DGT- Direção-Geral do Território

DMVV- Diferença Mensal de Verdura de Vegetação

FIC- Faixas de Interrupção de Combustível

FGC- Faixas de Gestão de Combustível

FRC- Faixas de Redução de Combustível

ICNF- Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas

MACAT- Mapas Anuais de Culturas Agrícolas Temporárias

MIAEV- Mapas Intra-Anuais do Estado da Vegetação

NDVI- *Normalized Difference Vegetation Index*

PNDFCI- Plano Nacional de Defesa da Floresta contra Incêndios

PMDFCI- Plano Municipal de Defesa da Floresta contra Incêndios

RDFCI- Redes Regionais de Defesa da Floresta contra Incêndios

SMOS- Sistema de Monitorização da Ocupação do Solo

SNDFCI- Sistema Nacional de Defesa da Floresta Contra Incêndios

SNIG- Sistema Nacional de Informação Geográfica

VV- Verdura de Vegetação

## Índice de Figuras

---

Figura 1- Zona de vegetação intervencionada junto à via de circulação na Mealhada, designando-se de Faixa de Gestão de Combustível. Fonte: Câmara Municipal da Mealhada.....	2
Figura 2- Sentinel-2. Fonte: ESA.....	8
Figura 3- Carta de Ocupação do Solo Conjuntural de 2022 .....	14
Figura 4- Faixa de Gestão de Combustível em habitações e aglomerados populacionais- Fonte: ICNF ...	18
Figura 5- Faixa de Gestão de Combustível na rede viária. Fonte: ICNF.....	18
Figura 6- Faixa de Gestão de Combustível na rede elétrica. Fonte: ICNF.....	18
Figura 7- Exemplo de um MIAEV de DMVV em Lorvão .....	22
Figura 8- Os polígonos com simbologia preta correspondem aos polígonos com área inferior a 100 m <sup>2</sup> .	23
Figura 9- Ficheiro original das FGC.....	24
Figura 10- Separação das faixas de gestão de combustível.....	24
Figura 11- FGC de Aglomerados (bege), FGC de rede elétrica (laranja) e FGC da Rede Viária (castanho) convertidas para raster.....	25
Figura 12- Processo de reclassificação das classes de Eucalipto e Matos .....	26
Figura 13- Processo de reclassificação da classe de Pinheiro-bravo .....	26
Figura 14- Exemplo da classe Eucalipto da COSc nas quatro FGC.....	27
Figura 15- Exemplo dos valores de DMVV de Maio dentro das FGC .....	27
Figura 16- Área de Estudo .....	28
Figura 17- Classes da COSc utilizadas na metodologia presentes em Lorvão.....	29
Figura 18- Rede de FGC em Lorvão.....	29
Figura 19- 1º exemplo da classe de Matos nos aglomerados com valores de DMVV.....	31
Figura 20- Imagens de satélite dos meses de Maio a Julho relativamente a Matos nas FGC de aglomerados .....	32
Figura 21- Imagens das áreas com maiores valores de DMVV .....	32
Figura 22- 2º exemplo da classe de Matos na FGC de aglomerados com valores de DMVV .....	33
Figura 23- Imagens de satélite dos meses de Maio a Julho relativamente a Matos nas FGC de aglomerados (2º exemplo).....	33
Figura 24- Exemplo da classe de Matos na FGC da rede viária com valores de DMVV.....	34
Figura 25- Imagens de satélite dos meses de Maio a Julho relativamente a Matos na FGC da rede viária.	34
Figura 26- Imagem de 2023 retirada do Google Earth para mostrar a presença de matos na FGC da rede viária.....	34
Figura 27- Exemplo da classe de Matos na FGC de rede elétrica com valores de DMVV.....	35
Figura 28- Imagens de satélite dos meses de Maio a Julho relativamente a Matos na FGC da rede elétrica .....	35
Figura 29- Imagens das áreas com maiores valores de DMVV .....	36

Figura 30- Exemplo da classe de Eucalipto na FGC da rede elétrica com valores de DMVV .....	36
Figura 31- Imagens de satélite dos meses de Maio a Julho relativamente a Eucalipto na FGC de aglomerados.....	37
Figura 32- Imagens das áreas com maiores valores de DMVV .....	37
Figura 33- Imagem de 2023 retirada do Google Earth que evidencia a existência de eucaliptos.....	37
Figura 34- 2º exemplo da classe de Eucalipto na FGC de aglomerados com valores de DMVV.....	38
Figura 35- Imagens de satélite nos meses de Maio a Julho relativamente a Eucalipto na FGC de aglomerados (2º exemplo) .....	38
Figura 36- Imagem de 2023 retirada do Google Earth que evidencia a existência de eucaliptos.....	39
Figura 37- Exemplo da classe de Eucalipto na FGC da rede viária com valores de DMVV .....	39
Figura 38- Imagens de satélite dos meses de Maio a Julho relativamente a Eucalipto na FGC da rede viária .....	40
Figura 39- Imagem de 2023 retirada do Google Earth que evidencia a existência de eucaliptos.....	40
Figura 40- Exemplo da classe de Eucalipto na FGC da rede elétrica com valores de DMVV .....	41
Figura 41- Imagens de satélite dos meses de Maio a Julho relativamente a Eucalipto na FGC da rede elétrica.....	41
Figura 42- Imagens das áreas com maiores valores de DMVV .....	41
Figura 43- Exemplo da classe de Pinheiro-bravo na FGC de aglomerados com valores de DMVV .....	42
Figura 44- Imagens de satélite dos meses de Maio a Julho relativamente a Pinheiro-bravo na FGC de aglomerados.....	42
Figura 45- Imagem de 2023 retirada do Google Earth que evidencia a existência de Pinheiro-bravo .....	43
Figura 46- Exemplo da classe de Pinheiro-bravo na FGC da rede elétrica com valores de DMVV negativos.....	43
Figura 47- FGC de aglomerados e da rede elétrica da área referida .....	44
Figura 48- Imagens de satélite dos meses de Maio a Julho relativamente a Pinheiro-bravo na FGC da rede elétrica.....	44
Figura 49- Exemplo da classe de Matos na FGC de aglomerados com valores de DMVV positivos .....	45
Figura 50- Imagens de satélite dos meses de Maio a Julho relativamente a Matos na FGC de aglomerados .....	46
Figura 51- Exemplo da classe de Matos na FGC da rede viária com valores de DMVV positivos.....	46
Figura 52- Imagens de satélite dos meses de Maio a Julho relativamente a Matos na FGC da rede viária.	47
Figura 53- Exemplo da classe de Eucaliptos na FGC de aglomerados com valores de DMVV positivos.	47
Figura 54- Imagens de satélite dos meses de Maio a Julho relativamente a Eucalipto na FGC de aglomerados.....	48
Figura 55- Exemplo da classe de Eucaliptos na FGC da rede viária com valores de DMVV positivos.....	48
Figura 56- Imagens de satélite dos meses de Maio a Julho relativamente a Eucalipto na FGC da rede viária .....	48
Figura 57- Exemplo da classe de Eucaliptos na FGC da rede elétrica com valores de DMVV positivos..	49
Figura 58- Imagens de satélite dos meses de Maio a Julho relativamente a Eucalipto na FGC da rede elétrica.....	49
Figura 59- Exemplo da classe de Pinheiro-bravo na FGC de aglomerados com valores de DMVV positivos.....	50
Figura 60- Imagens de satélite dos meses de Maio a Julho relativamente a Pinheiro-bravo na FGC de aglomerados.....	50

Figura 61- Exemplo da classe de Pinheiro-bravo na FGC da rede viária com valores de DMVV positivos .....	50
Figura 62- Imagens de satélite dos meses de Maio a Julho relativamente a Pinheiro-bravo na FGC da rede viária.....	51
Figura 63- Localização do início do incêndio.....	52
Figura 64- MIAEV de DMVV que localiza a área afetada pelo incêndio.....	52
Figura 65- valores de DMVV relativamente à classe de Matos na FGC de aglomerados antes do incêndio .....	53
Figura 66- valores de DMVV relativamente à classe de Matos na FGC de aglomerados após o incêndio.	53
Figura 67- valores de DMVV relativamente à classe de Eucalipto na FGC de aglomerados antes do incêndio .....	54
Figura 68- valores de DMVV relativamente à classe de Matos na FGC de aglomerados após o incêndio.	54

## Índice de Tabelas

---

Tabela 1- Características das bandas espectrais do Sentinel-2. Adaptado de EngeSa.....8

Tabela 2- Características dos MIAEV. Adaptada de Fernandes (2022), p. 17.....11

## I. Introdução

Os incêndios florestais são uma constante ameaça para o território português, destruindo as florestas, edifícios e os bens das pessoas que habitam e trabalham nos espaços rurais, levando a uma perda de rentabilidade, competitividade e ecologia da floresta. Conscientes desta problemática, é necessário implementar uma gestão ordenada e sustentável da floresta, em que as prioridades passam por defender as pessoas e os seus bens e, também, defender os recursos da floresta. Para que isto resulte, é crucial que se elaborem medidas legislativas e estratégias para a defesa da floresta contra os incêndios. Entre a década de 60 e 70, assiste-se ao abandono da floresta e os incêndios florestais ganharam mais dimensão (Mira, 2013). Os anos de 2003 e 2005, afetados por incêndios de larga escala, foram os impulsores da criação do Decreto-Lei nº 156/2004, de 30 de Junho, e o Decreto-Lei nº 124/2006, de 28 de Junho, onde se estipularam várias estratégias para combater a propagação dos incêndios através, de entre outras medidas, a criação do Sistema Nacional de Defesa da Floresta Contra Incêndios (SNDFCI) e de Faixas de Gestão de Combustível (FGC) no âmbito regional, municipal e local.

As FGC têm como finalidade a proteção das pessoas e dos seus bens, através da limitação da propagação do fogo e respeitam uma série de condições impostas pela legislação, tais como a sua dimensão, área, gestão da vegetação e o local de atuação. Estas faixas requerem uma manutenção e limpeza de forma que a rede viária e as habitações estejam protegidas dos incêndios, como é o caso da figura 1, onde se consegue verificar a limpeza de uma FGC junto a uma rede viária conforme a legislação.

A manutenção e limpeza das FGC obriga a uma fiscalização por parte das entidades competentes, contudo, esta deve ser feita de uma forma rápida e eficaz. Sendo o trabalho de campo pouco viável por necessitar de muito tempo e elevados custos, é preferível pensar-se em como se pode observar a manutenção e limpeza das faixas sem necessitar de tanto trabalho de campo, recorrendo a técnicas de Detecção Remota. A Detecção Remota é “a ciência e arte de obter informação acerca de um objeto, área ou fenómeno através da análise de dados adquiridos por um dispositivo que não está em contacto com o objeto, área ou fenómeno sobre investigação” (Lillesand, Kiefer & Chipman, 2015).

Deteção remota com imagens de satélite tem muitas áreas de aplicação, incluindo a atualização da cartografia florestal, avaliação dos riscos de incêndios e deteção de focos de incêndios, cartografia de áreas ardidas, identificação de cortes e a monitorização do estado sanitário dos povoamentos (Ribeiro, 2007). Como referido, uma das aplicações da Deteção Remota é a identificação de cortes na vegetação, sendo um dos principais objetivos deste estudo.



**Figura 1-** Zona de vegetação intervencionada junto à via de circulação na Mealhada, designando-se de Faixa de Gestão de Combustível. Fonte: Câmara Municipal da Mealhada

### **1.1. Motivações e Objetivos**

Urge elaborar uma metodologia que permita que a monitorização das faixas de gestão de combustível seja mais eficiente para as entidades fiscalizadoras. Esta metodologia consiste na criação de processos automáticos ou semiautomáticos que permitam monitorizar as FGC de forma a obter as áreas que foram ou não intervencionadas, isto é, que tiveram operações de limpeza ou cortes de vegetação, permitindo que as autoridades tenham informação atualizada sobre as condições das faixas. A Direção Geral do Território (DGT), no âmbito do Sistema de Monitorização da Ocupação do Solo (SMOS), criou recentemente um produto mensal do qual podemos retirar informação sobre o estado da vegetação de forma atualizada, os Mapas Intra-Anuais do Estado da Vegetação (MIAEV). A metodologia que a DGT utilizou para a criação destes mapas baseia-se em técnicas de Deteção Remota utilizando Índices de Vegetação obtidos a partir de imagens de satélite Sentinel-2 para avaliar o estado atual da vegetação. A opção de utilizar este produto na metodologia prende-se com o facto de terem sido desenvolvidos por um instituto governamental oficial recentemente, por existirem poucos trabalhos onde utilizam este produto e para tentar perceber a sua utilidade em futuros trabalhos.

Levantam-se ainda algumas questões cruciais como a existência de situação de seca extrema ou severa no ano de 2022, declarada no Despacho n.º 2768-A/2022, tendo implicações nos valores de verdura da vegetação. Outra questão levantada passa por tentar diferenciar que tipo de intervenção ocorreu na faixa, isto é, se os valores de verdura de vegetação são baixos por ter havido um incêndio, por haver atividade agrícola, onde poderá haver rotação de culturas e daí ser importante recorrer à cartografia de uso e ocupação do solo para relacionar as mudanças com o tipo de ocupação existente.

Espera-se, portanto, que no desenvolvimento desta dissertação resulte uma metodologia onde os MIAEV serão suficientes para analisar se nas FGC ocorreu ou não intervenções, permitindo gerar um mapa com a identificação de áreas que foram ou que deviam ser intervencionadas.

## **1.2. Estrutura do Documento**

A estrutura do documento divide-se em quatro secções principais, sendo a primeira referente à introdução, onde se descreve o que se pretende desenvolver, quais os objetivos e as motivações deste estudo. Na segunda secção faz-se uma revisão bibliográfica, onde se desenvolvem os conceitos/temas presentes no estudo, apresentando artigos e trabalhos desenvolvidos por outros autores relacionados com o estudo realizado neste documento. No terceiro capítulo, apresenta-se os dados necessários para o desenvolvimento da metodologia, a preparação dos mesmos, as fases do processo e, por fim, a aplicação da metodologia na área de estudo escolhida. O quarto capítulo apresenta os resultados obtidos nos meses de Maio a Julho, dividindo-os em perda de vegetação e ganho de vegetação. Posteriormente, é feita uma análise complementar ao mês de Agosto devido à ocorrência de um incêndio na área de estudo. Por fim, faz-se uma discussão dos resultados.

## 2. Revisão Bibliográfica

Ao longo deste estudo, serão desenvolvidos alguns conceitos de Detecção Remota (subsecção 2.1) mencionados nesta dissertação, tais como as características das imagens de satélite do Sentinel-2 (subsecção 2.1.1), Índices de Vegetação, como o Índice de Diferença Normalizada de Vegetação (subsecção 2.1.2) e, por isso, serão apresentados alguns trabalhos relacionados com esta temática para entender como os MIAEV foram produzidos e como estes podem ser úteis na monitorização das FGC.

Os MIAEV são desenvolvidos pela DGT<sup>1</sup> no âmbito do SMOS, pelo que se fará uma descrição desta Instituição e do SMOS neste estudo. O SMOS é uma iniciativa desenvolvida pela DGT, onde organiza “a produção e disponibilização sistemática de informação cartográfica de base e temática relativa ao uso e ocupação do solo”<sup>2</sup>. Relativamente à **informação cartográfica de base**, inclui a cartografia topográfica como a rede hidrográfica, infraestruturas de transporte, entre outros, e a cartografia de imagem, como as imagens de satélite e os ortofotomapas, gerados por imagens aéreas. O SMOS disponibiliza ainda **cartografia de Uso e Ocupação do Solo**, como a Carta de Uso e Ocupação do Solo (COS), a Carta de Ocupação do Solo Conjuntural (COSc), e os **produtos Cartográficos Específicos** que inclui os MIAEV, os Mapas Anuais de Culturas Agrícolas Temporárias (MACAT), a Carta de Áreas Edificadas (CAE) e, por último, a Carta de Interfaces de Áreas Edificadas (CIAE).

Um dos produtos cartográficos utilizados na metodologia corresponde à COSc, do qual se retira informação sobre os tipos de ocupação do solo e a sua distribuição no território português.

Para trabalhar com FGC é crucial analisar e rever a legislação, onde define os conceitos relativos às faixas, indica como proceder à gestão da vegetação e das faixas e quais as suas dimensões, atribui competências, entre outros.

---

<sup>1</sup> “Serviço central da administração direta do Estado dotado de autonomia administrativa integrado na área do governo da Coesão Territorial” (<https://www.dgterritorio.gov.pt/dgt/organica-interna>)

<sup>2</sup> Despacho n.º291/2023

## 2.1. Detecção Remota

Para compreender este estudo é necessário introduzir conceitos relacionados com a Detecção Remota. Caetano (2018) considera que um sistema de deteção remota tem como componentes:

- **Fonte de energia-** *A qual ilumina ou disponibiliza energia aos objetos de interesse;*
- **Radiação e atmosfera-** *A energia, depois de sair da sua fonte e antes de atingir os objetos na superfície da Terra, atravessa a atmosfera interagindo com ela;*
- **Interação da radiação com os objetos-** *Depende do comprimento de onda da radiação e das características dos objetos;*
- **Gravação da energia pelo sensor-** *O sensor recolhe e grava a radiação refletida (e/ou emitida) pelo objeto;*
- **Transmissão, receção e processamento-** *A energia gravada pelo sensor é transmitida para uma estação recetora onde os dados são processados e compilados numa imagem;*
- **Interpretação e análise-** *Extração de informação da imagem*
- **Aplicação-** *A informação extraída da imagem é utilizada na resolução de problemas que motivaram a sua aquisição*

Silva (2022) relaciona a deteção remota com a observação à distância através de satélites, aviões e veículos aéreos não tripulados que captam imagens de forma ativa, em que o satélite emite a sua própria energia, ou passiva, em que a fonte de energia é o Sol. A deteção remota permite ainda avaliar e detetar as mudanças no uso e ocupação do solo em diferentes escalas temporais e espaciais, isto, é, cobre uma vasta extensão da superfície terrestre (escala espacial) e em diferentes períodos de tempo (escala temporal) (Martins, 2015).

Ao juntar a Detecção Remota aos Sistemas de Informação Geográfica consegue-se produzir informação atualizada, através da aquisição de imagens de satélite que são disponibilizadas rapidamente, portanto, esta secção apresenta uma análise e caracterização dos satélites que podemos utilizar em Detecção Remota.

Após a aquisição das imagens, existe o processamento dos dados a partir do qual podemos criar informação temática ou quantitativa (Chuvieco, 1999). Ainda em Detecção Remota, consegue-se perceber o estado da vegetação através dos índices radiométricos, como o Índice de Diferença Normalizada da Vegetação, que será descrito na subsecção 2.1.2.

### 2.1.1. Satélites

A observação da Terra pode ser feita recorrendo a sensores que medem à distância a quantidade de energia eletromagnética emitida ou refletida por um objeto ou uma extensão geográfica de um fenómeno (Jensen, 2015). Caetano (2018) refere que uma imagem apresenta 4 tipo de resoluções, definindo-as como:

- **Resolução espacial**- *corresponde ao mais pequeno elemento que pode ser detetado por um determinado sensor e define o detalhe espacial de uma imagem.*
- **Resolução espectral**- *refere-se à dimensão e ao número de intervalos de comprimento de onda específicos do espectro eletromagnético que o sensor é capaz de distinguir. Os sensores podem ser classificados em multiespectrais, que gravam a energia num pequeno número de regiões do espectro eletromagnético, e hiperespectrais, que gravam a energia num grande número de estreitas regiões do espectro eletromagnético.*
- **Resolução temporal**- *refere-se ao tempo decorrido entre sucessivas aquisições de imagens de um mesmo local.*
- **Resolução radiométrica**- *consiste na capacidade de o sensor registar variações na intensidade da radiação para um dado comprimento de onda e define o número de níveis digitais usados para exprimir os dados recolhidos pelo sensor. Quanto maior a resolução radiométrica, maior é a capacidade de o sensor detetar e registar pequenas diferenças na energia refletida.*

Relativamente aos satélites que contribuíram para a deteção remota, destaca-se o satélite Landsat. Em 1967, a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) e o Departamento do Interior dos EUA desenvolveram um programa de observação designado ERTS (*Earth Resources Technology Satellites*), mais conhecido por Landsat, tendo sido lançado em 1972 (García et al., 2012).

O satélite **Landsat** recolhe continuamente imagens multiespectrais de resolução moderada da superfície da Terra (Carvalho, 2017). De acordo com a NASA, o Landsat apresenta uma resolução de 30 m e uma faixa de imagens de 185 km, permitindo avaliar as mudanças ambientais ao longo do tempo. Até 2021, foram lançados 9 satélites Landsat. Graças a este programa, seguiram-se muitos desenvolvimentos na observação da Terra a partir do espaço.

Em 1986 foi lançado o satélite **SPOT** (*Satellite pour l'Observation de la Terre*)<sup>3</sup> com o objetivo de melhorar o conhecimento e a gestão da Terra ao explorar os recursos do planeta, detetar e

---

<sup>3</sup> <https://earth.esa.int/eogateway/missions/spot>

prever os fenômenos relacionados com a climatologia e oceanografia e ao monitorizar as atividades humanas e os fenômenos naturais, fornecendo imagens de alta resolução de 10m (García et al., 2012). Até à data foram lançados 7 satélites SPOT.

