

ANTÓNIO ÂNGELO CANDEIAS DOS SANTOS

**Criação de uma ferramenta para cartografar as áreas ardidas a  
nível municipal, com base em imagens dos satélites  
multiespectrais Sentinel-2 com resolução de 10 metros**



Universidade do Algarve

Faculdade de Ciências e Tecnologia

2021

ANTÓNIO ÂNGELO CANDEIAS DOS SANTOS

**Criação de uma ferramenta para cartografar as áreas ardidas a  
nível municipal, com base em imagens dos satélites  
multiespectrais Sentinel-2 com resolução de 10 metros**

**Mestrado em Geomática**

**Trabalho efetuado sob a orientação de:**

Professor Doutor José Inácio de Jesus Rodrigues

Professor Doutor Fernando Miguel Granja Martins



Universidade do Algarve

Faculdade de Ciências e Tecnologia

2021

**Criação de uma ferramenta para cartografar as áreas ardidas a nível municipal, com base em imagens dos satélites multiespectrais Sentinel-2 com resolução de 10 metros**

**Declaração de autoria de trabalho**

Declaro por minha honra ser o autor deste trabalho, que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da listagem de referências incluída.

António Ângelo Candeias dos Santos

© Copyright: António Ângelo Candeias dos Santos

“A Universidade do Algarve reserva para si o direito, em conformidade com o disposto no Código do Direito de Autor e dos Direitos Conexos, de arquivar, reproduzir e publicar a obra, independentemente do meio utilizado, bem como de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição para fins meramente educacionais ou de investigação e não comerciais, conquanto seja dado o devido crédito ao autor e editor respetivos.”

## **Agradecimentos**

Este projeto de tese de mestrado implicou um trabalho constante e simboliza uma etapa muito importante da minha vida pessoal e profissional. Neste trabalho de projeto de mestrado, percorri um longo caminho, onde recebi imenso apoio de diversas pessoas que me acompanharam desde o começo até ao fim, sem as quais este trabalho não teria sido possível de concretizar.

Agradeço imenso aos meus orientadores, o Professor Doutor, José Inácio de Jesus Rodrigues e o Professor Doutor, Fernando Miguel Granja Martins, pela disponibilidade, partilha de conhecimentos, sugestões, orientações e incentivo em todos os momentos e fases da realização deste trabalho.

À minha família, amigos e companheiros que me acompanharam neste percurso académico, um agradecimento especial pela atenção e incentivo que sempre me deram para terminar esta etapa.

A todos, os meus sinceros agradecimentos.

## Resumo

O projeto de trabalho desenvolvido surge no âmbito do Mestrado de Geomática para a obtenção do grau de mestre. Apresenta como objetivo a criação de uma ferramenta em Python com uma interface gráfica, que permite de uma forma rápida cartografar as áreas ardidas a nível municipal com base em imagens dos satélites multiespectrais Sentinel-2, com uma resolução de 10 metros.

Com a criação desta ferramenta, pretende-se que os Gabinetes Técnico Florestais (GTF), os Serviços Municipais de Proteção Civil (SMPC), Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF), e outras entidades, possam num curto intervalo de tempos após a ocorrência do incêndio, identificar rapidamente a área ardida.

Desta forma, as entidades intervenientes passam a ter mais dados para iniciar precocemente o planeamento e a intervenção nas áreas ardidas, de modo a tornar o território mais resiliente.

**Palavras-chave:** Sentinel-2, incêndios rurais, áreas ardidas, deteção remota, python.

## Abstract

The work project developed comes within the scope of the Master's Degree in Geomatics to obtain a master's degree. Its objective is to create a tool in Python with a graphical interface, which allows a quick way to map burned areas at municipal level based on images from Sentinel-2 multispectral satellites, with a resolution of 10 meters. By creating this tool, it is intended that the Forestry Technical Offices (GTF - *Gabinetes Técnico Florestais*), the Municipal Civil Protection Services (SMPC - *Serviços Municipais de Proteção Civil*), the Institute for Conservation of Nature and Forests (ICNF - *Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas*), and other institutions, can in a short period of time, after the fire has occurred, quickly identify the burned area. In this way, the member institutions will have more data to earlier start planning and intervening in the burned areas, in order to improve the resilience of territory.

**Keywords:** Sentinel-2, wild fires, burned areas, remote sensing, python.

# ÍNDICE

Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Motivação e objetivos .....	2
1.3 Estrutura do trabalho .....	2
Revisão Bibliográfica .....	4
Conceitos Prévios.....	7
3.1 Sistemas de Informação Geográfica .....	7
3.2 Sistemas de Referência de Coordenadas .....	7
3.3 European Petroleum Survey Group .....	8
3.4 Detecção Remota e Processamento Digital de Imagens.....	8
3.5 Missão Sentinel.....	9
3.6 Composições coloridas RGB.....	13
3.7 Índices espectrais .....	14
3.8 Linguagem de programação Python .....	15
3.9 Bibliotecas utilizadas na criação da ferramenta.....	16
3.9.1 Bibliotecas padrão do Python.....	16
3.9.2 Bibliotecas externas do Python .....	18
3.10 Interfaces gráficas do utilizador.....	19
3.10.1 wxWidgets.....	19
3.10.2 GTK .....	19
3.10.3 Kivy .....	19
3.10.4 Tkinter .....	20
3.10.5 Escolha da interface gráfica do utilizador .....	20
4. Dados e Metodologia .....	22

4.1	Caracterização dos dados .....	22
4.1.1	Carta Administrativa Oficial de Portugal.....	22
4.1.2	Dados do Instituto Conservação da Natureza e Florestas.....	23
4.2	Metodologia utilizada para criar a ferramenta .....	24
5.	Ferramenta para determinação de áreas ardidas .....	27
5.1	Estrutura da ferramenta .....	27
5.2	Acesso às de imagens do satélite Sentinel-2.....	28
5.2.1	Identificador Único de Concelho (DICO).....	28
5.2.2	Data que ocorreu o incêndio .....	28
5.2.3	Cobertura de nuvens das imagens.....	29
5.2.4	Download das imagens necessárias antes e depois do incêndio .....	29
5.3	Processamento das imagens Sentinel-2.....	31
5.3.1	Fase do processamento que requer a intervenção dos utilizadores.....	32
5.3.2	Fase da execução do processamento sem intervenção dos utilizadores .	33
5.4	Resultados do processamento de criar o dNDVI ou dNBR .....	36
5.5	Acesso à ferramenta .....	37
6.	Estudo de Casos .....	38
6.1	A seleção dos incêndios rurais .....	38
6.1.1	Incêndio rural em Monte Branco do Carriçal concelho de Aljezur.....	38
6.1.2	Incêndio rural de Boião em São Marcos da Serra .....	38
6.1.3	Incêndio rural em Monte dos Longos, concelho de Castro Verde .....	39
6.2	Seleção de imagens Sentinel-2 .....	39
6.3	Parâmetros utilizados pela ferramenta .....	40
7.	Resultados.....	43
7.1	Resultados obtidos a partir do índice dNBR.....	43
7.1.1	Resultados para o incêndio de Aljezur.....	43

7.1.2	Resultados para o incêndio de São Marcos da Serra .....	44
7.1.3	Resultados para o incêndio de Castro Verde .....	45
7.2	Resultados obtidos a partir do índice dNDVI .....	46
7.2.1	Resultados para o incêndio de Aljezur.....	46
7.2.2	Resultados para o incêndio de São Marcos da Serra .....	47
7.2.3	Resultados para o incêndio de Castro Verde .....	48
7.3	Análise de resultados.....	49
7.3.1	Incêndio de Aljezur .....	50
7.3.2	Incêndio de São Marcos da Serra .....	51
7.3.3	Incêndio de Castro Verde .....	53
7.4	Discussão dos Resultados e Conclusões.....	55
	Conclusão e Desenvolvimentos Futuros.....	56
	Bibliografia .....	58
	Anexos .....	64