No ano de 2000, surge o *Earth Observing-1* (EO-1), satélite experimental da NASA com uma resolução de 30 m, para testar e validar novas tecnologias a aplicar em futuras missões do Landsat, tendo como objetivo reduzir os altos custos (Carvalho, 2017).

Mais recentemente, surgem os **Sentinel**, satélites concebidos pela ESA para fornecer uma quantidade de dados e imagens para o programa Copernicus da Europa<sup>4</sup>. Segundo a ESA, o Sentinel-1, lançado em 2014, é constituído por dois satélites, Sentinel-1A e Sentinel-2B e tem com objetivo fornecer dados para a monitorização marítima e terrestre. Em 2015 foi lançado o Sentinel-2, que será abordado na subsecção seguinte, sendo as suas imagens utilizadas para a produção dos MIAEV (subsecção 2.2).

## Sentinel-2

A missão Sentinel-2 foi desenvolvida no âmbito do Programa Copernicus pela Agência Espacial Europeia<sup>5</sup>, organização internacional com 22 membros (Carvalho, 2017). Um dos objetivos da missão é fornecer dados de satélite de alta resolução para monitorizar o uso e ocupação do solo, mudanças climáticas e desastres naturais, complementando outras missões como a do Landsat (Phiri et al., 2020). A constelação do Sentinel-2 é feita por um par de satélites, o Sentinel-2A e o Sentinel-2B, o que permite visitar um mesmo lugar, no equador, em 5 dias<sup>6</sup>.

O satélite Sentinel-2 (fig. 2) tem a particularidade de ter na sua constituição um sensor multiespectral (MSI, do inglês MultiSpectral Instrument), que permite obter uma grande quantidade de características das suas superfícies (Silva, 2022), com 13 bandas espectrais (tabela 1), oferecendo imagens com uma resolução espacial de 10m. Em relação ao MSI, este funciona de forma passiva, isto é, capta a radiação solar refletida da Terra e os dados são adquiridos à medida que o satélite faz a sua trajetória orbital<sup>7</sup>.

---

<sup>4</sup> <https://eos.com/find-satellite/sentinel-1/>

<sup>5</sup> Conhecida como ESA

<sup>6</sup> <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2>

<sup>7</sup> <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2/satellite-description>



**Figura 2-** Sentinel-2. Fonte: ESA

**Tabela 1-** Características das bandas espectrais do Sentinel-2. Adaptado de EngeSat

<b>Bandas</b>	<b>Comprimento de onda (nm)</b>	<b>Resolução (m)</b>
B 1- Aerossol	443	60
B 2 – Blue (Azul)	490	10
B 3- Green (Verde)	560	10
B 4- Red (Vermelho)	665	10
B 5- Red Edge	705	20
B 6- Red Edge	740	20
B 7- Red Edge	783	20
B 8- NIR (Infravermelho Próximo)	842	10
B 8A- Red Edge	865	20
B 9- Water vapor	940	60
B 10 - Cirrus	1375	60
B 11 – SWIR (Infravermelho de onda curta)	1610	20
B 12 – SWIR (Infravermelho de onda curta)	2190	20

Do Sentinel-2 pode-se adquirir produtos divididos pelos níveis 0, 1 e 2. De acordo com a ESA, o produto do Nível 0 e o Nível 1A não estão disponíveis para os utilizadores. Os produtos disponíveis para os utilizadores são os produtos do nível 1B, nível 1C e nível 2A. Segundo Phiri *et al.* (2020), os produtos mais utilizados para mapear a cobertura e uso do solo são o nível 1C e nível 2A.

A escolha para utilizarem imagens do Sentinel-2 para a produção dos MIAEV justifica-se pelo facto de haver necessidade de a resolução espectral incluir as bandas do vermelho e infravermelho próximo, uma resolução temporal inferior a 30 dias, uma resolução espacial de 10 m e o facto de as imagens serem de acesso gratuito.

Existem muitos trabalhos que estudam a utilidade das imagens do Sentinel-2 e a monitorização do uso e ocupação do solo. Em 2020, Phiri *et al* realizaram um estudo onde pretendem avaliar o contributo das imagens do Sentinel-2 nessa vertente, onde concluíram que o satélite Sentinel-2 por ter uma resolução espacial alta permite atingir muita precisão comparativamente a outras imagens de satélite de média resolução espacial, como o caso do Landsat. Por outro lado, referem ainda que as imagens do Sentinel-2 são relativamente recentes e, por essa razão, muitas regiões não foram testadas, ao contrário das versões anteriores do Landsat.

## 2.1.2. Índice de Diferença Normalizada de Vegetação

Através das imagens multiespectrais é possível calcular índices radiométricos obtidos a partir de um conjunto de bandas.

Para monitorizar a vegetação, pode-se recorrer ao Índice de Diferença Normalizada de Vegetação (NDVI, do inglês Normalized Difference Vegetation Index), a partir do qual os MIAEV se basearam para a sua criação. Jensen (2015) considera que Rouse *et. al.* (1974) foi um dos primeiros a utilizar o NDVI. Tem como finalidade monitorizar o estado da vegetação, calculando-se através da diferença entre a radiação do infravermelho próximo e a radiação vermelha, como podemos ver na equação (1). Jesus (2020) explica que a radiação vermelha é absorvida pela vegetação e a radiação infravermelha é refletida, ou seja, quando a vegetação é saudável a clorofila reflete mais radiação no infravermelho próximo e no verde, ao passo que absorve mais luz vermelha e azul, sendo assim, na zona visível do espectro é refletida a luz verde e por isso, é o motivo de os nossos olhos verem verde.

Os valores deste índice variam numa escala de -1 a 1, sendo que os valores próximos de 1 correspondem a zonas com maior vigor vegetativo e zonas sem vegetação tem valores próximos de zero, já valores negativos de NDVI são raros (Hall *et. al.*, 2002).

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad (1)$$

No caso de utilizar as bandas do satélite Sentinel-2, a fórmula (1) é substituída pelas bandas 4 e 8 (tabela 1), como se pode observar na fórmula (2).

$$NDVI = \frac{B8 - B4}{B8 + B4} \quad (2)$$

O NDVI é uma ferramenta importante em análises de dinâmica temporal e em análises mais simplificadas da vegetação (Bezerra *et. al.*, 2018). Este índice é, também, importante na medida em que consegue detetar mudanças sazonais e intra-anuais no crescimento da vegetação e a sua atividade (Jensen, 2015; Huete *et.al.*, 2002).

Fernandes (2022) refere que a escolha deste índice como base na criação dos MIAEV assenta no facto de obter uma métrica da quantidade de vegetação com vigor, altamente correlacionada com a quantidade de água na vegetação”, de ser o índice que mais reage a um distúrbio na vegetação e, por fim, minimizar o custo de produção.

## 2.2. Mapas Intra-Anuais do Estado da Vegetação

Relativamente a este tema realça-se o trabalho realizado por Fernandes (2022) em colaboração com a DGT, onde se apresenta as fases de pesquisa, metodologia e justificação do produto lançado recentemente, os MIAEV.

Os MIAEV fazem parte do SMOS e foram criados pela DGT em 2022. Relativamente às suas características (figura 1), são dados com formato *raster* que contém pixéis de 10 metros. Segundo a DGT, os MIAEV “caracterizam o vigor vegetativo da vegetação através de indicadores quantitativos calculados com base em imagens de satélite Sentinel-2”. Este produto pode ser obtido no SNIG<sup>8</sup>, através de serviços de visualização (e.g. WMS) e no viSMOS, plataforma que permite explorar os produtos do SMOS.

**Tabela 2-** Características dos MIAEV. Adaptada de Fernandes (2022), p. 17

<b>Resolução Espacial</b>	10 m
<b>Periodicidade</b>	Mensal
<b>Formato</b>	Raster
<b>Disponibilidade</b>	viSMOS, SNIG
<b>Projeção Geográfica</b>	ETRS89   Portugal TM06   EPSG: 3763

A criação dos MIAEV não só caracterizam o vigor vegetativo da vegetação em áreas agrícolas, florestais ou de mato, como também permite acompanhar o crescimento e desenvolvimento da vegetação onde se consegue verificar as variações nas culturas e práticas agrícolas, bem como a perda de vegetação em caso de fogos ou cortes, sendo esta última ação relevante neste estudo. Fernandes (2022) refere que este produto é útil no acompanhamento do estado de culturas intra-aneais, no destacar de mudanças bruscas no estado da vegetação e na deteção de anomalias em relação a um período homólogo.

---

<sup>8</sup> Sistema Nacional de Informação Geográfica

Os **MIAEV** incluem vários produtos, segundo a DGT:

1. **Verdura da Vegetação (VV)**- *Caracteriza o vigor atual (mensal) da vegetação (fig.3). O NDVI é calculado a partir de um mosaico composto por imagens do Sentinel-2 com um pixel de 10m, criado a partir da mediana de várias imagens diferentes do mesmo mês. O NDVI, que varia entre -1 e 1, é multiplicado por 100 e todos os valores negativos são reclassificados para zero. Assim, a VV varia entre 0 e 100. A fórmula utilizada para este tipo de MIAEV é (Fernandes, 2022):*

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} * 100$$

2. **Diferença mensal da VV (DMVV)** - *Diferença entre o vigor da vegetação atual e do mês anterior. Neste MIAEV, o NDVI é calculado com a data mais recente dentro dos meses (atual e anterior). Se durante o mês atual não houver nenhuma observação Sentinel-2 (devido a nuvens), este MIAEV deixa os pixels vazios (sem dados). Se durante o mês anterior não houver nenhuma observação Sentinel-2 (devido a nuvens), é usado o NDVI mais recente de meses mais antigos. Antes de calcular a diferença, os NDVI são multiplicados por 100 e todos os valores negativos são reclassificados para zero. Assim, os valores de DMVV variam entre -100 e 100. Aqui utilizam imagens diárias na produção e não compósitos mensais (Fernandes, 2022) (fig. 4).*
3. **Percentil homólogo da VV (PHVV)** - *Compara o vigor atual (mensal) da vegetação com o período histórico homólogo (fig. 5). O NDVI atual é calculado a partir do mesmo mosaico usado na Verdura da Vegetação (VV). O período histórico homólogo corresponde aos mosaicos mensais do Sentinel-2 obtidos no mesmo mês de anos anteriores desde outubro de 2016. Por exemplo, o PHVV do mês de maio de 2022 usa os meses de maio de 2017 a 2021 como período histórico. A comparação do NDVI atual com os valores históricos permite determinar o percentil do novo valor. Sendo um percentil, este MIAEV varia entre 0 e 100 e a sua interpretação é feita como qualquer percentil. Por exemplo, se o NDVI atual estiver no percentil 75, quer dizer que 75% dos valores históricos são mais baixos do valor atual, e apenas 25% são mais altos.*

### 2.3. Carta de Ocupação do Solo Conjuntural

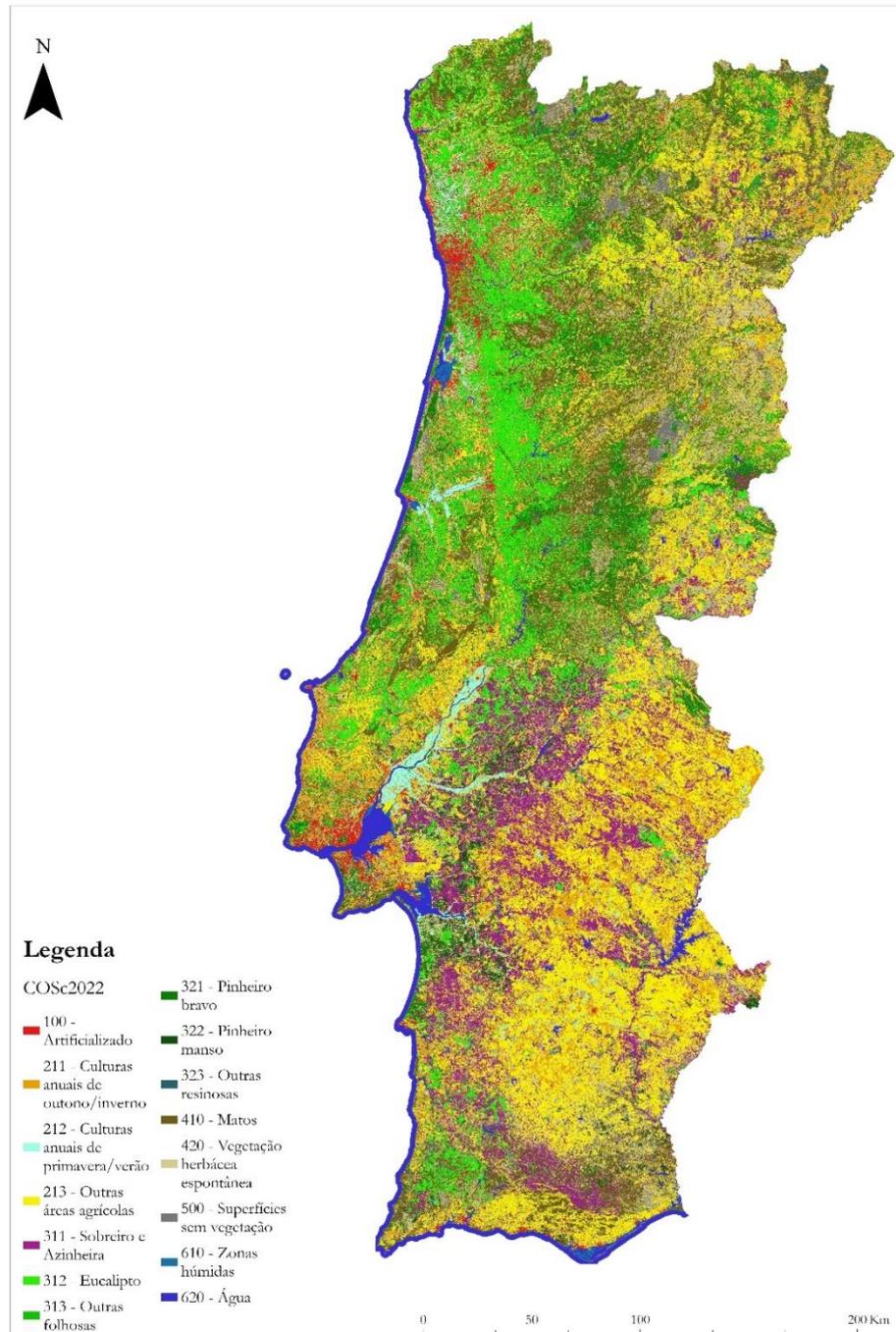
A COSc (fig. 3) é um produto do SMOS e designava-se de Carta de Ocupação do Solo simplificada (COSsim). Segundo a DGT, foi desenvolvida com o objetivo de fornecer informação complementar à COS, sendo produzida e atualizada anualmente. A COSc é de formato raster com pixéis de 10 m, tendo sido já produzidas quatro cartas experimentais desde 2018 até à data.

A COSc tem diversos utilizadores tais como entidades de Administração Pública Central e Local, setor privado, universidades, centros de investigação e desenvolvimento; diversos usos na área do ambiente, agricultura e floresta e várias aplicações como ajudarem na produção de cartografia conjuntural de interface de áreas edificadas, cartografia de perigosidade de fogos rurais, modelação de propagação de fogos, monitorização de atividade agrícola e, por último, monitorização das faixas de gestão de combustível, que será o foco central deste estudo.

A nomenclatura da COSc é dividida por três níveis de detalhe temático crescente. Relativamente ao nível 3, o mais detalhado e utilizado na metodologia deste estudo, apresenta 15 classes, sendo elas (DGT, 2022):

1. **Artificializado**- áreas com superfícies impermeabilizadas
2. **Culturas anuais de outono/inverno**- culturas anuais temporárias normalmente semeadas durante o outono e inverno e colhidas no fim da primavera
3. **Culturas anuais de primavera/verão**- culturas anuais temporárias semeadas e colhidas na primavera e verão
4. **Outras áreas agrícolas**- áreas com culturas agrícolas permanentes e pastagens melhoradas
5. **Sobreiro e Azinheira**- áreas cobertas por sobreiro e azinheira
6. **Eucalipto**- áreas cobertas por eucalipto
7. **Outras folhosas**- áreas cobertas por árvores folhosas (e.g., outros carvalhos, salgueiros, choupos)
8. **Pinheiro-bravo**- áreas cobertas por pinheiro-bravo (*pinus pinaster*)
9. **Pinheiro-manso**- áreas cobertas por pinheiro-manso (*pinus pinea*)
10. **Outras resinosas**- áreas cobertas por árvores resinosas não pertencentes às classes pinheiro-bravo e pinheiro-manso
11. **Matos** – áreas naturais de vegetação espontânea, pouco ou muito densa, com coberto arbustivo (e.g., urzes, silvas, giestas, tojos, estevas, zambujeiro)
12. **Vegetação herbácea espontânea**- áreas de vegetação herbácea que se desenvolve sem adubação, cultivos, sementeiras ou drenagens

13. **Superfícies sem vegetação-** área permeável sem vegetação ou com vegetação esparsa
14. **Zonas húmidas-** áreas com vegetação, permanente ou temporariamente cobertas por água doce, salgada ou salobra.
15. **Água-** Superfícies de água doce que incluem cursos de água e planos de água, naturais, fortemente modificados e artificiais; superfícies de água salgada, que incluem oceanos, e/ou de água salobra que incluem lagoas costeiras e desembocadura fluvial.



**Figura 3-** Carta de Ocupação do Solo Conjuntural de 2022

## 2.4. Legislação

O processo de criação e implementação de medidas legislativas em relação ao combate aos incêndios florestais começou na década de 80 e, após os anos críticos de 2003 e 2005<sup>9</sup>, os anos de 2004 e 2006 (Mira et. al., 2013) foram cruciais no combate aos incêndios, tendo sido criados os Decretos-Leis n.ºs 156/2004, de 30 de Junho, e 124/2006, de 28 de Junho.

No Decreto-Lei n.º 156/2004, de 30 de Junho, criou-se o sistema nacional de proteção e prevenção da floresta contra incêndios. Contudo, dois anos passaram e viu-se a necessidade de formalizar medidas mais pormenorizadas. Surgiu então o Decreto-Lei n.º 124/2006 que implementou medidas tanto a nível nacional, regional, municipal, intermunicipal como a nível local, e onde se colocou em prática as redes de gestão de combustível. Este decreto-lei atribui ao Sistema Nacional de Defesa da Floresta contra Incêndios ações a desenvolver, tais como:

1. *Promoção da gestão ativa da floresta;*
2. *Implementação da gestão de combustíveis em áreas estratégicas, de construção e manutenção de faixas exteriores de proteção de zonas de interface, de tratamento de áreas florestais num esquema de mosaico e de intervenção silvícola, no âmbito de duas dimensões que se complementam, a defesa de pessoas e bens e a defesa da floresta;*
3. *Educar e sensibilizar em relação à defesa da floresta contra incêndios e ao uso correto do fogo;*
4. *Adoção de estratégias de reabilitação de áreas ardidas;*
5. *Reforço da vigilância e fiscalização e aplicação do regime contraordenacional instituído.*

Em relação ao planeamento de defesa da floresta contra os incêndios, destaca-se em primeiro lugar os elementos de planeamento que são o Índice de risco temporal de incêndio, a Zonagem do continente segundo o risco espacial de incêndio e as Zonas críticas. O planeamento nacional e regional está enquadrado no Plano Nacional de Defesa da Floresta contra Incêndios (PNDFCI) e o planeamento municipal e intermunicipal encontra-se enquadrado no Plano Municipal de Defesa da Floresta contra Incêndios (PMDFCI).

O Índice de risco temporal de incêndio descreve o risco diário de ocorrência de incêndios florestais em nível reduzido (1), moderado (2), elevado (3), muito elevado (4) e máximo (5). A Zonagem do continente segundo o risco espacial de incêndio classifica as zonas do continente segundo a probabilidade de ocorrência de incêndio em Classe I – muito baixa, Classe II- baixa,

---

<sup>9</sup> (Mira, et al., 2013)

Classe III- média, Classe IV – alta e Classe V – muito alta. Por fim, as Zonas críticas caracterizam-se por, segundo do Decreto-Lei n.º 124/2006, “manchas florestais onde se reconhece ser prioritária a aplicação de medidas mais rigorosas de defesa da floresta contra incêndios face ao risco de incêndio que apresentam e em função do seu valor económico.”.

Outra questão importante neste decreto-lei é relativamente às Redes Regionais de Defesa da Floresta contra Incêndios (RDFCI) que organizam o território ao nível da infraestruturização dos espaços rurais, enquadrando-se no Planeamento Regional da Defesa da Floresta contra Incêndios. As RDFCI contêm as Redes de Faixa de Gestão de Combustível, o Mosaico de Parcelas de Gestão de Combustível, Rede Viária Florestal, Redes de pontos de água, Rede de vigilância e deteção de incêndios e Rede de infraestruturas de apoio ao combate.

Existem outras medidas importantes para a prevenção dos incêndios, onde o decreto-lei interdita o depósito de madeiras e outros produtos inflamáveis nas redes de faixas e nos mosaicos de parcelas de gestão de combustível, exceto se aprovados pela entidade responsável. O Decreto-Lei destaca ainda algumas medidas em relação ao uso do fogo em que, durante o período crítico<sup>10</sup>, não é permitido realizar fogueiras, lançar foguetes, utilizar fogo-de-artifício, não é permitido fumar ou fazer lume nas florestas, entre outras formas de uso do fogo.