## Índice de Figuras

Figura 3.1. Satélites de missão Sentinel (Fonte: Copernicus/ESA).....	10
Figura 3.2. Frequência de revisita do Sentinel-2. (Fonte: Copernicus/ESA).....	11
Figura 3.3. Diferença entre imagens com processamento do tipo TOA nível-1C (à esquerda) e BOA nível-2A (direita). (Fonte: Copernicus/ESA) .....	12
Figura 3.4. À esquerda composição RGB de falsa cor de infravermelhos com as bandas 8 4 3, ao centro composição RGB de cor natural com as bandas 4 3 2 e à direita composição RGB de falsa cor de infravermelhos de ondas curtas com as bandas 12 8 4 do Sentine-2. ....	14
Figura 4.1. Mapa das áreas ardidas em Portugal em 2020. (Fonte: ICNF, reportado a 15 de outubro de 2020 - versão provisória) .....	23
Figura 4.2. Metodologia para criação da ferramenta .....	24
Figura 5.1. Interface gráfica da ferramenta de determinação de áreas ardidas a nível municipal.....	27
Figura 5.2. Mensagem de erro se o código DICO não possuir 4 dígitos.....	28
Figura 5.3. Mensagem de erro se a data do incêndio está em branco ou com campos sem dados .....	29
Figura 5.4. Interface gráfica – seleção de imagens pré e pós incêndio.....	30
Figura 5.5. Mapa com a grade dos blocos do Sentinel-2 com cobertura dos concelhos de Portugal Continental .....	31
Figura 5.6. Interface gráfica completa com as opções do utilizador.....	32
Figura 5.7. Fases do processamento das imagens Sentinel-2 com identificação das bibliotecas utilizadas .....	34
Figura 5.8. Ficheiros resultante do processamento da criação o dNDVI ou dNBR.....	36
Figura 6.1. Características das imagens Sentinel-2 utilizadas para determinar as áreas ardidas dos incêndios rurais em estudo neste projeto. Fonte: Copernicus/ESA .....	40
Figura 6.2. Interface gráfica da aplicação, com os dados utilizados no cálculo das áreas ardidas no incêndio de Aljezur .....	41
Figura 7.1. Mapa com composição colorida RGB 8-4-3 e as AAP obtidas do índice dNBR para o incêndio de Aljezur.....	44

Figura 7.2. Mapa com composição colorida RGB 8-4-3 e as AAP obtidas do índice dNBR para o incêndio de São Marcos da Serra no concelho de Silves .....	45
Figura 7.3. Mapa com composição colorida RGB 8-4-3 e as AAP obtidas do índice dNBR para o incêndio de Castro Verde .....	46
Figura 7.4. Mapa com composição colorida RGB 12-8-4 com as AAP resultantes do índice dNDVI do incêndio de Aljezur .....	47
Figura 7.5. Mapa com composição colorida RGB 12-8-4 com as AAP resultantes do índice dNDVI do incêndio de São Marcos da Serra no concelho de Silves .....	48
Figura 7.6. Mapa com composição colorida RGB 12-8-4 com as AAP resultantes do índice dNDVI do incêndio de Castro Verde .....	49
Figura 7.7. Mapa com composição colorida RGB 4-3-2 com as áreas ardidadas resultantes dos índices dNBR e dNDVI da ferramenta a disponibilizada pelo ICNF do incêndio de Aljezur .....	51
Figura 7.8. Mapa com composição colorida RGB 4-3-2 com as áreas ardidadas resultantes dos índices dNBR e dNDVI da ferramenta a disponibilizada pelo ICNF do incêndio de São Marcos da Serra no concelho de Silves .....	53
Figura 7.9. Mapa com composição colorida RGB 4-3-2 com as áreas ardidadas resultantes do índice dNBR da ferramenta e a disponibilizada pelo ICNF do incêndio de Castro Verde .....	54

## Índice de Tabelas

Tabela 3.1. Descrição das bandas espectrais do satélite Sentinel-2. (Fonte: Copernicus/ESA).....	11
Tabela 3.2. Composições coloridas RGB Sentinel-2. (Fonte: Sentinelhub) .....	13
Tabela 3.3. Índices espectrais utilizados no projeto .....	15
Tabela 3.4 Comparação entre interfaces gráficas .....	21
Tabela 6.1 Parâmetros utilizados para determinação da área ardida para os incêndios estudados.....	42
Tabela 7.1. Áreas ardidas no incêndio de Aljezur. Comparação entre os valores de referenciado ICNF e áreas calculadas pela nova ferramenta. ....	50
Tabela 7.2. Comparação de áreas ardidas do ICNF com os obtidos pela ferramenta para o incêndio de São Marcos da Serra no concelho de Silves. ....	52
Tabela 7.3. Comparação de áreas ardidas do ICNF com os obtidos pela Ferramenta para o incêndio de Castro Verde .....	53