Por fim, o Decreto-Lei atribui competências de fiscalização e estabelece contraordenações, coimas e sanções acessórias tanto no caso de pessoa singular como no caso de pessoas coletivas.

#### 2.4.1. Rede de Faixa de Gestão de Combustível

As FGC, criada pelo Decreto-Lei n.º 124/2006, tem como principal finalidade reduzir a probabilidade de desenvolvimento de um incêndio. Essa redução é feita através da gestão dos combustíveis utilizando faixas e parcelas. A Gestão de Combustível define-se por “redução de material vegetal e lenhoso de modo a dificultar a propagação do fogo na vertical e na horizontal”.

De acordo com o Decreto-Lei n.º 124/2006, as Faixas de Gestão de Combustível integram a **Rede Primária**, a **Rede Secundária**, de âmbito municipal ou local, e a **Rede Terciária**, de âmbito local. Cada rede cumpre uma ou mais funções:

- a) *Diminuição da superfície percorrida por grandes incêndios, permitindo e facilitando uma intervenção direta de combate ao fogo;*

---

<sup>10</sup> “Período durante o qual vigoram medidas e ações de prevenção contra incêndios florestais, por força de circunstâncias meteorológicas.” (Decreto-Lei n.º 124/2006)

- b) *Redução dos efeitos de passagem de incêndios, protegendo de forma passiva as vidas de comunicação, infraestruturas e equipamentos sociais, zonas edificadas e povoamentos florestais de valor especial;*
- c) *Isolamento de potenciais focos de ignição de incêndios.*

Os tipos de faixas e mosaicos de parcelas de gestão de combustível, segundo o Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (2012), classificam-se por **Faixas de Redução de Combustível (FRC)** e **Faixas de Interrupção de Combustível (FIC)**. No caso das FRC, têm como objetivo a remoção do combustível de superfície (herbáceo, subarbustivo e arbustivo), abertura de povoamentos e supressão da parte inferior das copas. As FIC pretendem a remoção total dos combustíveis

#### **Rede Primária da Faixa de Gestão de Combustível**

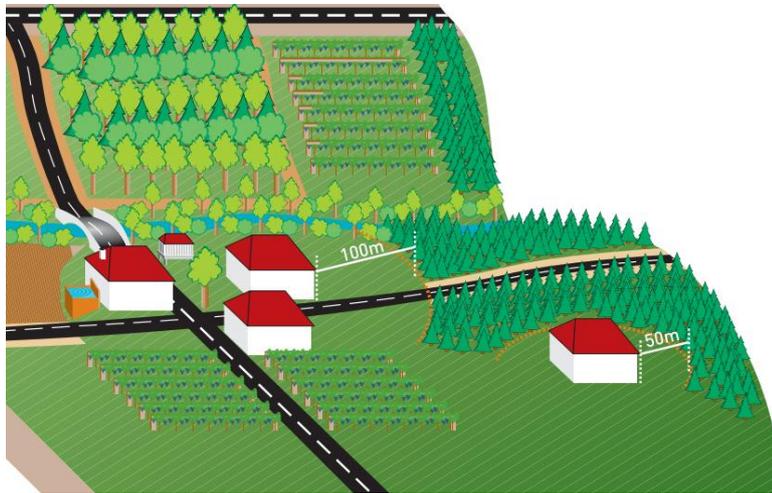
A **rede primária da FGC** atua a nível regional e é praticada nos espaços rurais englobando todas as funções acima referidas. Segundo o Decreto-Lei nº124/2006, têm em vista o estabelecimento de condições favoráveis ao combate a grandes incêndios florestais, tendo compartimentos de 500 a 10000 hectares. As faixas integrantes da rede primária devem ter uma largura não inferior a 125 metros.

#### **Rede Secundária e Terciária da Faixa de Gestão de Combustível**

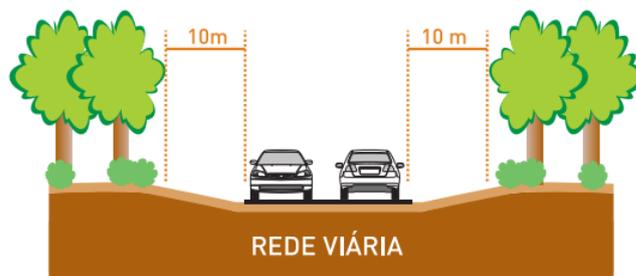
A **rede secundária** cumpre as funções *b) e c)* e desenvolvem-se em redes viárias e ferroviárias públicas, linhas de transporte e distribuição de energia elétrica e sobre as imediações dos aglomerados populacionais, edificações, infraestruturas, parques de campismo, de lazer e de recreio e industriais, plataformas logísticas e aterros sanitários.

Em relação às **redes secundárias**, as faixas criadas junto à **rede viária, ferroviária**, linhas de transporte e distribuição de **energia elétrica de muito alta tensão e alta tensão** devem ter uma largura não inferior a **10 m**, e no caso das faixas criadas junto às linhas de transporte e distribuição de **energia elétrica de média tensão** devem ter uma largura não inferior a **7 m** para cada um dos lados. Em torno das **habitações, estaleiros, armazéns, oficinas, fábricas** ou outros equipamentos no espaço são criadas faixas com um raio de **50 m**. No caso de **aglomerados populacionais, parques de campismo, de lazer e de recreio e industriais, plataformas logísticas e aterros sanitários**, a largura das faixas não pode ser inferior a **100 m**. Estas medidas referem-se a tudo o que estiver inserido no espaço florestal definido nos planos municipais de defesa da floresta contra incêndios.

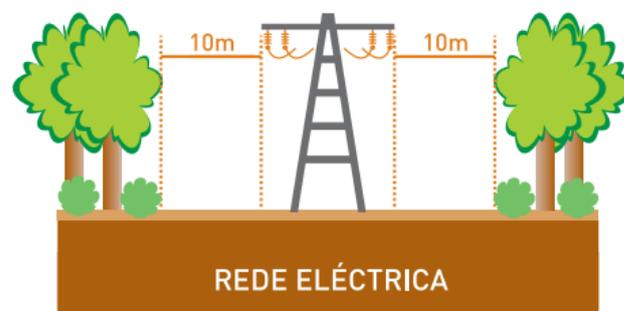
Por último, a **rede terciária** exerce a função *c)* atuando nas “redes viárias, elétrica e divisional das unidades locais de gestão florestal ou agroflorestal”.



**Figura 4-** Faixa de Gestão de Combustível em habitações e aglomerados populacionais- Fonte: ICNF



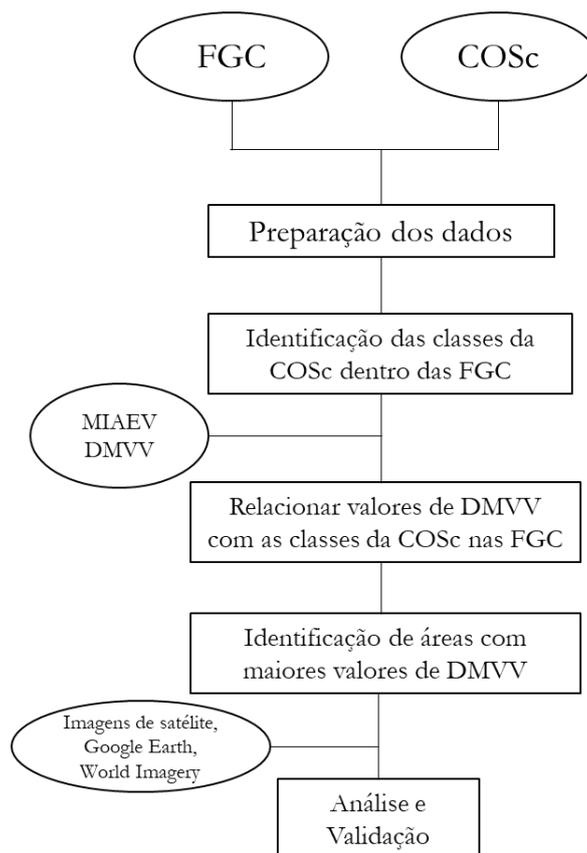
**Figura 5-** Faixa de Gestão de Combustível na rede viária. Fonte: ICNF



**Figura 6-** Faixa de Gestão de Combustível na rede elétrica. Fonte: ICNF

### 3. Monitorização das faixas de gestão de combustível através dos MIAEV

Este capítulo corresponde à aplicação da metodologia utilizada para a área de estudo escolhida. Introduce-se os dados necessários para a metodologia na subsecção 3.1 e o processamento dos mesmos na subsecção 3.2. Posteriormente descreve-se os passos que foram necessários no desenvolvimento da metodologia. Os últimos passos correspondem à análise e validação dos resultados recorrendo a imagens de satélite e ao Google Earth. Para a realização da metodologia, utilizou-se o software ArcGIS Pro. O **fluxograma 1** mostra os principais passos para o desenvolvimento da metodologia.



**Fluxograma 1-** Síntese metodológica

### 3.1. Dados utilizados na metodologia

#### 3.1.1. Faixas de Gestão de Combustível

As FGC são disponibilizadas no site do ICNF em formato vetorial (*shapefile*), que contém na sua tabela de atributos um conjunto de campos com várias informações. A explicação da informação contida nos campos está disponível no guia técnico do PMDFCI e têm as seguintes designações:

1. ID\_R\_FGC- identificação da FGC e mosaicos de parcelas de gestão de combustível (MPGC) com número inteiro
2. ID\_S\_FGC- identificação da secção constituinte de determinada FGC e MPGC com números decimais
3. DATA\_ACCAO- data em que foi efetuado o levantamento das características no terreno
4. COD\_INE- código referente ao distrito
5. DESC\_FGC- descrição das FGC e MPGC com um código
6. TIPO\_FGC- tipo de FGC e MPGC
7. OBJEC\_FUNC- objetivo e/ou função das FGC e MPGC
8. AREA – área de cada secção das FGC e MPGC, expressa em hectares
9. RESP\_GC- identificação do responsável pela gestão de combustível
10. INTER\_AAAA<sup>11</sup>- tipo de intervenção a realizar nas FGC e MPGC.
11. EXEC\_AAAA- meio de execução das FGC e MPGC
12. FIN\_AAAA- meio de financiamento para a execução das FGC e MPGC
13. FASE\_AAAA- fase do projeto das FGC e MPGC
14. OBSERV- observações relevantes

---

<sup>11</sup> “AAAA” corresponde ao ano do período de vigência do PMDFCI, sendo substituído pelo ano respetivo. Por exemplo: “INTER\_2022”.

Relativamente ao campo “DESC\_FGC”, o código e as descrições das FGC e MPGC na tabela de atributos relevantes para a metodologia são, segundo o quadro 1 do PMDFCI:

2- *Faixa exterior de protecção, de largura mínima não inferior a 100 m, nos **aglomerados populacionais** (definido no Artigo 3.º do Decreto-Lei n.º 124/2006, de 28 de Junho, inseridos ou confinantes com espaços florestais e previamente definidos no PMDFCI*

4- *Faixa lateral de terreno confinante à **rede viária florestal** numa largura não inferior a 10 m, nos espaços florestais e previamente definidos no PMDFCI*

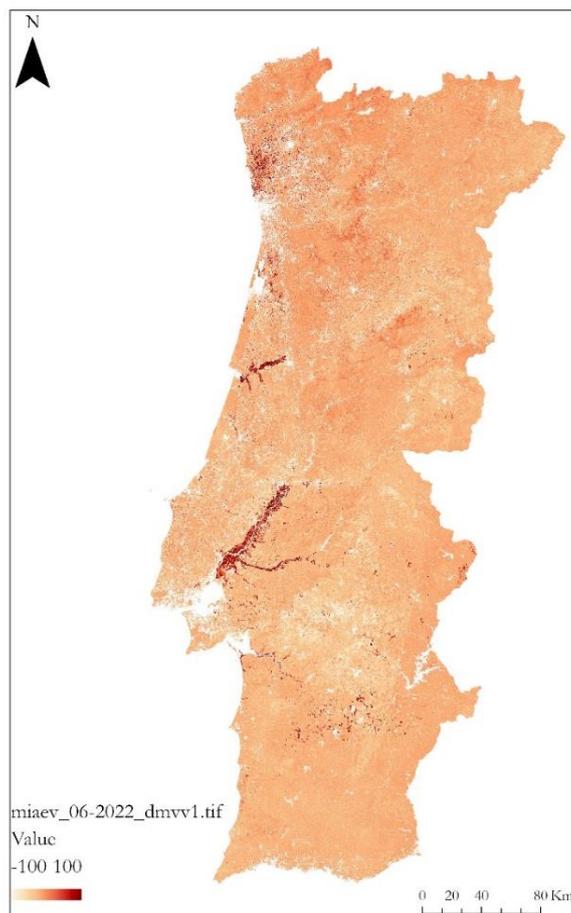
10- *Faixa correspondente à projecção vertical dos cabos condutores exteriores das **linhas de transporte e distribuição de energia eléctrica em média tensão**, acrescidos de uma faixa de largura não inferior a 7 m para cada um dos lados, nos espaços florestais e previamente definidos no PMDFCI*

É de ressaltar que apenas estas descrições serão utilizadas na metodologia, uma vez que são as existentes na área de estudo. Este campo é relevante para o processamento dos dados que será explicado posteriormente.

Relativamente às suas características, no ficheiro encontramos polígonos que correspondem às várias FGC existentes, onde as mesmas aparecem sobrepostas.

### 3.1.2. Mapas Intra-Anuais do Estado de Vegetação

Os MIAEV foram fornecidos pela DGT de forma a entender como podem ser utilizados para a monitorização das faixas de gestão de combustível. Os mapas utilizados na metodologia serão os referentes às Diferenças Mensais da Verdura de Vegetação (DMVV) (fig. 7), uma vez que a partir destes conseguimos verificar se houve diferenças significativas ou não de um mês para o outro. Os mapas utilizados têm início no mês de Maio e serão analisados até Julho de 2022, por serem os meses mais relevantes de analisar. De acordo com Fernandes (2022), um corte ou uma recuperação rápida da vegetação, ou seja, alterações bruscas, são identificadas, respetivamente, pelos valores negativos e pelos valores positivos, sendo que os valores perto dos extremos são bastante raros.



**Figura 7-** Exemplo de um MIAEV de DMVV em Lorvão

### 3.1.3. Carta de Ocupação do Solo Conjuntural

A COSc foi retirada do SNIG e será importante para o processo da metodologia. Ao analisar a legislação, entendeu-se que as classes da COSc que devem ser consideradas correspondem às classes que podem apresentar um problema na propagação e desenvolvimento dos incêndios, sendo elas Matos, Eucalipto e Pinheiro-Bravo.

De acordo com o ICNF, o pinheiro-bravo é uma espécie muito inflamáveis, tal como o eucalipto devido aos óleos existentes nas suas folhas. No caso dos matos, estes são menos resistentes à passagem do fogo, facilitando a sua propagação.

### 3.2. Pré-processamento dos dados

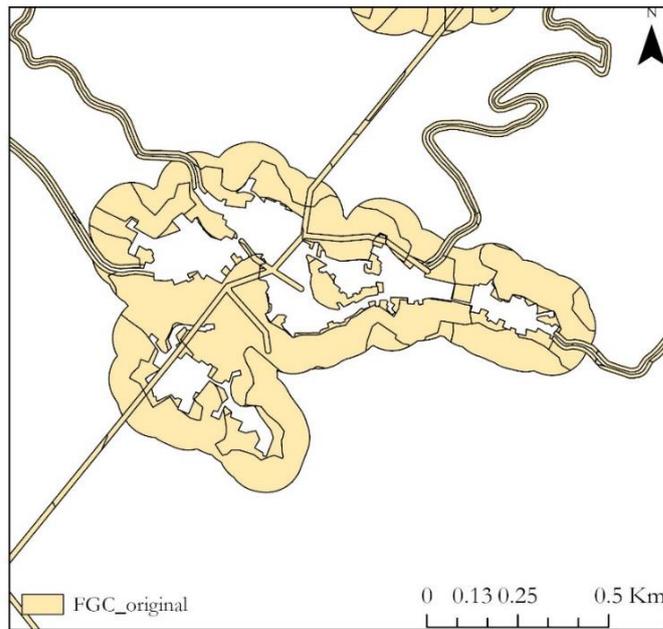
#### Faixas de Gestão de Combustível

A *shapefile* das FGC é composta por polígonos com áreas diferentes, contudo, contém polígonos muito pequenos que não são relevantes devido à sua dimensão. Portanto, recorreu-se a uma ferramenta que irá juntar os polígonos com área inferior a 100 metros<sup>2</sup> aos polígonos vizinho com maior área e aos polígonos que partilham fronteira mais longa. Caso existam polígonos que não correspondam a estes critérios, elimina-se de forma manual. Na figura 8, os polígonos que não correspondam a estes critérios, elimina-se de forma manual. Na figura 8, os polígonos que têm uma área inferior a 100 m<sup>2</sup>, que serão eliminados ou juntos a outros polígonos, estão representados a preto.



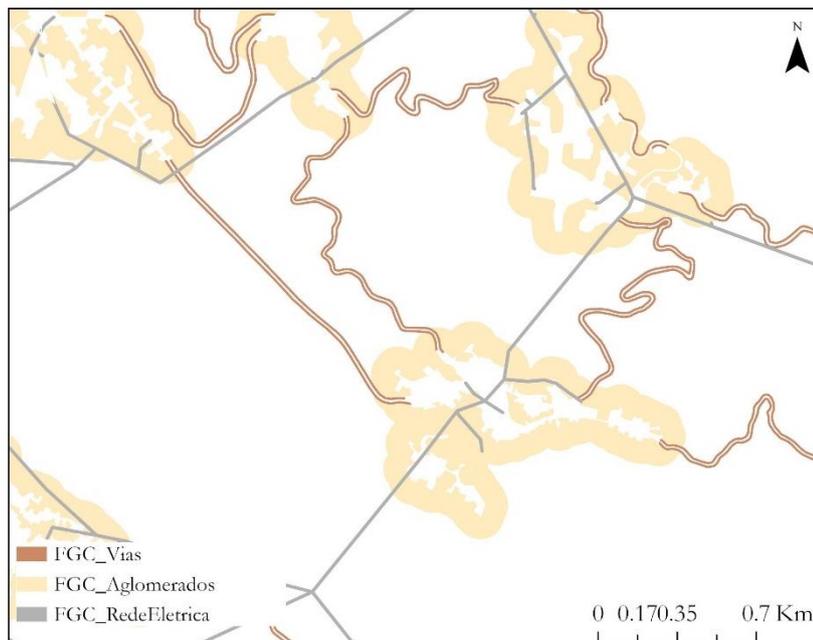
**Figura 8-** Os polígonos com simbologia preta correspondem aos polígonos com área inferior a 100 m<sup>2</sup>

Uma vez que o ficheiro vem originalmente com as faixas sobrepostas (fig. 9), não havendo distinção das mesmas, torna o processo mais complexo. Portanto, a fase seguinte passa por recorrer ao campo da tabela de atributos “DESC\_FGC”, que descreve os tipos de faixas existentes na área de estudo através de um código.



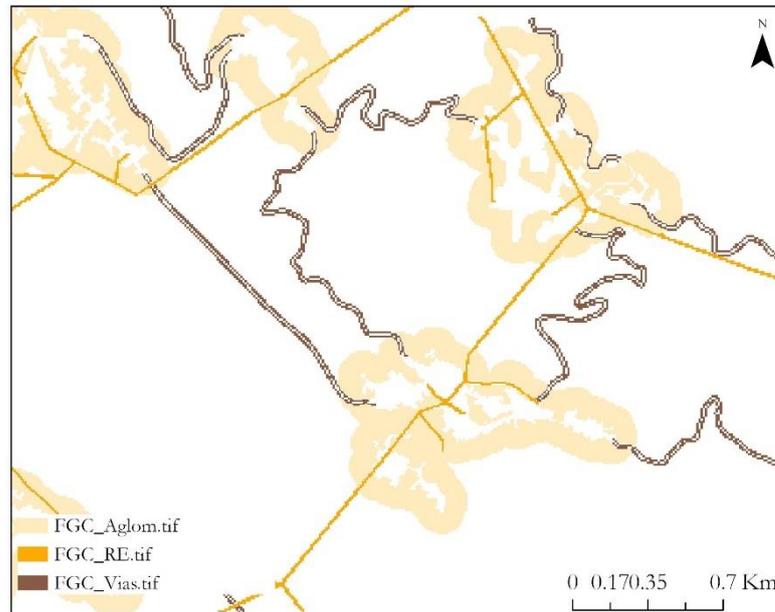
**Figura 9-** Ficheiro original das FGC

Através desses códigos é possível extrair cada um para separar as faixas de gestão de combustível pelo seu tipo, conforme o guia técnico do PMDFCI, gerando 4 ficheiros distintos que corresponde à FGC relativa aos aglomerados, à rede elétrica, rede viária e rede primária (fig. 10).



**Figura 10-** Separação das faixas de gestão de combustível

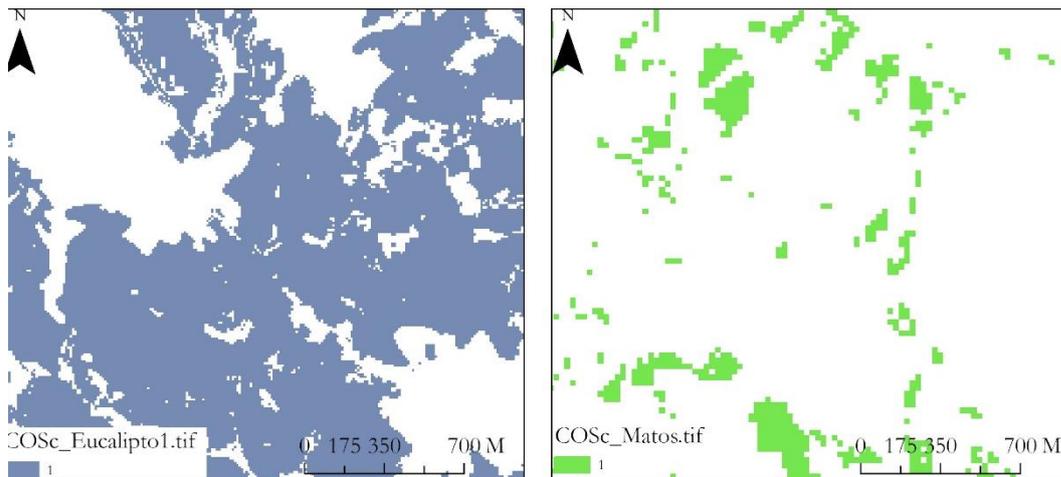
A separação das FGC permite ter ficheiros diferentes contendo apenas um tipo de faixa em cada ficheiro e que a informação não fique no mesmo ficheiro, que era o caso do ficheiro original. Tendo em conta que a metodologia será feita com modelos *raster* e as FGC são disponibilizadas no modelo vetorial, é necessário converter-se o ficheiro das FGC para *raster* (fig. 11), de forma que seja possível avaliar ao *pixel* e não ao polígono.



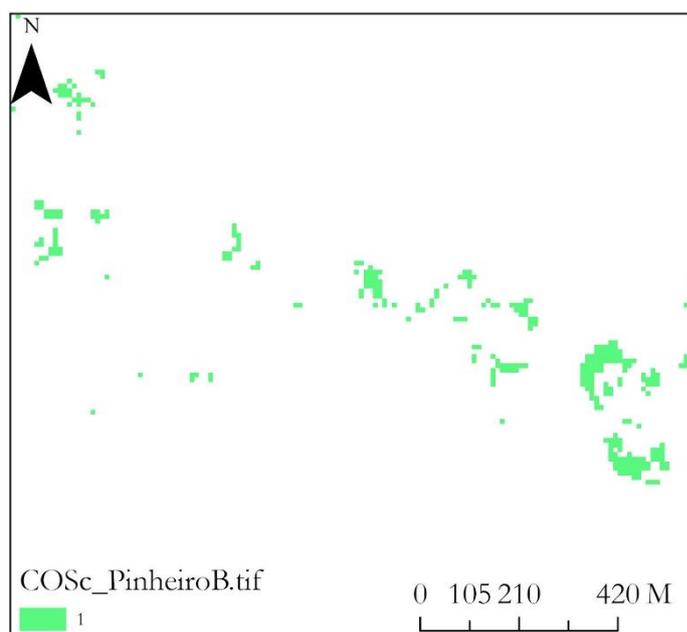
**Figura 11-** FGC de Aglomerados (bege), FGC de rede elétrica (laranja) e FGC da Rede Viária (castanho) convertidas para raster.

## COSc

Relativamente à COSc, a primeira parte do processamento deste dado passa por reclassificar o ficheiro. Isto é, atribui-se o valor 1 à classe da COSc que pretendemos analisar e o valor “NODATA” aos restantes valores do ficheiro, mais especificamente, atribui-se o valor 1 às classes de Matos, Pinheiro-bravo, Pinheiro-manso e Eucalipto. O resultado são 4 ficheiros distintos que indicam a presença com o valor 1 da classe da COSc que pretendemos utilizar e ausência com o valor “NODATA” (figs. 12 e 13). É perceptível através das figuras 12 e 13, que a classe de Matos e Eucaliptos têm maior presença, ao contrário da classe de Pinheiro-bravo.



**Figura 12-** Processo de reclassificação das classes de Eucalipto e Matos

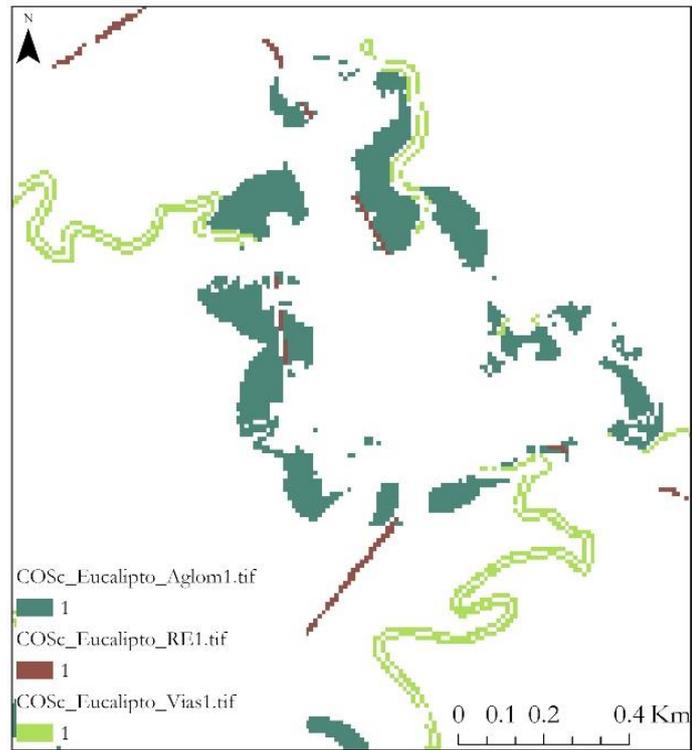


**Figura 13-** Processo de reclassificação da classe de Pinheiro-bravo

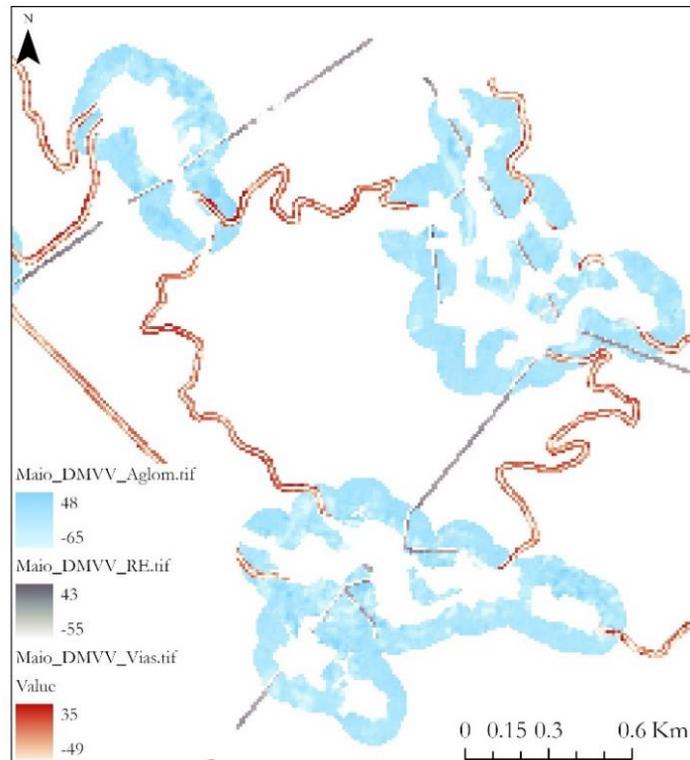
De seguida, é necessário identificar as classes da COSe dentro das FGC e, para isso, extraiu-se esses valores definindo a área que pretendemos com os *rasters* das FGC, ficando assim com as quatro classes que pretendemos analisar nas quatro faixas (fig. 14).

#### MIAEV

Em relação aos MIAEV, serão utilizados os de Diferença Mensal de Verdura de Vegetação (DMVV) dos meses de Maio a Outubro. Em primeiro lugar extraiu-se os valores dos MIAEV com valores de DMVV para a área especificada, que corresponde às três FGC (fig. 15).



**Figura 14-** Exemplo da classe Eucalipto da COSc nas quatro FGC



**Figura 15-** Exemplo dos valores de DMVV de Maio dentro das FGC

### 3.3. Área de Estudo

Para o desenvolvimento e aplicação da metodologia é necessário escolher-se a área de estudo. Portanto, a área de estudo escolhida corresponde à freguesia de Lorvão, pertencente ao concelho de Penacova e ao distrito de Coimbra (fig. 16).

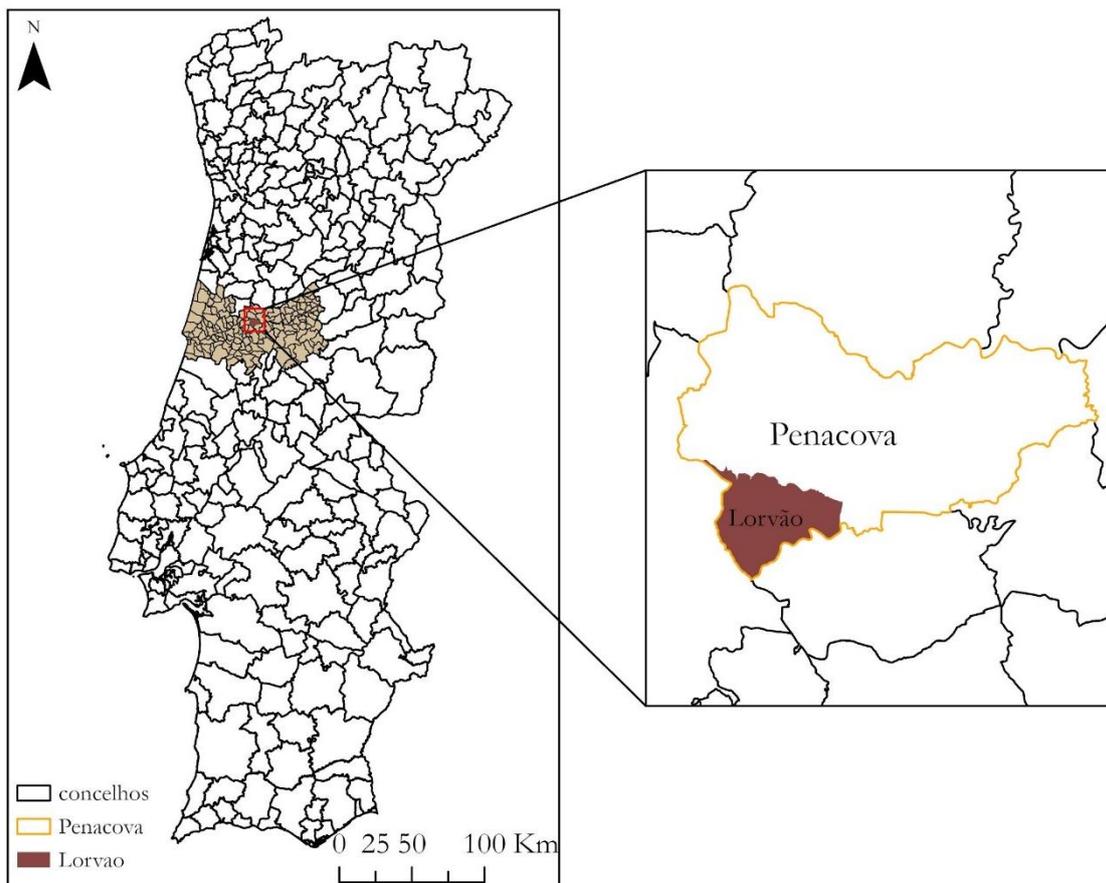
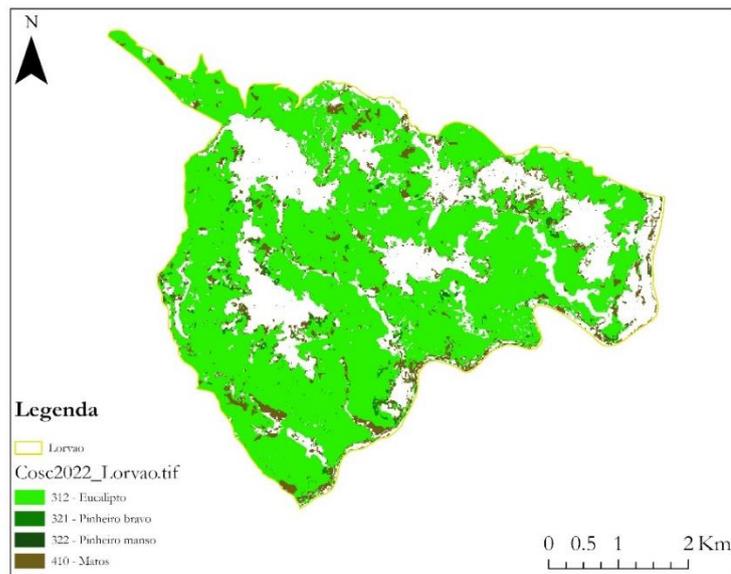


Figura 16- Área de Estudo

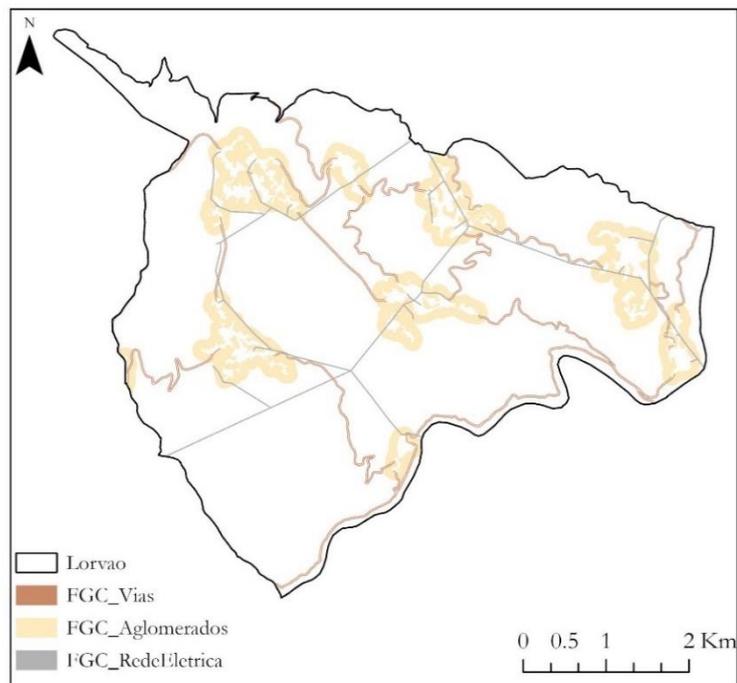
### 3.4. Processo de análise das Faixas de Gestão de Combustível na área de estudo

A análise dos MIAEVs permite identificar a perda ou ganho de vegetação, informação essencial para verificar se existiram intervenções (operações de limpeza ou cortes) nas FGC.

Antes de iniciar a análise, aplica-se todo o processamento referido na subseção 3.2 aos dados da área de estudo A. A figura 17 apresenta a distribuição espacial das classes da COSc de Matos, Eucalipto, Pinheiro-bravo e Pinheiro-manso na área de estudo. Relativamente às FGC, a figura 18 mostra o tipo de faixas de gestão de combustível existentes em Lorvão.



**Figura 17-** Classes da COSc utilizadas na metodologia presentes em Lorvão



**Figura 18-** Rede de FGC em Lorvão

Em relação à análise das FGC, relacionou-se os valores de DMVV de uma das classes da COSc mencionadas anteriormente com as FGC, ou seja, identificar nas FGC a classe da COSc que teve maiores diferenças mensais de verdura de vegetação negativas (perda de vegetação).

De forma a relacionar estes valores, multiplica-se os *rasters* que contêm as classes da COSc (Matos, Eucaliptos e Pinheiro-bravo) dentro das FGC com os *rasters* de DMVV de cada mês, através da calculadora de *rasters*. O resultado é um *raster* que tem os valores de DMVV de cada mês de uma classe da COSc dentro de uma faixa.

Para aplicar uma simbologia para todos os *rasters*, é necessário conhecer os valores máximos e mínimos de todos os *rasters* que foram obtidos e criar uma escala entre o valor máximo identificado e o valor mínimo. Assim, cria-se uma escala de cores onde as cores vermelhas significam diferença mensal de verdura de vegetação negativa (perda) e as cores verdes significam diferença mensal de verdura de vegetação positiva (ganho), enquanto os valores perto de zero significam que houve muito pouca ou nenhuma diferença. A partir daqui, consegue-se identificar áreas que podem ter tido intervenções.

A análise das faixas de gestão de combustível passa por identificar as zonas onde se verifica maiores diferenças mensais de verdura de vegetação das 4 classes da COSc nas 3 FGC. Depois de identificar estas áreas, tem de se recorrer a dados de referência que nos permita validar as análises e, para isso, recorre-se a imagens do Sentinel-2 e ao Google Earth que nos permite analisar o terreno. As imagens do Sentinel-2 foram retiradas do portal *Copernicus Access Hub*. São referentes ao mesmo intervalo de meses dos MIAEV de DMVV do ano de 2022 e têm uma resolução de 10m.

## 4. Apresentação e discussão dos resultados

Ao longo deste capítulo vão ser apresentados os resultados obtidos do processamento anterior e a discussão dos mesmos, dividindo a apresentação dos resultados por 2 grandes secções: Perda de vegetação e Ganho de vegetação, depois pelas subsecções Matos, Eucalipto e Pinheiro-bravo, e ainda de acordo com a tipologia das FGC, Aglomerados, Rede Elétrica de média tensão e Rede Viária.

### 4.1. Perda de vegetação

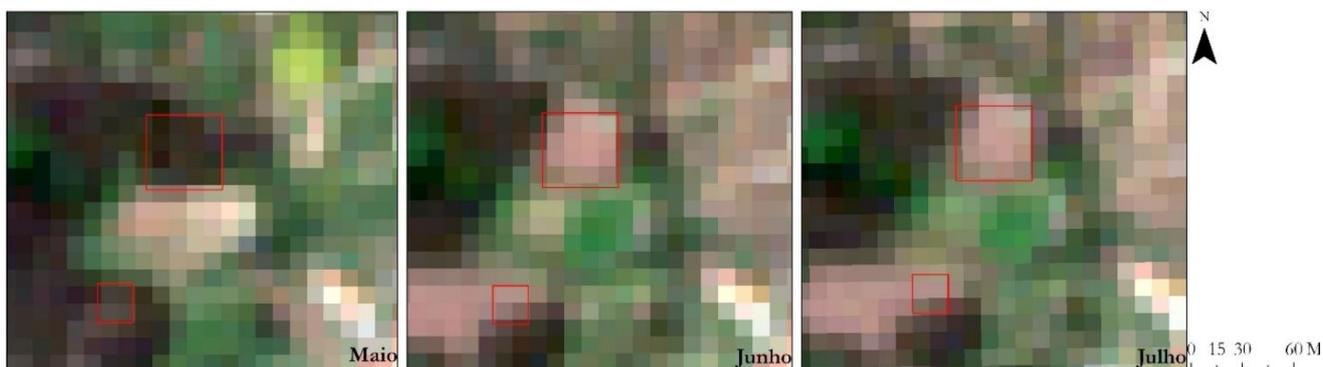
#### 4.1.1. Matos

##### Aglomerados

A figura 19 localiza uma área onde se verifica uma diferença mensal na verdura de vegetação significativa dos Matos relativamente aos aglomerados. Após a identificação desta mancha, deve-se recorrer às imagens de satélite dos meses de maio, junho e julho para verificar esta alteração (fig. 20). É perceptível que do mês de Maio para o mês de Junho existe uma diferença muito significativa, tanto pelos valores de DMVV como pelas imagens de satélite, podendo afirmar-se que se trata de uma perda de vegetação.

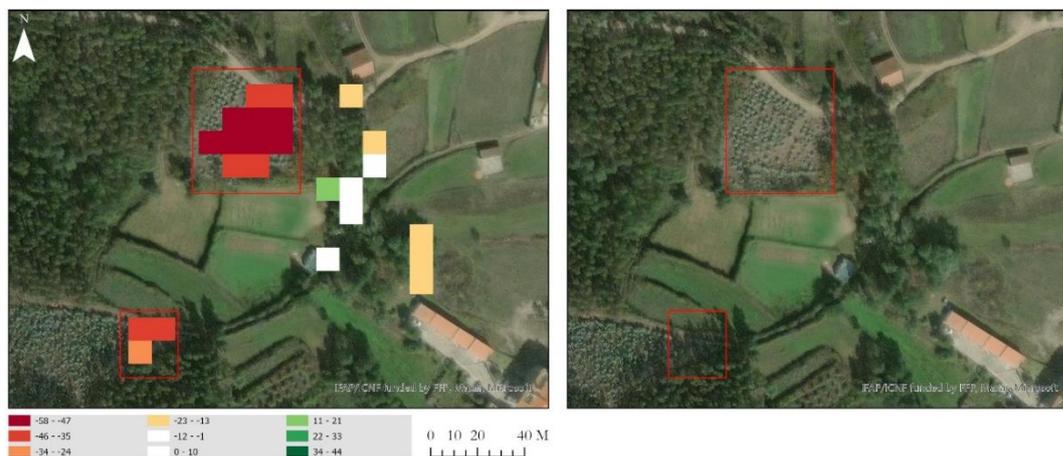


**Figura 19-** 1º exemplo da classe de Matos nos aglomerados com valores de DMVV



**Figura 20-** Imagens de satélite dos meses de Maio a Julho relativamente a Matos nas FGC de aglomerados

A World Imagery, disponível no software utilizado, fornece imagens de satélite e aéreas de alta resolução (1m ou mais) para muitas partes do mundo. As imagens utilizadas, imagens de satélite Maxar com uma resolução de 0,5 metros para a Europa Ocidental<sup>12</sup>, foram úteis devido à sua alta resolução onde se consegue ter uma perceção do tipo de ocupação ou uso do solo que existe nas zonas onde existem maiores diferenças mensais na verdura da vegetação, servindo para validar se a classe da COSc que foi atribuída naquela zona corresponde à realidade. Com a figura 21, conseguimos ter uma visão real do tipo de vegetação presente nas áreas que apresentam maiores valores de DMVV.