## **Lista de Abreviaturas, símbolos e siglas**

**.tiff** - Tagged Image File Format

**AAP** - Áreas Ardidas Prováveis

**API** - Application Programming Interface

**CAOP** - Carta Administrativa Oficial de Portugal

**DA** - Diferença Absoluta

**DGT** - Direção Geral do Território

**DICO** - Identificador Único de Concelho

**DICOFRE** - Identificador Único de Freguesia

**dNBR** - differenced Normalized Burn Ratio

**DR** - Diferencia Relativa

**EFFIS** - European Forest Fires Information System

**EPSG** - European Petroleum Survey Group

**ESA** - European Space Agency

**ESRI** - Environmental Systems Research Institute

**ETRS89** - European Terrestrial Reference System de 1989

**EUREF** - European Reference Frame

**GDAL** - Geospatial Data Abstraction Library

**GMES** - Global Monitoring for Environment and Security

**GNDVI** - Green Normalized Difference Vegetation Index

**GNR** - Guarda Nacional Republicana

**GTF** - Gabinetes Técnicos Florestais

**IAG** - Associação Internacional de Geodesia

**ICNF** - Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas

**Landsat** - Land Remote Sensing Satellite

**MODIS** - Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

**NBR** - Normalized Burn Ratio

**NDVI** - Normalized Difference Vegetation Index

**NIR** - Near Infrared

**nm** - Nanómetro

**ORG** - Simple Features Library

**OSGeo** - Open Source Geospatial Foundation

**PDF** - Portable Document Format

**PIL** - Python Imaging Library

**PT-TM06/ETRS89** - Portugal - Transversa de Mercator de 2006 / European Terrestrial Reference System de 1989

**RGB** – Red Green Blue (Vermelho, Verde e Azul)

**SIG** - Sistemas de Informação Geográfica

**SMPC** - Serviços Municipais de Proteção Civil

**SR** - Simple Ratio

**SRC** - Sistema de Referência de Coordenadas

**SWIR** - Short-Wave Infrared

**UTM** - Universal Transversa de Mercator

**WGS 84** - World Geodetic System de 1984

# Introdução

## 1.1 Enquadramento

Segundo Hernández, 2020, Portugal é o país europeu mais fustigado por incêndios florestais, apresentando o maior número de sinistros de área ardida dos últimos trinta anos. Em média, ocorrem em Portugal cerca de 17.000 sinistros e 120.000 hectares de área ardida por ano. Comparativamente com Espanha, Portugal apresenta cerca de mais 35% sinistros e mais 20% de hectares arditos, ainda que, possua menos 80% de superfície florestal que o país vizinho. Estes indicadores demonstram que todos os anos, arde em Portugal mais de 3% da sua superfície florestal, em comparação com 0,4% em Espanha, o que leva a que Portugal seja o primeiro país da Europa e o quarto a nível mundial, que perdeu a maior massa florestal desde o início do século XXI.

O Sistema de Defesa da Floresta contra Incêndios (Lei n.º 76/2017 de 17 de agosto), contempla um conjunto de medidas e ações relativas à prevenção e proteção das florestas contra incêndios, a levar a cabo pelas entidades públicas com competências na defesa da floresta contra incêndios e entidades privadas com intervenção no setor florestal.

Nesse sentido, compete ao Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF), a manutenção, à escala nacional, de um sistema de informação relativo a incêndios florestais através da adoção de um sistema de gestão de informação de incêndios florestais (SGIF) e os registos das áreas arditas (ICNF, 2010). O sistema é alimentado/atualizado, através do levantamento cartográfico das áreas arditas, com áreas iguais ou superiores a 1 hectare, realizado pela Guarda Nacional Republicana (GNR), com o envolvimento das câmaras municipais. O carregamento dos levantamentos cartográficos das áreas arditas tem de ser disponibilizado/carregado no SGIF, até 31 de janeiro do ano civil seguinte.

## 1.2 Motivação e objetivos

As câmaras municipais, seja através, dos seus Serviços Municipais de Proteção Civil (SMPC) e/ou Gabinetes Técnicos Florestais (GTF), devem dispor de uma cartografia de áreas ardidas atualizada o mais rápido possível após a ocorrência dos incêndios, para que possam efetuar as intervenções imediatas, tanto ao nível das ações de avaliação dos danos, percas e impactos nos ecossistemas, bem como a nível do planeamento de ações de recuperação de áreas ardidas e de atribuição de apoios à reabilitação e fiscalização dos respetivos pedidos.