**Figura 21-** Imagens das áreas com maiores valores de DMVV

<sup>12</sup> <https://hub.arcgis.com/datasets/esri::world-imagery/about>

Encontra-se ainda outra zona destacada a preto onde identificamos valores com uma diferença significativa dos valores de verdura de vegetação relativamente aos Matos nos aglomerados (fig. 22). Ao analisar as imagens de satélite (fig. 23) é possível identificar uma alteração no terreno de Maio para Junho, que depois se mantém em Julho, daí o mês de julho não apresentar diferenças nos valores.



**Figura 22-** 2º exemplo da classe de Matos na FGC de aglomerados com valores de DMVV



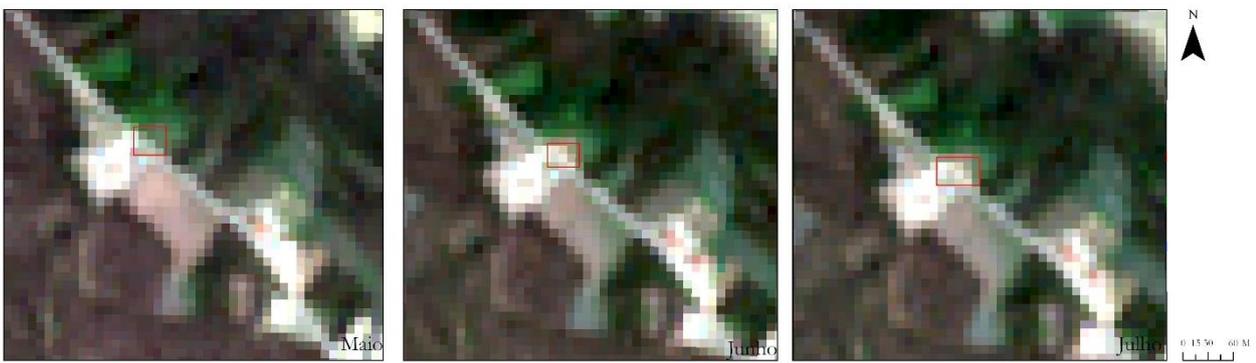
**Figura 23-** Imagens de satélite dos meses de Maio a Julho relativamente a Matos nas FGC de aglomerados (2º exemplo)

### Rede Viária

A figura 24 identifica uma área onde se verifica uma diferença do mês de maio para junho na verdura de vegetação apresentando valores elevados, ou seja, perda de vegetação que pode ser comprovada através da figura 25 onde se verifica uma pequena alteração nas imagens de satélite. Recorreu-se ao Google Earth onde se validou que naquela área encontra-se, efetivamente, mato (fig. 26). É de realçar que se encontra mesmo na saída de viaturas de uma empresa, o que reforça a importância de manter as FGC limpas.



**Figura 24-** Exemplo da classe de Matos na FGC da rede viária com valores de DMVV



**Figura 25-** Imagens de satélite dos meses de Maio a Julho relativamente a Matos na FGC da rede viária

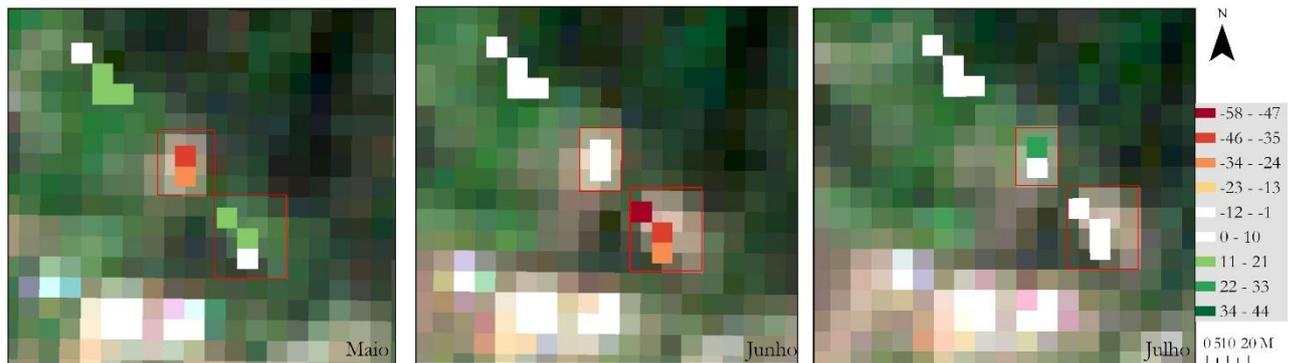


**Figura 26-** Imagem de 2023 retirada do Google Earth para mostrar a presença de matos na FGC da rede viária

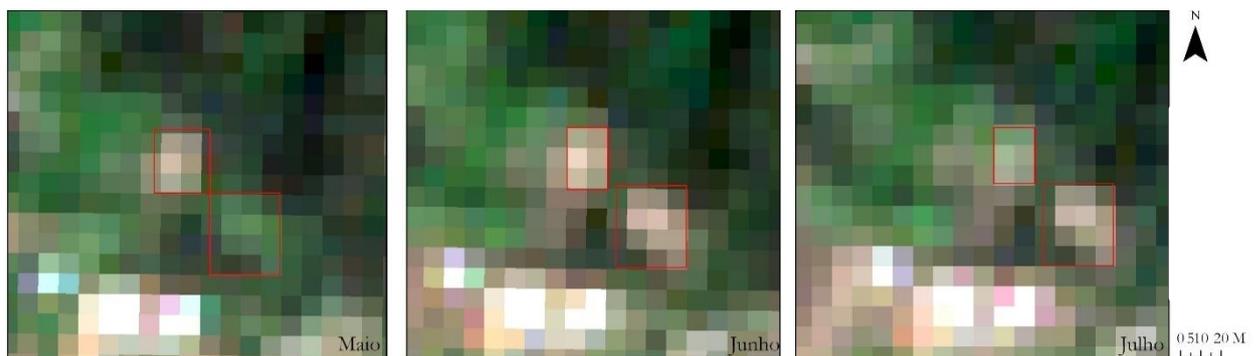
Para a classe de Matos, apenas foi identificada esta área com valores de DMVV negativos nas FGC de rede viária.

### Rede Elétrica de média tensão

Relativamente à rede elétrica, identificamos tanto no mês de Maio e no mês de Junho áreas (destacas a vermelho) onde existe valores de DMVV negativos (fig. 27).



**Figura 27-** Exemplo da classe de Matos na FGC de rede elétrica com valores de DMVV



**Figura 28-** Imagens de satélite dos meses de Maio a Julho relativamente a Matos na FGC da rede elétrica

Nas imagens de satélite (fig. 28) é perceptível a mudança nas cores dos píxeis do mês de Maio para o mês de Junho que indica alterações no solo. No entanto, do mês de Junho para o mês de Julho a cores dos píxeis alteram-se para uma escala de cores verde, que significa presença de vegetação, tal como se pode comprovar com a figura 27 com o mês de Julho, onde os valores de DMVV são positivos. A figura 29 evidencia o tipo de vegetação existente na FGC da rede elétrica, que neste caso corresponde a mato.

Para a classe de Matos, apenas foi identificada esta área com valores de DMVV negativos nas FGC de rede elétrica.



Figura 29- Imagens das áreas com maiores valores de DMVV

#### 4.1.2. Eucalipto

##### Aglomerados

Ao contrário da classe de Matos, com a classe de Eucalipto verifica-se mais áreas com valores de DMVV negativos, isto é, áreas onde existiu perda de vegetação de um mês para o outro. Na figura 30 verifica-se área onde houve crescimento da vegetação, com valores de DMVV positivos (a verde) relativos ao mês de Abril para o mês de Maio. Contudo, de Maio para Junho esses valores passaram para uma escala de cores branca, o que significa que não existiu diferenças significativas ou que não existiu de todo diferenças do mês de Maio para Junho. Por outro lado, encontram-se áreas com valores de DMVV negativos, onde houve perda de vegetação, visíveis na figura 31. Através da figura 32, identifica-se nessas áreas a existência de habitações com vegetação à sua volta, daí existir necessidade de intervenção nestas faixas. Destacou-se a verde na figura 31 a área apresentada no Google Earth (fig. 33), que ajuda a confirmar a existência de eucaliptos junto a uma habitação.

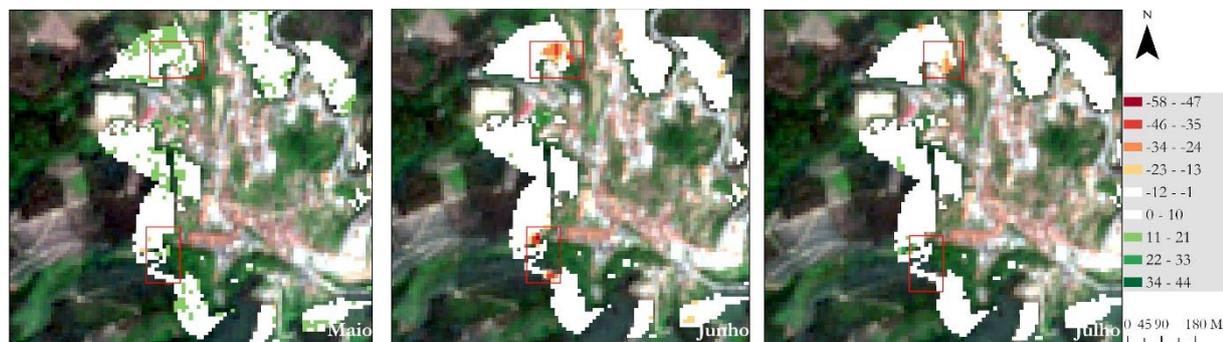
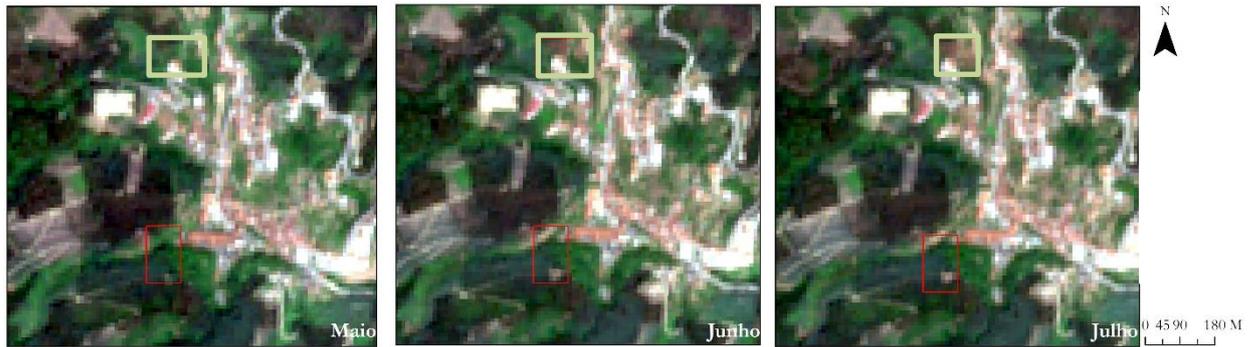
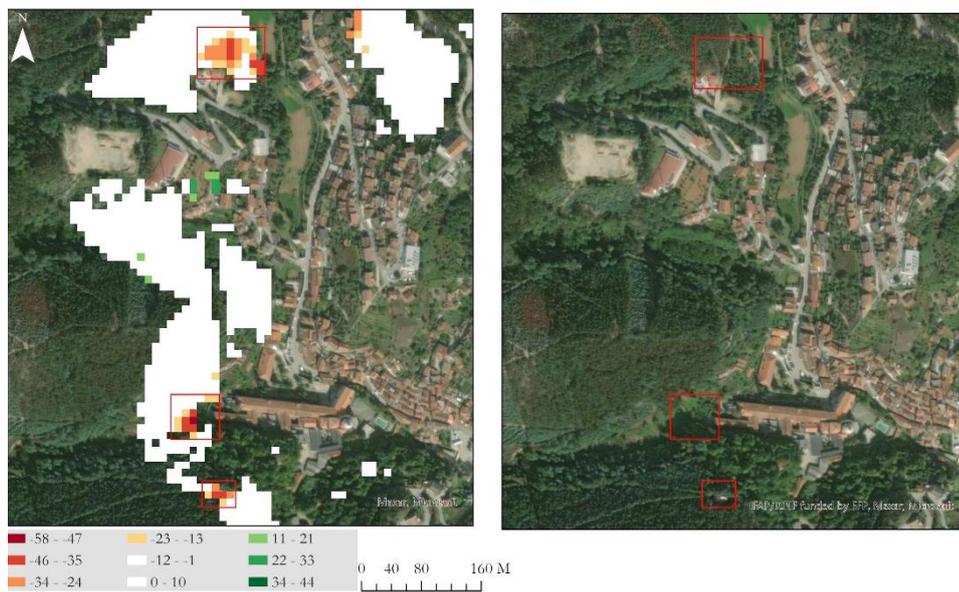


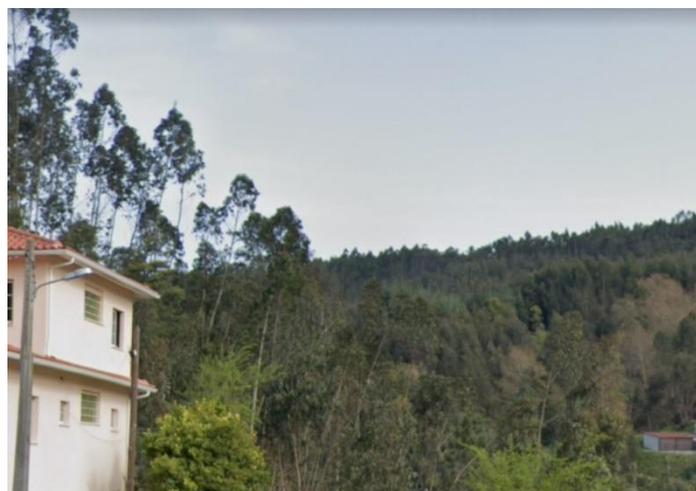
Figura 30- Exemplo da classe de Eucalipto na FGC da rede elétrica com valores de DMVV



**Figura 31-** Imagens de satélite dos meses de Maio a Julho relativamente a Eucalipto na FGC de aglomerados

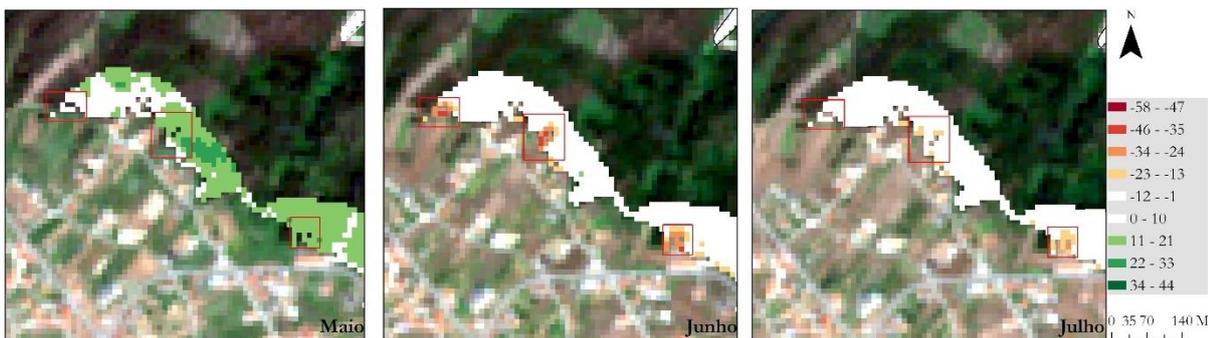


**Figura 32-** Imagens das áreas com maiores valores de DMVV



**Figura 33-** Imagem de 2023 retirada do Google Earth que evidencia a existência de eucaliptos

Foi, ainda, encontrada outra área com valores de DMVV negativos elevados como se pode verificar na figura 34. De Abril para Maio a vegetação cresceu substancialmente como se pode verificar no mapa relativamente ao mês de Maio. Contudo, esses valores mantiveram-se para o mês de Junho, à exceção de duas áreas destacadas a vermelho. O mapa de Junho apresenta maiores diferenças na verdura da vegetação. As imagens de satélite (fig. 35) permitem comprovar essas alterações, uma vez que do mês de Maio para Junho verificam-se o aparecimento de manchas nas áreas destacadas a vermelho, dando a ideia de solo nu, ou seja, poderá ter havido um corte.



**Figura 34-** 2º exemplo da classe de Eucalipto na FGC de aglomerados com valores de DMVV



**Figura 35-** Imagens de satélite nos meses de Maio a Julho relativamente a Eucalipto na FGC de aglomerados (2º exemplo)

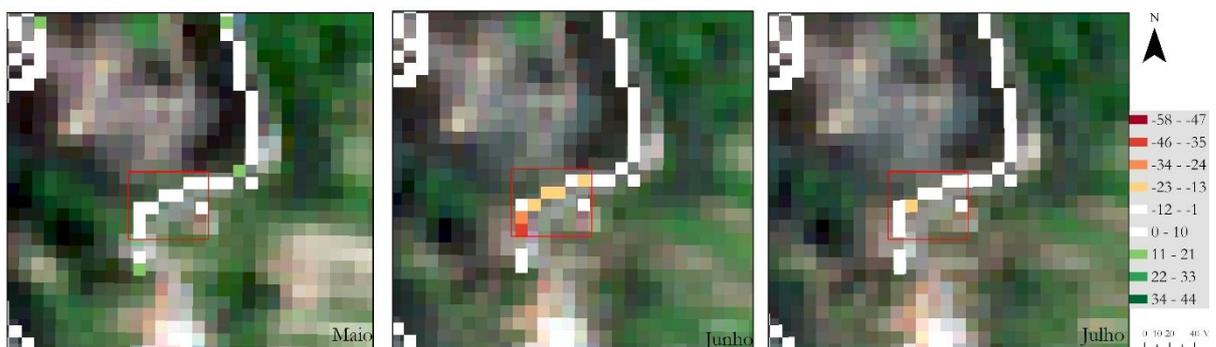
A área destacada a verde na figura 35 corresponde à área ilustrada na figura 36, onde se verifica a presença de eucaliptos bastante próximos das habitações.



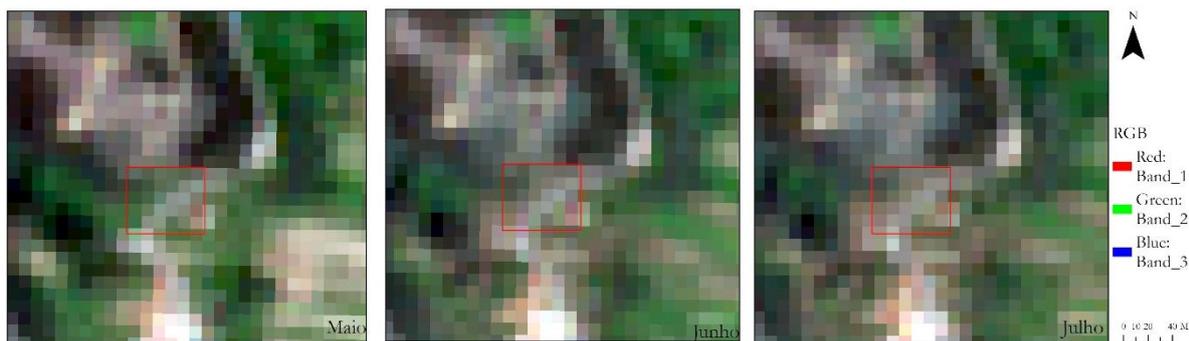
**Figura 36-** Imagem de 2023 retirada do Google Earth que evidencia a existência de eucaliptos

### Rede Viária

Na generalidade, os valores de DMVV da classe de Eucaliptos para a FGC de rede viária encontram-se na escala de cores a branco, significando pouca ou nenhuma diferença mensal e, uma vez que não existe MIAEV anteriores ao mês de Maio não é possível identificar se antes existiu algum corte/limpeza no terreno. Ainda assim, foi identificada uma pequena parte de uma via com valores de DMVV negativos no mapa de Junho (fig. 37), sendo pouco perceptível a sua alteração nas imagens de satélite (fig. 38). Na imagem do Google Earth (fig. 39) identifica-se uma área sem árvores que pode ter sido, anteriormente, intervencionada.



**Figura 37-** Exemplo da classe de Eucalipto na FGC da rede viária com valores de DMVV



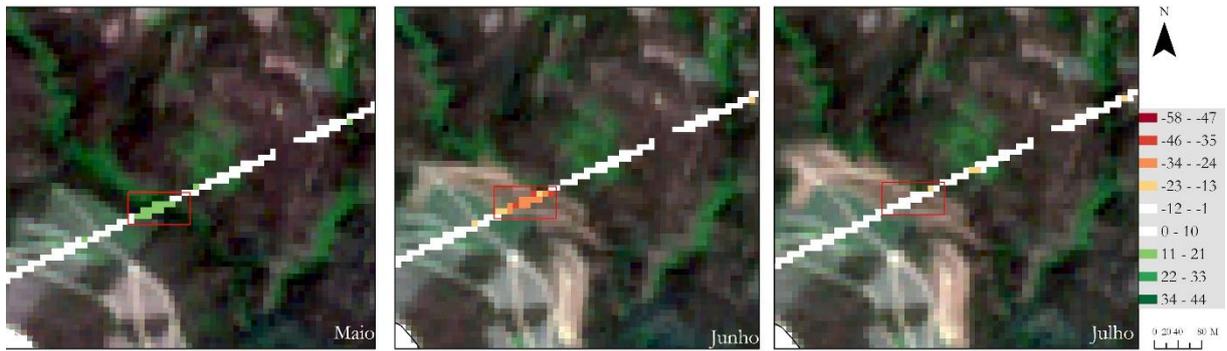
**Figura 38-** Imagens de satélite dos meses de Maio a Julho relativamente a Eucalipto na FGC da rede viária



**Figura 39-** Imagem de 2023 retirada do Google Earth que evidencia a existência de eucaliptos

### Rede Elétrica de média tensão

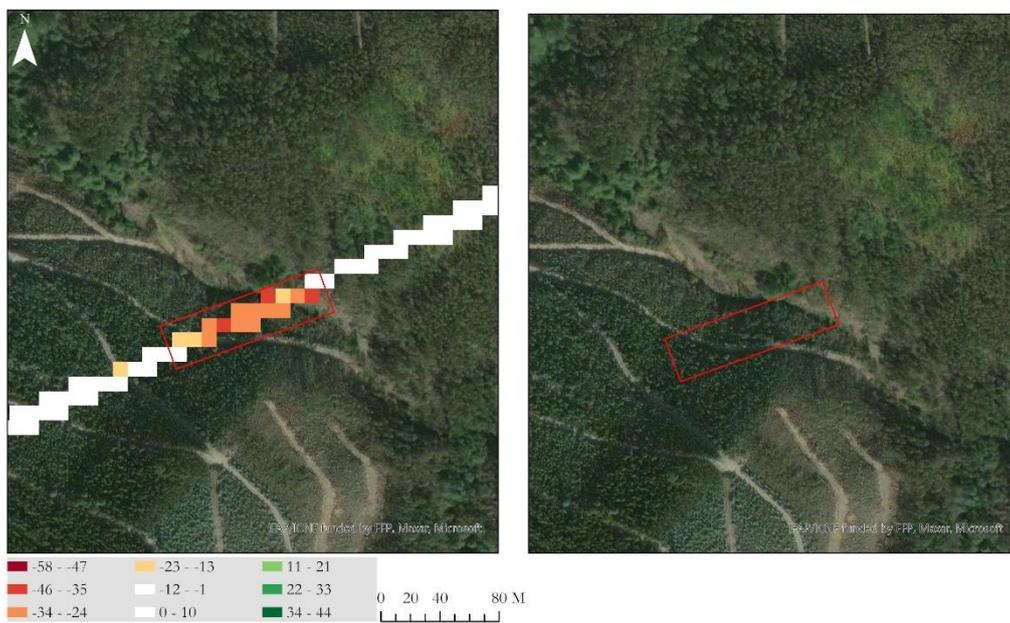
Na FGC da rede elétrica de média tensão, de Abril para Maio a FGC verifica-se um crescimento da vegetação que, de Maio para Junho, sofreu uma alteração significativa apresentando valores negativos de DMVV, mantendo esses valores de Junho para Julho (fig. 40). Na imagem de satélite de Maio está destacada a vermelho a vegetação presente na FGC, que deixa de ser visível na imagem de Junho, dando a ideia de solo nu, mantendo-se de Junho para Julho (fig. 41). Como se pode verificar na figura 42, estão visíveis estradas de terra, ao contrário do que acontece na imagem de satélite de Maio, começando a surgir na imagem de Junho, o que dá a entender que podem ter ocorridos operações de abertura de estradas onde, conseqüentemente, se removeram algumas árvores, justificando os valores de DMVV.



**Figura 40-** Exemplo da classe de Eucalipto na FGC da rede elétrica com valores de DMVV



**Figura 41-** Imagens de satélite dos meses de Maio a Julho relativamente a Eucalipto na FGC da rede elétrica

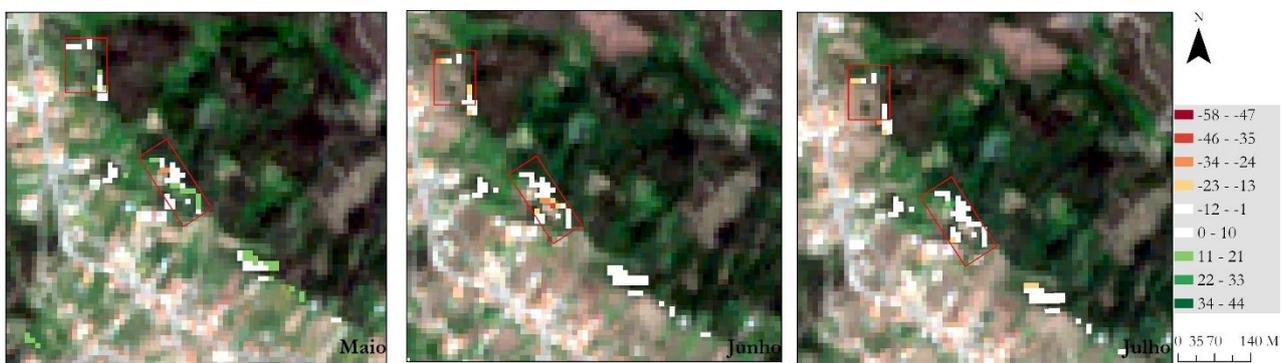


**Figura 42-** Imagens das áreas com maiores valores de DMVV

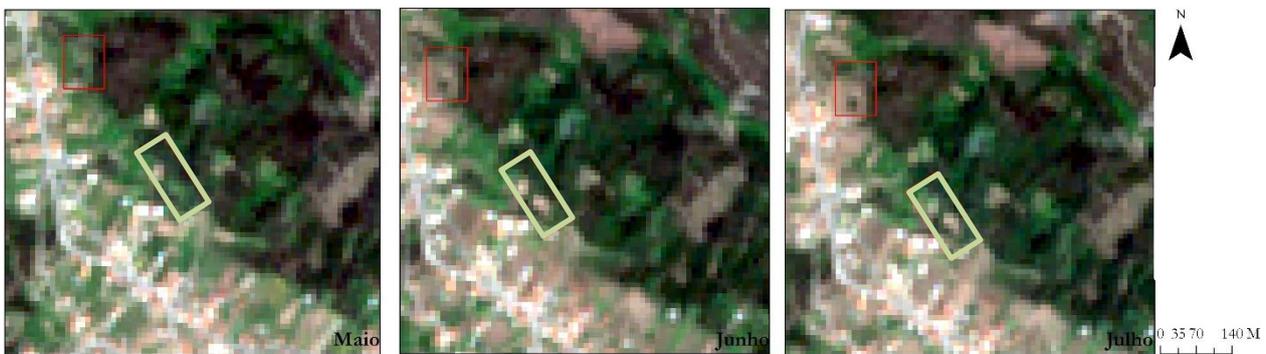
### 4.1.3. Pinheiro-bravo

#### Aglomerados

Tendo em conta que a densidade de Pinheiro-bravo nas FGC é baixa, é expectável que não se identifiquem muitas áreas para a análise. Ainda assim, existe uma pequena área onde os valores de DMVV negativos são altos (fig. 43) no mapa de Junho. Recorrendo às imagens de satélite (fig. 45) é possível identificar as diferenças no solo do mês anterior para o seguinte, neste caso do mês de Maio para Junho.



**Figura 43-** Exemplo da classe de Pinheiro-bravo na FGC de aglomerados com valores de DMVV



**Figura 44-** Imagens de satélite dos meses de Maio a Julho relativamente a Pinheiro-bravo na FGC de aglomerados

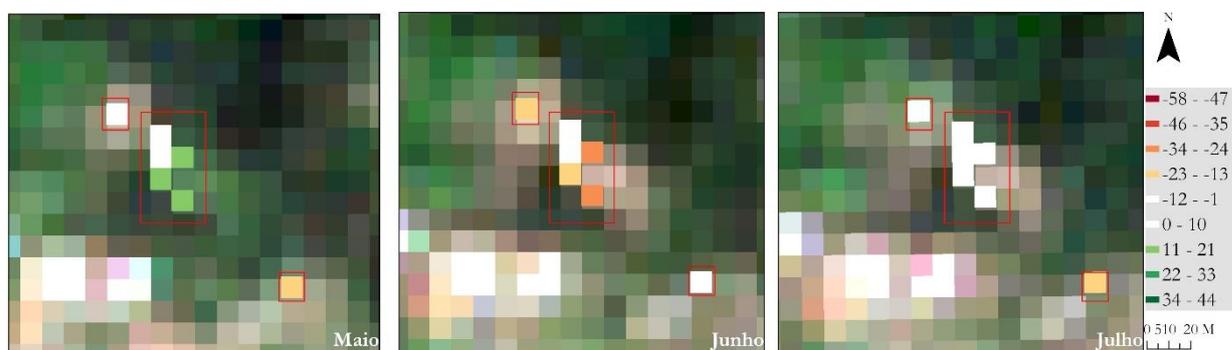
A área destacada a verde na figura 44 corresponde à área ilustrada no Google Earth (fig. 45). A figura 45 mostra o tipo de vegetação, que neste caso é o Pinheiro-bravo, existente no terreno e a sua proximidade com as habitações.



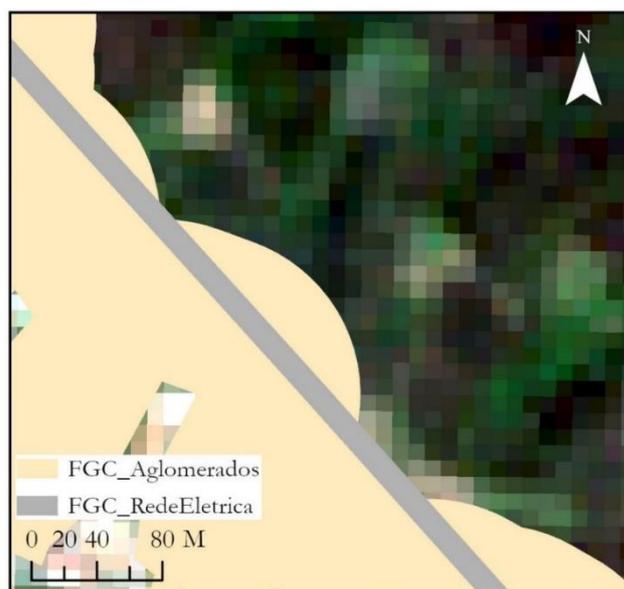
**Figura 45-** Imagem de 2023 retirada do Google Earth que evidencia a existência de Pinheiro-bravo

#### Rede Elétrica de media tensão

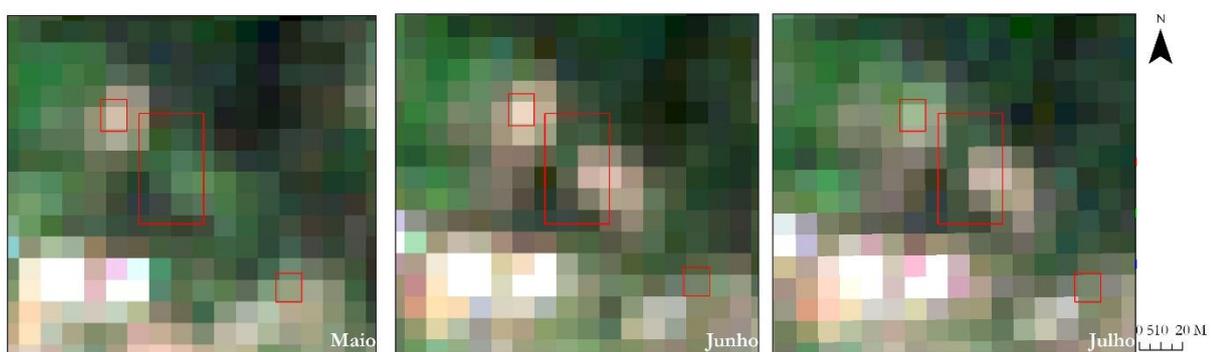
Para esta faixa a área identificada com valores altos de DMVV negativos (fig. 46) corresponde à mesma área apresentada nos aglomerados, uma vez que esta rede elétrica de média tensão se encontra junto das habitações. A figura 47 ilustra como as FGC de aglomerados e da rede elétrica, relativamente à área destacada a vermelho, estão juntas. Em relação às imagens de satélite (fig. 48), verifica-se a alteração na cor dos pixéis significando mudanças no solo que, neste caso, será corte de vegetação.



**Figura 46-** Exemplo da classe de Pinheiro-bravo na FGC da rede elétrica com valores de DMVV negativos



**Figura 47-** FGC de aglomerados e da rede elétrica da área referida



**Figura 48-** Imagens de satélite dos meses de Maio a Julho relativamente a Pinheiro-bravo na FGC da rede elétrica

#### Rede Viária

Relativamente a esta faixa não foram encontrados valores de DMVV negativos, daí não serem apresentados exemplos. Os MIAEV têm início apenas em Maio, não invalida que as intervenções tenham sido feitas antes.

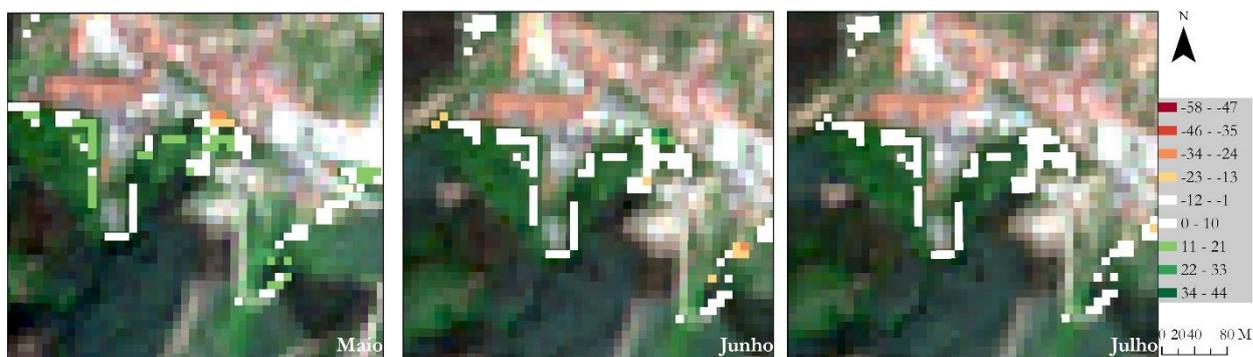
## 4.2. Ganho de vegetação

Ao analisar os valores de DMVV das classes nas diferentes faixas compreende-se que os valores tanto podem ser negativos, significando perda de vegetação, como valores positivos que significam ganho/crescimento da vegetação. Por isso, na secção anterior foram encontradas áreas em que os valores de DMVV negativos são altos, apresentando grandes diferenças entre os meses em relação à vegetação. Aqui serão ilustradas as faixas onde a vegetação sofreu um crescimento, algo que não era suposto acontecer nos meses de Maio a Julho por serem um combustível para os incêndios, juntamente com as altas temperaturas.

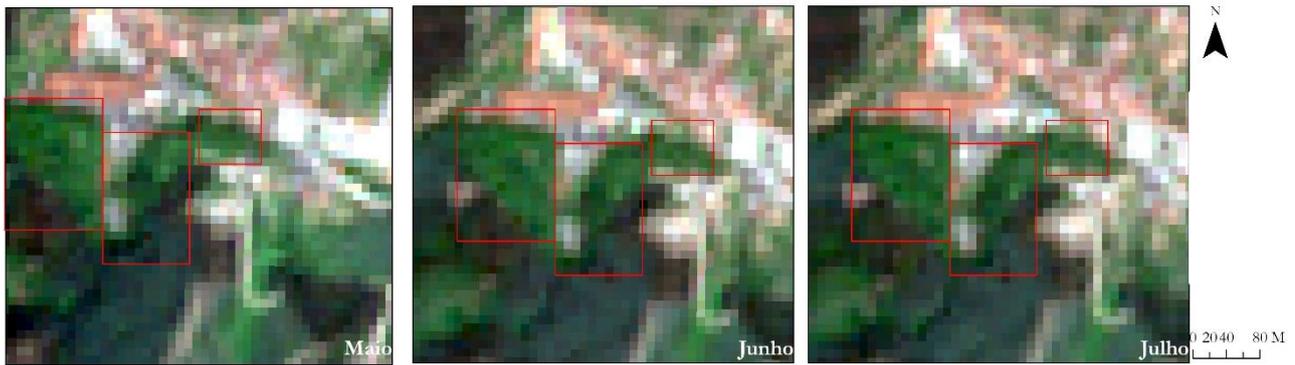
### 4.2.1. Matos

#### Aglomerados

Para esta faixa, identificou-se uma área relativamente grande com valores de DMVV positivos no mapa de Maio (fig. 49), ou seja, diferenças de Abril para Maio que se mantiveram nos meses de Junho e Julho. Identifica-se ainda uma pequena área com perda de vegetação do mês de Abril para o mês de Maio, contudo cresceu novamente de Maio para Junho. Nas imagens de satélite (fig. 50) vê-se a presença da vegetação sem qualquer alteração nos 3 meses.



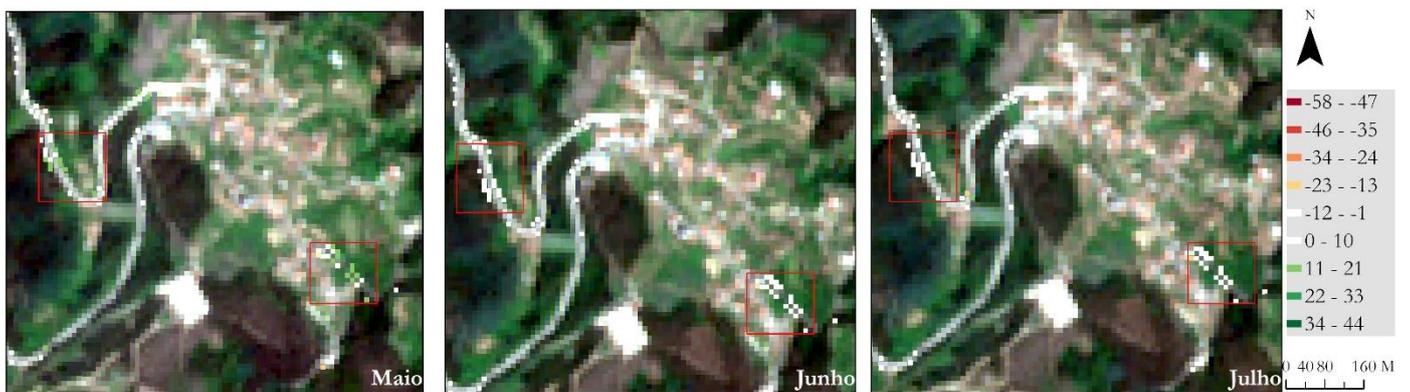
**Figura 49-** Exemplo da classe de Matos na FGC de aglomerados com valores de DMVV positivos



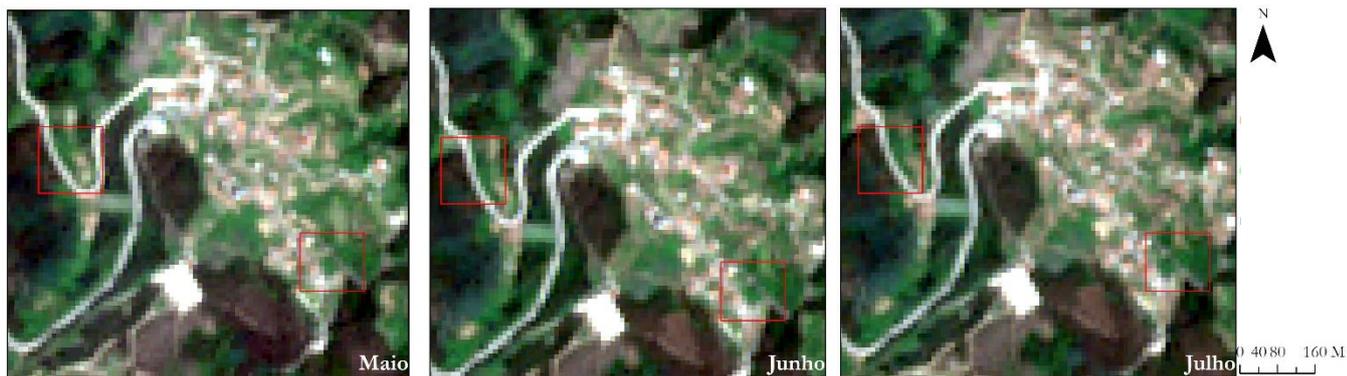
**Figura 50-** Imagens de satélite dos meses de Maio a Julho relativamente a Matos na FGC de aglomerados

### Rede Viária

A figura 51 apresenta valores de DMVV positivos na FGC da rede viária, destacando as áreas a vermelho. Esses valores não sofreram alterações nos meses de Junho e Julho, como se pode comprovar com as imagens de satélite (fig. 52) onde a cor dos píxeis, destacados a vermelho, não sofre mudanças. Assim, significa que a vegetação se manteve presente naquela área



**Figura 51-** Exemplo da classe de Matos na FGC da rede viária com valores de DMVV positivos



**Figura 52-** Imagens de satélite dos meses de Maio a Julho relativamente a Matos na FGC da rede viária

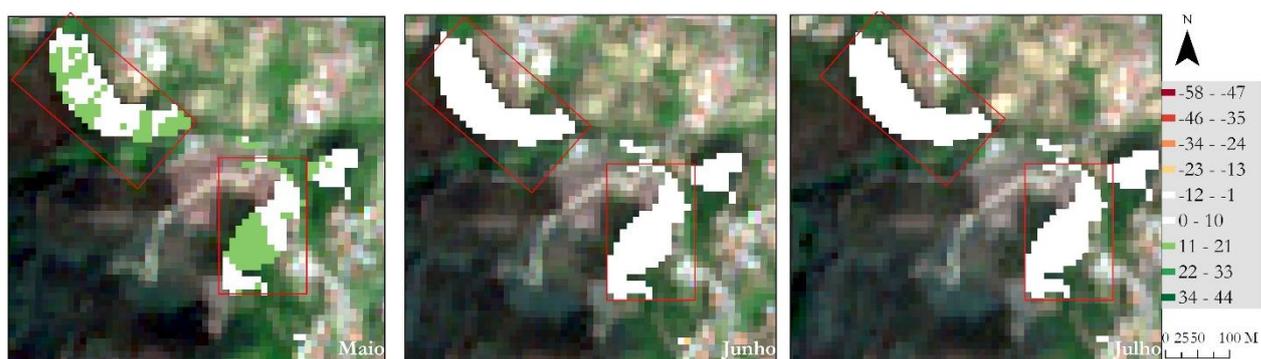
#### Rede elétrica de média tensão

Nesta faixa não foram encontrados exemplos de áreas que apresentem valores de DMVV positivos, daí não serem apresentados nesta subsecção.