O principal objetivo deste projeto consistiu no desenvolvimento de uma ferramenta que permita cartografar áreas ardidas a nível municipal com base em imagens de satélite multiespectrais Sentinel-2. Para que se possam atingir adequados níveis de precisão serão utilizadas imagens com uma resolução de 10 metros. Estas imagens são disponibilizadas com um intervalo de 5 dias, o que permitirá produzir a cartografia de áreas ardidas até 5 dias após o incêndio, se as condições meteorológicas o permitirem. Para o desenvolvimento da ferramenta será usada a linguagem Python, e um vasto conjunto de livrarias de código aberto que permitirão o processamento dos dados matriciais e vetoriais necessárias. As livrarias gráficas disponíveis para esta linguagem permitirão a construção da interface gráfica que se pretende simples e de fácil utilização por parte dos utilizadores das câmaras municipais.

Com esta ferramenta espera-se contribuir para que os municípios possam produzir cartografia das áreas ardidas de forma rápida e pelo menos com idêntica precisão à atual cartografia oficial.

## 1.3 Estrutura do trabalho

O presente trabalho encontra-se estruturado em sete capítulos. Neste primeiro capítulo é feita uma introdução ao tema, bem como são apresentados os principais objetivos e motivação para a elaboração do projeto. O capítulo 2 sumariza o estado da arte no mapeamento de áreas ardidas. O capítulo 3 enfoca os conceitos prévios, relacionados com o mapeamento de áreas ardidas descritos ao longo do documento.

De seguida, no capítulo 4, são descritos os dados utilizados e a metodologia utilizada. Este capítulo inclui uma descrição da metodologia utilizada para a criação da ferramenta, bem como a caracterização dos dados que são utilizados pela ferramenta para efetuar o mapeamento de áreas ardidas e os dados fornecidos pelo Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF) para efetuar a comparação com os dados da área ardida.

O capítulo 5, é dedicado à criação da ferramenta, em que é apresentada a estrutura dos dados, os códigos de programação que estão por trás da ferramenta desde a aquisição das imagens de satélite do Sentinel-2 até ao processamento e os resultados obtidos.

No capítulo 6, são aplicados os testes de validação da ferramenta através de três estudos de caso, em que foram utilizados 3 incêndios florestais como teste de determinação das áreas ardidas, as quais foram comparadas com as áreas ardidas disponibilizadas pelo ICNF para validação da ferramenta.

O capítulo 7 é dedicado à apresentação dos resultados da aplicação da ferramenta nos casos selecionados para estudo.

Por fim, no capítulo 8, são apresentadas as principais conclusões da ferramenta e tecidas algumas perspetivas futuras para o melhoramento da ferramenta.

## Revisão Bibliográfica

As técnicas de deteção remota proporcionam uma forma alternativa de detetar os efeitos do fogo antes, durante e após um incêndio rural, com menor custo e menos gastos de tempo (CHEN, *et al.*, 2011).

São vários os trabalhos conhecidos e desenvolvidos sobre o mapeamento de áreas ardidas que recorreram às imagens dos satélites de acesso livre, desde os sistemas multiespectrais que disponibilizam imagens óticas: *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS), Landsat-5, Landsat-8, Sentinel-2 e Sentinel-3, até aos Sistemas Radar de Abertura Sintética como o Sentinel-1, além da combinação destes satélites (Escuin, *et al.*, 2008), (Bastarrika, *et al.*, 2011), (CHEN, *et al.*, 2011), (Rocha, *et al.*, 2014), (Fernández-Manso, *et al.*, 2016), (Navarro, *et al.*, 2017), (Martins, 2017), (Quintano, *et al.*, 2018) e (Antunes, 2019).

O *European Forest Fires Information System* (EFFIS) através do *Rapid Damage Assessment Module*, utiliza imagens dos sensores MODIS, com uma resolução espacial de 250 metros, que cartografa áreas ardidas a partir de 30 hectares. Nesta aplicação os perímetros dos incêndios contíguos não são diferenciados e as ilhas não ardidas no interior do perímetro não são removidas, pois a finalidade do EFFIS é estimar as áreas ardidas à escala europeia (European, 2020).