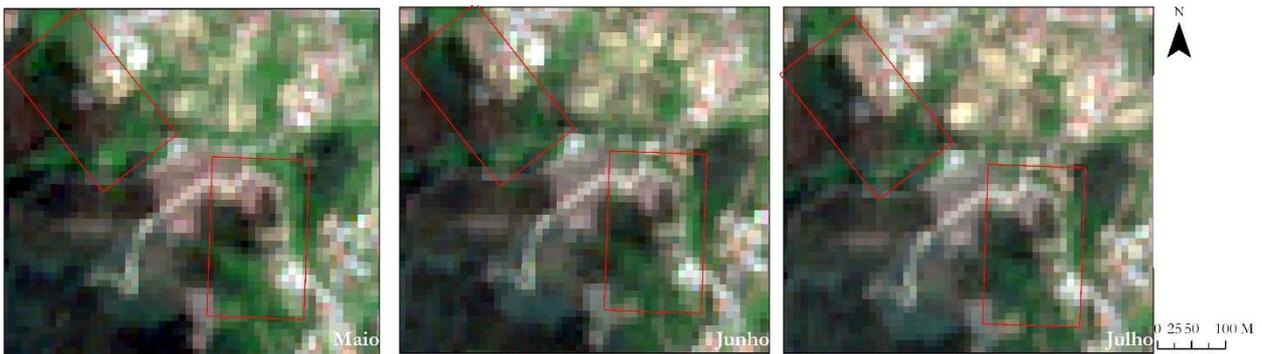
#### 4.2.2. Eucaliptos

##### Aglomerados

Relativamente à faixa dos aglomerados, esta área contém muitos pixéis com valores de DMVV positivos no mapa de Maio, não sofrendo alterações nos seguintes meses (fig. 53). Nas imagens de satélite (fig. 54) não se verificam alterações na vegetação, comprovando os valores apresentados na fig. 53.



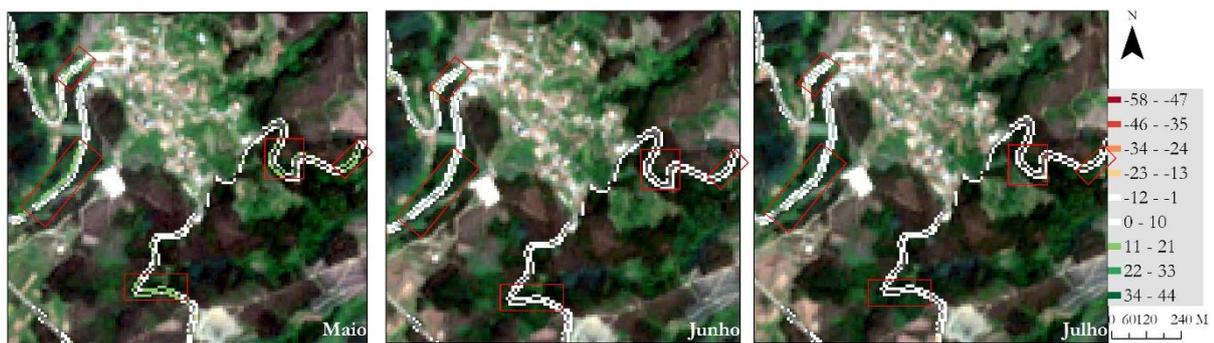
**Figura 53-** Exemplo da classe de Eucaliptos na FGC de aglomerados com valores de DMVV positivos



**Figura 54-** Imagens de satélite dos meses de Maio a Julho relativamente a Eucalipto na FGC de aglomerados

### Rede Viária

Ao analisar esta faixa, destacam-se áreas com valores de DMVV positivos no mês de Maio, significando ganho de vegetação do mês de Abril para o mês de Maio (fig. 55). Na figura 56 confirma-se que não existem mudanças no solo.



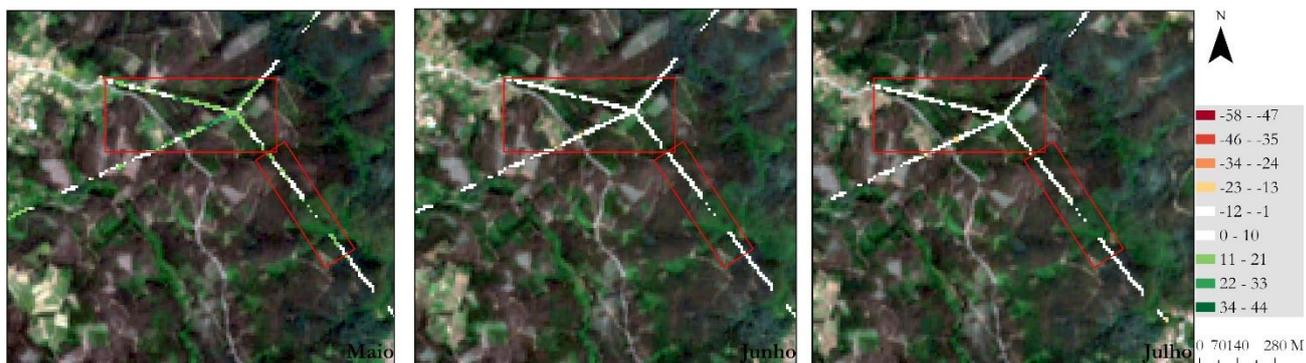
**Figura 55-** Exemplo da classe de Eucaliptos na FGC da rede viária com valores de DMVV positivos



**Figura 56-** Imagens de satélite dos meses de Maio a Julho relativamente a Eucalipto na FGC da rede viária

### Rede Elétrica de média tensão

Ao contrário da faixa anterior, na rede elétrica observa-se uma quantidade maior de pixéis com valores de DMVV positivos, como demonstra a figura 57. Nas imagens de satélite, as linhas da rede elétrica de média tensão estão bem visíveis (fig. 58), tendo à sua volta bastante vegetação, como se verifica com cor verde.



**Figura 57-** Exemplo da classe de Eucaliptos na FGC da rede elétrica com valores de DMVV positivos



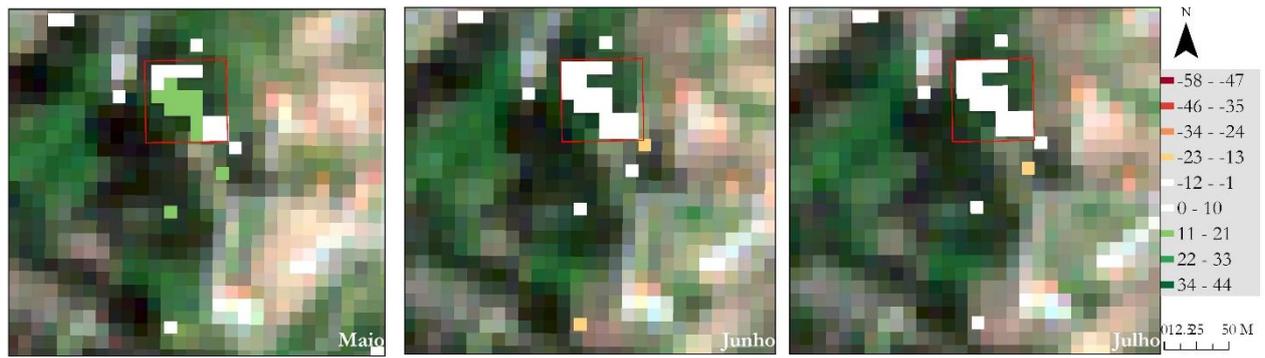
**Figura 58-** Imagens de satélite dos meses de Maio a Julho relativamente a Eucalipto na FGC da rede elétrica

### 4.2.3. Pinheiro-bravo

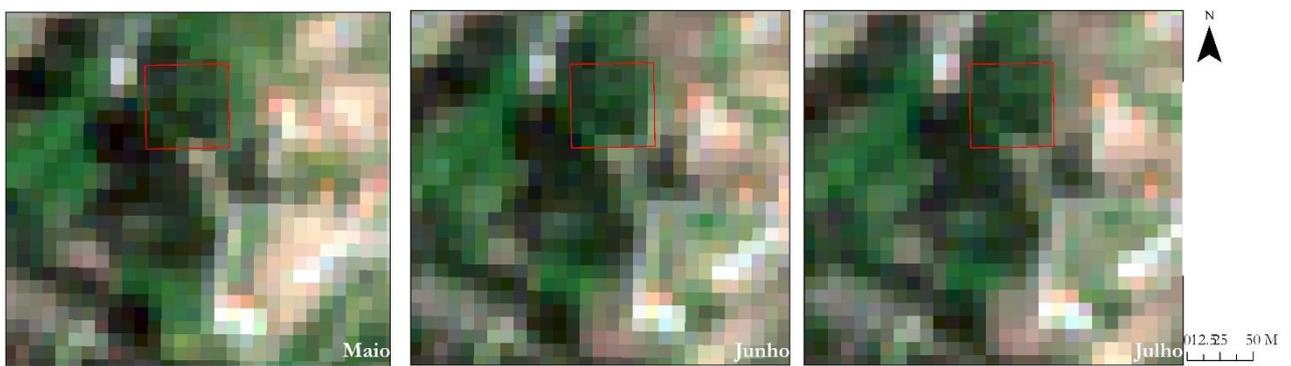
Como já foi referido na secção relativa à perda da vegetação, esta classe contém muitos poucos pixéis dentro das FGC, daí os exemplos seguintes apresentarem uma quantidade baixa de pixéis com valores de DMVV, sejam eles negativos como positivos.

### Aglomerados

Com base no que foi dito anteriormente, a figura 59 apresenta uma pequena área com valores de DMVV positivos no mês de Maio. O mapa de Junho e Julho não mostram diferenças na verdura de vegetação. Ao visualizar a figura 60, confirma-se o que foi referido anteriormente. As áreas destacadas a vermelho apresentam vegetação desde o mapa de Maio a Julho.



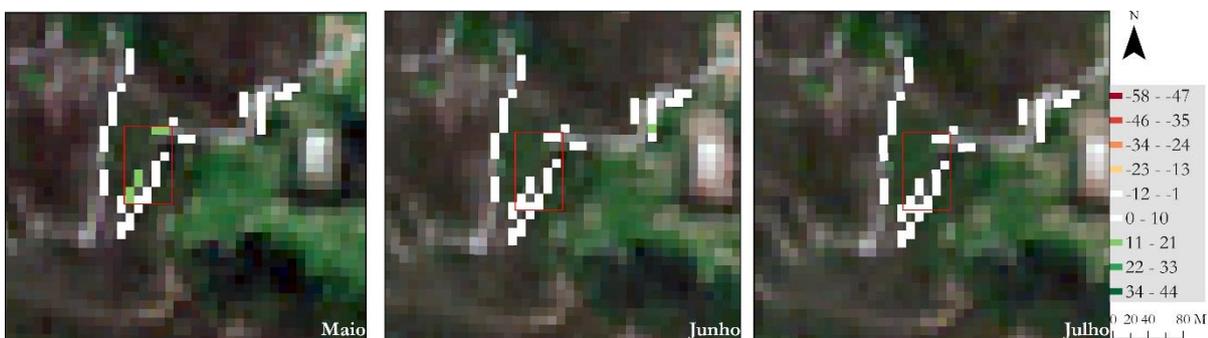
**Figura 59-** Exemplo da classe de Pinheiro-bravo na FGC de aglomerados com valores de DMVV positivos



**Figura 60-** Imagens de satélite dos meses de Maio a Julho relativamente a Pinheiro-bravo na FGC de aglomerados

### Rede Viária

Esta classe tem ainda menos presença na FGC da rede viária, contudo, é destacada uma pequena zona onde se verifica ganho de vegetação no mapa de Maio (fig. 61). Os mapas de Junho e Julho não apresentam mudanças nos valores de DMVV. A FGC da rede viária destacada é visível na figura 62 bem como a vegetação ao redor dessa faixa.



**Figura 61-** Exemplo da classe de Pinheiro-bravo na FGC da rede viária com valores de DMVV positivos



**Figura 62-** Imagens de satélite dos meses de Maio a Julho relativamente a Pinheiro-bravo na FGC da rede viária

#### Rede Elétrica de media tensão

Para esta faixa, não foram encontrados exemplos com valores de DMVV positivos e, por essa razão, não serão apresentados.

#### 4.3. Análise complementar para Agosto de 2022

Após uma pesquisa realizada aquando da escolha da área de estudo, descobriu-se que em Agosto de 2022 a freguesia de Lorvão sofreu um incêndio com uma dimensão significativa que começou numa fábrica de palitos (notícia em anexo) e do qual ardeu cerca de 50 hectares<sup>13</sup>. Inicialmente, inseriu-se as coordenadas no Google Earth para obter a localização inicial do incêndio (fig. 63).

Por este motivo, recorreu-se aos MIAEV de DMVV de Agosto para perceber como estes detetam o incêndio. Verificou-se uma mancha com valores negativos muito altos, tendo como valor mínimo -80. A partir daqui, entendeu-se que os MIAEV de DMVV são capazes de localizar áreas afetadas pelos incêndios, como podemos verificar na figura 64, onde a área queimada está bastante evidenciada no mapa que representa a DMVV de Agosto. As classes afetadas foram os Matos e Eucaliptos na FGC de aglomerados, ao contrário das restantes faixas e classes que não sofreram com o incêndio.

<sup>13</sup> <https://fogos.pt/fogo/2022060037439/detalhe>

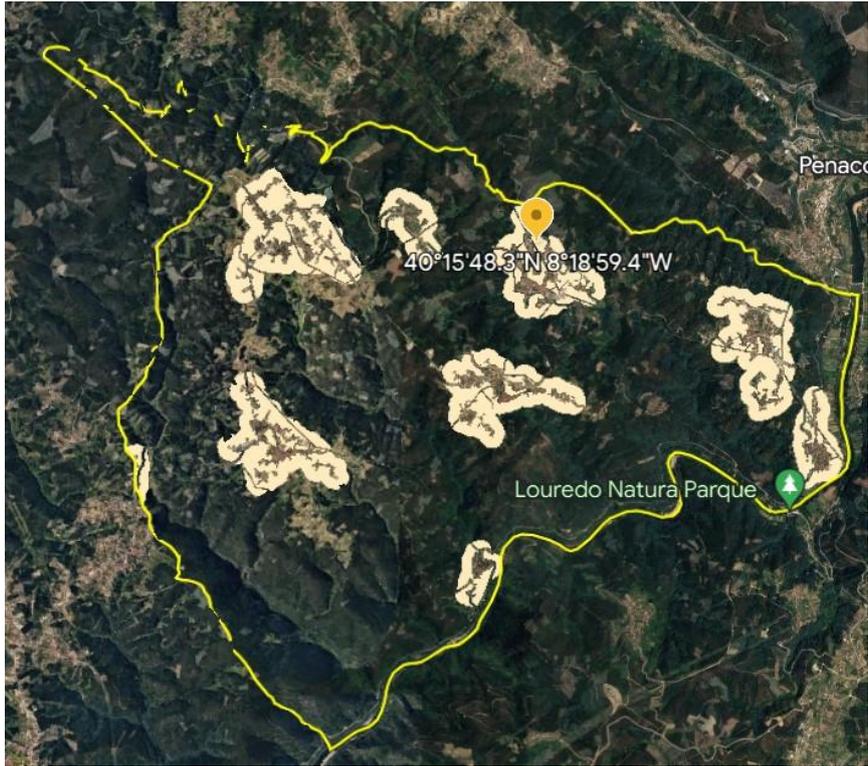


Figura 63- Localização do início do incêndio

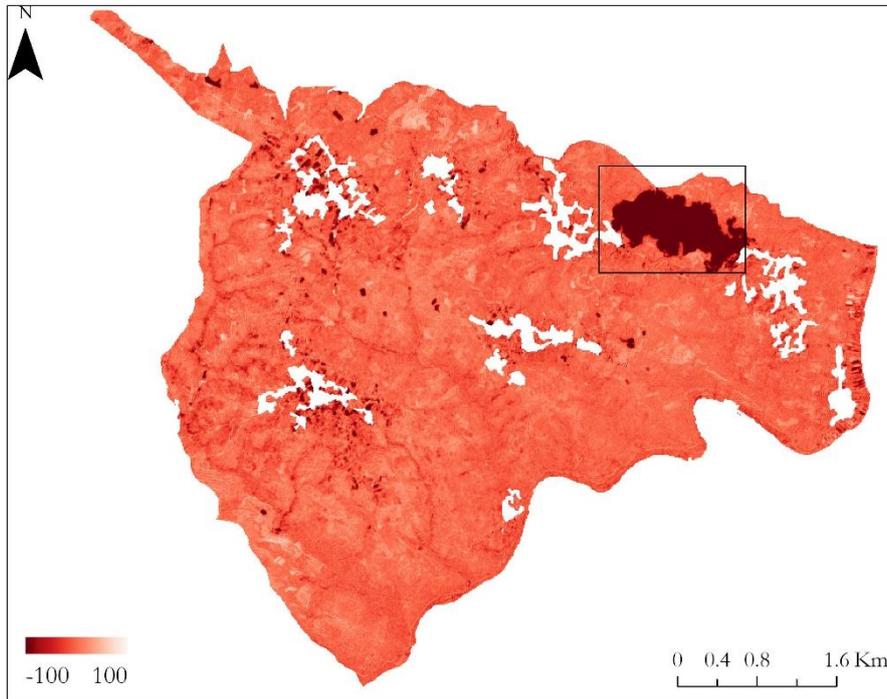


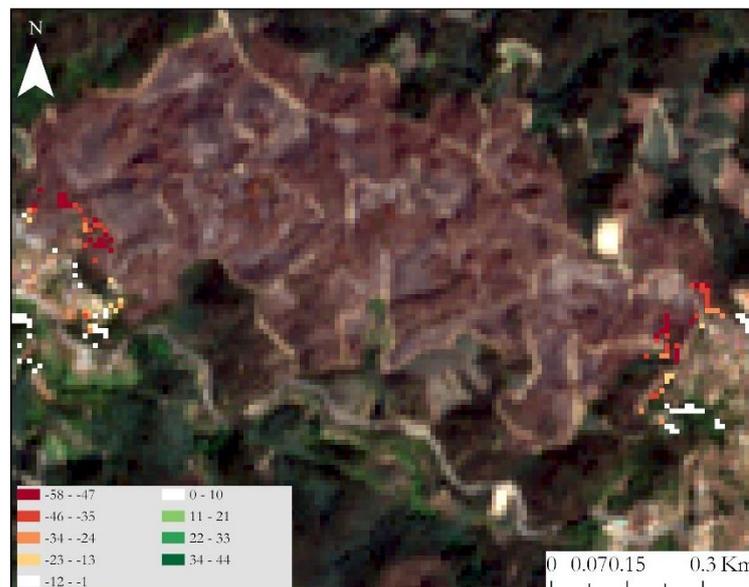
Figura 64- MIAEV de DMVV que localiza a área afetada pelo incêndio

A figura 65, mostra os valores de DMVV da classe de Matos presentes na FGC de Aglomerados antes do incêndio, ou seja, os meses de Maio, Junho e Julho, que são positivos no mês de Maio, mantendo-se nos seguintes meses anteriores ao incêndio.



**Figura 65-** valores de DMVV relativamente à classe de Matos na FGC de aglomerados antes do incêndio

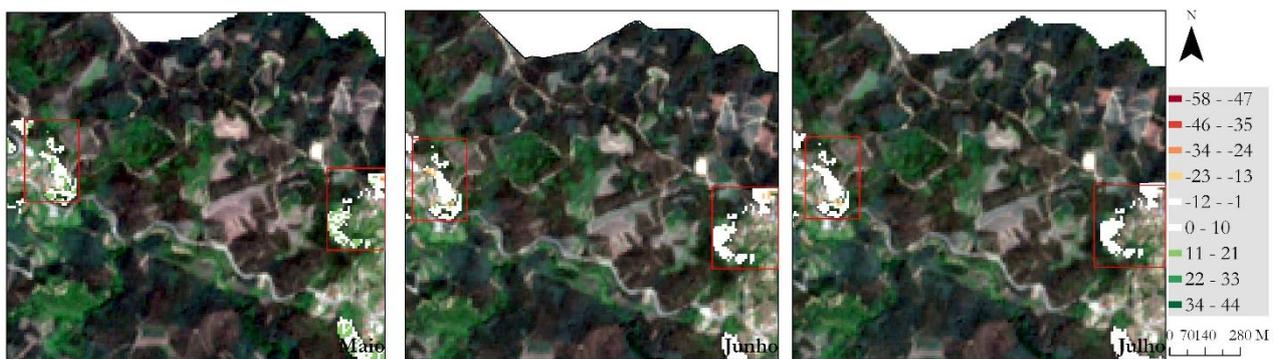
Os valores de DMVV da classe de Matos para o mês de Agosto passaram a ser valores negativos muito altos, devido ao incêndio. Consegue-se ainda confirmar que a mancha com valores negativos muito altos que surge na figura 64 é bastante visível na imagem de satélite (fig. 66), algo que não acontece nas imagens de satélite dos meses anteriores.



**Figura 66-** valores de DMVV relativamente à classe de Matos na FGC de aglomerados após o incêndio

A mesma situação acontece para a classe de Eucaliptos, onde os valores de DMVV são positivos no mês de Maio, mantendo-se até à data do incêndio (fig. 67). Contudo, a classe de Matos apresenta valores mais próximos do extremo negativo, ao contrário da classe de

Eucaliptos, apesar de esta apresentar uma maior quantidade de pixéis com valores de DMVV negativo relativamente altos (fig. 68) que se deve ao facto de existirem mais Eucaliptos na FGC que Matos. Contudo, caso tivesse havido intervenção nesta FGC, o cenário teria sido diferente.



**Figura 67-** valores de DMVV relativamente à classe de Eucalipto na FGC de aglomerados antes do incêndio



**Figura 68-** valores de DMVV relativamente à classe de Matos na FGC de aglomerados após o incêndio

Com este MIAEV, as mudanças bruscas de um mês para o outro são facilmente detetáveis. A combinação dos MIAEV com as imagens de satélite para fazer uma análise, a análise será muito enriquecida, conseguindo extrair informação sobre o estado da vegetação nas áreas que pretendemos observar.

#### 4.4. Discussão dos resultados

Os resultados obtidos, de um modo geral, foram positivos e mostraram que a metodologia permite demonstrar quais as faixas de gestão de combustível que têm probabilidade de não terem sido intervencionadas. É de realçar que antes do mês de Maio de 2022 não existem MIAEV, sendo que as limpezas dos terrenos devem ser feitas até ao mês de Abril. Contudo, os mapas de DMVV de Maio apresentam diferenças entre o mês de Abril e Maio, obtendo assim ainda informação acerca do mês de Abril. Assim, é possível que as intervenções feitas nos meses anteriores não sejam identificadas neste estudo. Salienta-se para o facto da análise feita ser meramente qualitativa, que se baseou em analisar as características dos mapas.

Surgem três tipos de resultados, ganho de vegetação, perda de vegetação e, ainda, sem diferenças mensais na verdura da vegetação. Em relação ao primeiro, o mês de Maio é o mês que apresenta mais valores de DMVV positivos, principalmente na classe de Eucaliptos. Por outro lado, o mês de Julho, por norma, apresentam valores perto de zero que significam que não existem diferenças do mês de Junho para Julho em todas as classes. Destaca-se ainda a FGC da rede elétrica de média tensão que contém uma área considerável de valores positivos de DMVV na classe de Eucaliptos.

Relativamente à perda de vegetação, foram anotadas uma quantidade considerável de áreas com valores de DMVV negativos, contudo não as suficientes. Tanto a FGC da rede elétrica como a FGC da rede viária nas várias classes apresentam poucos exemplos. Ainda assim, a FGC de aglomerados apresenta maior quantidade de áreas onde se perdeu vegetação.

Apesar dos MIAEV de DMVV nos fornecerem informações suficientes para entender o estado em que as FGC se encontram, é crucial que se adicionem outros dados para validar essa informação. Para isso, recorreu-se às imagens de satélite do Sentinel-2 e ao Google Earth. As imagens de satélite do Sentinel-2 foram imprescindíveis para a validação da informação, uma vez que através das mesmas é possível visualizar as alterações no solo como os cortes da vegetação, por exemplo. O Google Earth tem a funcionalidade *StreetView* que permite visualizar o terreno como se tivéssemos presentes na área. Utilizou-se este programa pois ajuda a confirmar a cobertura e uso do solo existente, bem como ajuda a ter perceção da proximidade da vegetação em relação às habitações, rede viária ou rede elétrica.

De um modo geral, foi possível identificar na área de estudo algumas áreas onde existiram mudanças bruscas na vegetação como cortes. Contudo, na maior parte das FGC a informação que se extrai é que não existem diferenças mensais nos valores de verdura de vegetação.

Outro aspecto importante é ao tipo de intervenção que é feito conforme a legislação. Nem todas as áreas são obrigadas a ter remoção total de vegetação, algumas podem ter pequenas intervenções que podem não ser visíveis nas imagens de satélite.

A área de estudo foi afetada por um incêndio no mês de Agosto de 2022 que teve repercussões nas faixas de gestão de combustível detetáveis através dos MIAEV de DMVV. Os valores de DMVV tiveram uma diminuição bastante acentuada do mês de Julho para o mês de Agosto, visíveis no MIAEV de DMVV de Agosto, tendo como valor mínimo -80, sendo as classes de Eucaliptos e Matos as mais afetadas na FGC correspondente aos aglomerados. Com estes resultados, concluiu-se que as FGC afetadas pelo incêndio apresentaram valores de DMVV negativos, chegando quase ao limite da escala, ao contrário das FGC que perderam vegetação sem serem afetadas por um incêndio.

Apesar da metodologia apresentar resultados positivos, ainda é preciso que haja algum trabalho de campo para comprovar esta informação. Contudo já não teriam de se deslocarem a todas as áreas, apenas às que apresentam maiores suspeitas de não terem tido intervenções.

Por último, existem propostas para os trabalhos futuros utilizando os MIAEV. Uma delas passa por uma análise que tenha MIAEV de meses anteriores a Maio, altura em que as operações de limpeza devem ser feitas. A área de estudo escolhida para o desenvolvimento da metodologia foi limitada e, por isso, teria mais utilidade escolher uma área um pouco maior, que contenha uma maior variedade de faixas de gestão de combustível para obter resultados mais abrangentes. Sugere-se que, no futuro, o processo seja feito para ser completamente automatizado. A utilização de imagens de satélite com uma resolução de 10m pode ser limitadora, portanto, sugere-se a utilização de imagens de satélites com resoluções mais altas que 10m ou a utilização de drones que conseguem fornecer imagens com resoluções espaciais maiores.

## 5. Conclusões

Nesta dissertação pretendeu-se abordar a questão da manutenção e fiscalização das faixas de gestão de combustível, criando um processo automático que utiliza os Mapas Intra-Anuais do Estado da Vegetação, criados recentemente pela DGT, como base da metodologia e, posteriormente, recorre às imagens de satélite do Sentinel-2, World imagery e Google Earth para analisar as faixas e validar essa análise. É importante realçar que o processo não foi completamente automatizado.

A importância de manter as FGC limpas assenta no facto de as faixas permitirem a diminuição do desenvolvimento e da propagação de um incêndio, mas para isso é necessário a manutenção das mesmas. Por outro lado, é também essencial que haja fiscalização para evitar problemas futuros. Contudo a fiscalização no terreno é complexa e demorada devido à extensão das faixas de gestão de combustível. Por este motivo, é crucial criarem-se métodos que monitorizem de forma automática as FGC, de forma que direcione a fiscalização nas faixas para as zonas que têm maior probabilidade de não terem sido intervencionadas, poupando custos e tempo.

A metodologia foi desenvolvida na freguesia de Lorvão e os dados utilizados correspondem às FGC, COSc e MIAEV de DMVV. Os MIAEV são cruciais na metodologia, pois estes contêm a informação relativamente às diferenças mensais da verdura da vegetação, o que permite identificar áreas que de um mês para o outro tiveram alterações bruscas no solo. Foram utilizados os MIAEV de 2022 dos meses de Maio (primeiro MIAEV disponível) a Julho para analisar as FGC. Fez-se ainda uma análise complementar para o mês de Agosto devido à ocorrência de um incêndio, que tem como finalidade compreender como este pode ser detetado nos MIAEV. Relacionou-se os MIAEV com as classes da COSc que estão apresentadas nas FGC, resultando em mapas que contêm informação sobre as diferenças mensais da verdura de vegetação de uma classe da COSc dentro de um tipo de FGC. A partir daqui, conseguimos identificar, com a ajuda de imagens de satélite do Sentinel-2, as áreas onde existiram maiores variações mensais nos valores de verdura de vegetação, permitindo assim disponibilizar informação sobre o estado das FGC.

Dos resultados obtidos, conclui-se que se encontram maiores diferenças mensais de verdura de vegetação dos Eucaliptos na FGC de aglomerados graças à quantidade de eucaliptos presentes nas FGC. A FGC da rede elétrica de média tensão e da rede viária apresentam pouca quantidade de pixéis com valores de DMVV, sejam positivos como negativos. Na maioria dos casos, estas duas faixas não apresentam diferenças mensais nos valores de verdura de vegetação, o que não invalida que não tenham sido feitas intervenções nos meses anteriores, pois os MIAEV só têm início em Maio. O MIAEV de DMVV de Maio compara os valores de Abril e Maio e, por isso, as intervenções poderão ter sido feitas antes de Abril.

De um modo geral, a metodologia foi eficaz em monitorizar o estado das faixas de gestão de combustível, tendo mostrado alguns exemplos de perda de vegetação significativa em várias faixas, podendo estar relacionada com as operações de limpeza e de ganho de vegetação, que significa que não houve operações de limpeza antes do período crítico ou no caso de terem sido feitas foram bastante cedo o que levou ao crescimento da vegetação.

Os MIAEV de DMVV provaram ainda a sua utilidade na análise do estado da vegetação após sofrer alterações bruscas, como os incêndios.

Com estes resultados, conclui-se que nesta área de estudo, que se localiza no meio rural com uma densidade florestal bastante elevada, não teve uma gestão das faixas adequada. Com o incêndio de Agosto de 2022, foi confirmada que as FGC de aglomerados foram afetadas pelo mesmo devido à presença de vegetação.

Posto isto, a metodologia permite localizar as áreas onde existiu perda de vegetação e, assim, direciona as autoridades para as áreas que necessitam de fiscalização, diminuindo tempo e custos nas deslocações, tornando mais rápido o processo de fiscalização. Cumpre, portanto, os objetivos propostos neste estudo.



## Bibliografia

---

- Afonso, Ricardo (2019). *Avaliação por Detecção Remota do Efeito das Operações de Limpeza nas Faixas de Gestão de Combustível de Incêndios*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Informática. Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa. <https://run.unl.pt/handle/10362/93767>
- ESRI (2023) Página do ArcGIS Hub, *World Imagery*. Acedida a 1 de Agosto de 2023, em: <https://hub.arcgis.com/datasets/esri:world-imagery/about>
- Bezerra, U., Oliveira, L., Candeias, A., Silva, B., Leite, A. & Silva, L. (2018). Comparativo do Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) entre os Sensores OLI - Satélite Landsat-8 e MSI – Satélite Sentinel-2 em Região Semiárida. Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ. 41, 3. pp. 167-177. [http://dx.doi.org/10.11137/2018\\_3\\_167\\_177](http://dx.doi.org/10.11137/2018_3_167_177)
- Caetano, Mário (2018). *Teoria de Detecção Remota*. NOVA Information Management School, Universidade NOVA de Lisboa, Lisboa. <http://hdl.handle.net/10362/115617>
- Carvalho, Tomás (2017). *Detecção Remota e o Algarve: cartografia, usos do território e paisagem*. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade do Algarve, Faro.
- Chuvieco, Emilio (1995). *Fundamentos de Teledetección Espacial*. 2ª Ed, Ediciones RIALP, S.A. Madrid.
- Decreto-Lei nº 124/2006 de 28 de Junho do Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas*. Diário da República: I Série-A, nº123 (2006). Acedido a 10 de Novembro de 2022. Disponível em: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/124-2006-358491>.
- Direção-Geral do Território (2023) Página da Direção-Geral do Território, *Orgânica Interna*. Acedido a 9 de Julho de 2023, em: <https://www.dgterritorio.gov.pt/dgt/organica-interna>.
- Direção-Geral do Território (2022) *Nomenclatura da Carta de Ocupação do Solo Conjuntural*. Lisboa

- EngSat (2022) Página da EngSat, *Sentinel-2*. Acessado a 3 de Dezembro de 2022 em: <https://www.engesat.com.br/sentinel-2/>.
- EOS Data Analytics (2023) Página da EOS Data Analytics, *Sentinel 1*. Acessada a 1 de Agosto de 2023, em: <https://eos.com/find-satellite/sentinel-1/>
- ESA (2022) Página da Agência Espacial Europeia, *Sentinel-2 Data Products*. Acessada a 2 de Dezembro de 2022, em: <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2/data-products>.
- ESA (2022) Página da Agência Espacial Europeia, *Sentinel-2 Mission Objectives*. Acessada a 2 de Dezembro de 2022, em: <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2/data-products>.
- ESA (2022) Página da Agência Espacial Europeia, *Sentinel-2 Satellite Description*. Acessada a 2 de Dezembro de 2022, em: <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2/data-products>.
- ESA (2023) Página da Agência Espacial Europeia, *SPOT*. Acessada a 30 de Julho de 2023, em: <https://earth.esa.int/eogateway/missions/spot>
- Fernandes, Pedro (2022). *Mapeamento Mensal do Estado da Vegetação no Âmbito das Políticas Públicas de Dados Abertos no projeto SMOS: Mapas Intra-Anuais do Estado da Vegetação direcionados para o público em geral e produzidos com imagens Sentinel-2*. Dissertação de Mestrado em Ciências e Sistemas de Informação Geográfica. Escola de Gestão de Informação e de Ciências de Dados da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa. <https://run.unl.pt/handle/10362/147705>
- Hall, A., Lamb, D.W., Holzapfel, B. & Louis, J. (2002). *Optical remote sensing in viticulture – a review*. Australian Journal of Grape and Wine Research 8, pp. 36-47.
- Huete, A., Liu, H.Q., Batchily, K. & van Leeuwen, W. (1997). A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. *Remote Sensing of Environment* 59, 3, pp. 440-451. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00112-5](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00112-5)
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E.P., Gao, X. & Ferreira, L.G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 83, 195-213

- ICNF (2022) Página do Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, *Perguntas Frequentes*. Acedida a 4 de Fevereiro de 2022, em: <http://www2.icnf.pt/portal/icnf/resource/faqs/dfci>.
- ICNF (2020) Plano Municipal De Defesa Da Floresta Contra Incêndios Do Concelho De Penacova 2020 – 2029. Caderno I- Diagnóstico (Informação de Base). Penacova. Acedido a 17 de Abril de 2023
- ICNF (2008): Gestão de Combustíveis para proteção de edificações. Acedido a 3 de Março de 2023, em: [https://fogos.icnf.pt/sgif2010/InformacaoPublicaDados/gestao\\_comb\\_final.pdf](https://fogos.icnf.pt/sgif2010/InformacaoPublicaDados/gestao_comb_final.pdf)
- ICNF (2012): Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios (PMDFCI) – Guia Técnico. Acedido a 3 de Março de 2023, em: [https://fogos.icnf.pt/sgif2010/InformacaoPublicaDados/gestao\\_comb\\_final.pdf](https://fogos.icnf.pt/sgif2010/InformacaoPublicaDados/gestao_comb_final.pdf).
- Jensen, John R. (2015). *Introductory Digital Image Processing. A Remote Sensing Perspective*. 4ª Ed, Pearson. Carolina do Sul.
- Jesus, Ismael (2020). *Metodologias Automáticas para a Criação de Dados de Treino a partir da COS 2015, UA 2012 e OSM*. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Informação Geoespacial. Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra, Coimbra. <http://hdl.handle.net/10316/92222>
- García, M. L., Brondo, J., Arbelo, M., Gil, A. (2012). Satélites para Detecção Remota aplicada à Gestão Territorial (versão em português)
- Lillesand, T., Kiefer, R., W. & Chipman, J. (2015) *Remote Sensing and Image Interpretation*. 7ª Ed, Wiley.
- Martins, João (2015). *Detecção Remota na Avaliação das Alterações da Cobertura do Solo no Parque Nacional da Peneda-Gerês*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Escola de Engenharia da Universidade do Minho, Braga. <https://hdl.handle.net/1822/40477>
- Mira, M. & Loureço, L. (2013). Os incêndios florestais em Portugal têm solução. Em: A. Gonçalves e A. Vieira (eds.), *Grandes Incêndios Florestais, Erosão, Degradação e Medidas de Recuperação dos Solos*. Parte I, NIGP. Universidade do Minho, pp. 131-142.

- Nasa Landsat Science (2023) Página do satélite Landsat da NASA, *Science*. Acedido a 30 de Julho de 2023, em: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/about/science/>
- SMOS (2023) Página do Sistema de Monitorização da Ocupação do Solo da Direção-Geral do Território, *Sobre o SMOS*. Acedida a 2 de Fevereiro de 2023, em: <https://smos.dgterritorio.gov.pt/>.
- Phiri, D., Simwanda, M., Salekin, S., Nyirenda, V. R., Murayama, Y., & Ranagalage, M. (2020). Sentinel-2 data for land cover/use mapping: A review. In *Remote Sensing* , 12, 14. <https://doi.org/10.3390/rs12142291>
- Ribeiro, João (2007). *A DETECÇÃO REMOTA NO INVENTÁRIO FLORESTAL. Análise das potencialidades da utilização das imagens de satélite*. Dissertação de Mestrado em Ciências e Sistemas de Informação Geográfica. Instituto Superior de Estatística e Gestão da Informação da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa. <http://hdl.handle.net/10362/2428>
- Silva, Francisco (2022). *IDENNTIFICAÇÃO DE OPERAÇÕES DE LIMPEZA EM FAIXAS DE GESTÃO DE COMBUSTÍVEL DE INCÊNDIOS AO REDOR DE HABITAÇÕES E LOCALIDADES*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Informática apresentada à Universidade NOVA de Lisboa, Lisboa.

## Anexos

---

Notícia do Público sobre o incêndio ocorrido na área de estudo

**INCÊNDIOS FLORESTAIS**

### **Incêndio que começou numa fábrica em Penacova está a ser combatido por 233 operacionais**

O fogo que começou numa fábrica de palitos no concelho de Penacova estendeu-se a zona florestal. Às 17h49, 233 operacionais, apoiados por cinco aeronaves e 64 veículos, combatiam as chamas.

Lusa

1 de Agosto de 2022, 18:34

[Receber alertas](#)



De momento, "não há casas nem aldeias ameaçadas" pelas chamas em Penacova, esclareceu fonte do CDOS  
TIAGO LOPES

Um **incêndio** que começou numa fábrica de palitos no concelho de Penacova estendeu-se a zona florestal, sendo combatido por 233 operacionais, afirmou esta segunda-feira o Comando Distrital de Operações de Socorro (CDOS) de Coimbra.

O incêndio deflagrou numa fábrica de palitos na freguesia do Lorvão, concelho de Penacova (distrito de Coimbra), por volta das 15h30, avançou fonte do CDOS. De acordo com a fonte, o fogo progrediu depois para zona florestal.



#### INCÊNDIOS FLORESTAIS

### Incêndios: definidos os critérios para as zonas vigiadas por câmaras em drones

Nove câmaras serão instaladas nas áreas florestais de maior risco, em zonas sombra e em áreas com maior histórico de ocorrência de incêndios florestais.

[LER MAIS](#)

De momento, “não há casas nem aldeias ameaçadas” pelas chamas, esclareceu.

Às 17h49, de acordo com o *site* da Protecção Civil, combatiam as chamas 233 operacionais, apoiados por cinco aeronaves e 64 veículos.