Um dos trabalhos sobre o mapeamento de áreas ardidas de Portugal (Bastarrika, *et al.*, 2011), recorreu às imagens dos satélites Landsat TM/ETM (através de uma série temporal de 65 imagens do ano de 2003) para determinarem as áreas ardidas. Este trabalho obteve bons resultados, comparando com os dados oficiais do ICNF.

O estudo desenvolvido por Rocha, *et al.*, (2014), recorreu a imagens do satélite Landsat-8, com uma resolução espacial de 30 m e com recurso apenas à aplicação do índice de vegetação *Normalized Burnt Ratio* (NBR), é um índice projetado para destacar áreas ardidas em grandes zonas de incêndio. O NBR combina o uso dos comprimentos de onda do infravermelho próximo (NIR) e do infravermelho de ondas curtas (SWIR). As áreas recentemente ardidas demonstram baixa refletância no NIR e alta refletância no SWIR, ou seja, a diferença entre as respostas espectrais de vegetação saudável e áreas

queimadas atingem o seu pico nas regiões do NIR e SWIR do espectro (Keeley, 2009). O índice dNBR é baseado na diferença aritmética entre NBR pré-incêndio e estimativas NBR pós-incêndio.

Um dos primeiros trabalhos que recorre a imagens do satélite Sentinel-2 para cartografar as áreas ardidas foi desenvolvido por Fernández-Manso, *et al.*, (2016), na Sierra de Gata em Espanha, com o objetivo de analisar a precisão das imagens e quantificar a severidade dos incêndios. A metodologia utilizada neste estudo, recorreu a diversos índices de entre os quais se destacam o NBR e o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). O NDVI é um índice de vegetação desenvolvido por (Rouse, *et al.*, 1973), que determina a atividade fotossintética da vegetação, indicando a densidade de verde existente. Este índice tem sido utilizado na discriminação de áreas ardidas, o conceito assenta na diferença entra a máxima reflexão na região do infravermelho próximo, e à máxima absorção na região do visível, da vegetação (Martins, 2017). Os autores do estudo concluíram que os índices espectrais do limiar do vermelho do Sentinel-2 são os mais adequados para a discriminação da severidade das áreas queimadas e que os dados provenientes do Sentinel-2, que detém resoluções espectrais e temporais mais elevadas que o Landsat-8 (uma referência nos estudos de severidade de incêndios), podem contribuir para avaliar com elevada exatidão os danos dos incêndios e melhorar a adequação das estratégias de combate aos mesmos.

Outro trabalho desenvolvido, que recorreu às imagens do satélite Sentinel-2 (com uma resolução espacial de 10 metros) foi o de Martins (2017), para determinar as áreas ardidas do Norte de Portugal Continental. A autora identificou as áreas, a partir do método aplicado por Bastarrika, *et al.* (2011), e validou-as, comparando-as com as áreas ardidas obtidas pelo ICNF (que utilizou o sensor MODIS).

A Agência Espacial Europeia (ESA) possui um projeto designado por *Sentinel-3 World Fire Atlas Prototype*, destinado em particular aos estados-membros do Sul da Europa, por serem bastante afetados pelos incêndios florestais. Este projeto recorre as imagens de satélite Sentinel-3, com uma resolução espacial de 300 metros e permite ao utilizador visualizar e/ou receber uma notificação dos incêndios ocorridos nas últimas 24, 48 ou 72 horas, numa área de interesse definida por este (ESA(a), 2019).

No que se refere ao mapeamento de áreas ardidas, com recurso à combinação de dados provenientes de diferentes tipos de satélites Quintano, *et al.*, (2018), desenvolveram um estudo com objetivo de validar a utilização combinada de dados provenientes do Sentinel-2 (com uma resolução espacial de 10-20 metros) e com o Landsat-8 (com resolução de 30 metros), na Sierra de Gata em Espanha. A metodologia desenvolvida pelos autores baseou-se na utilização de imagens pré e pós-fogo dos satélites Landsat-8 e Sentinel-2, para as quais calcularam as diferenças do índice *differenced Normalized Burn Ratio* (dNBR), o dNBR relativo e o NBR relativo. A utilização do dNBR e NBR relativos em vez da escolha dNBR e NBR absolutos, é porque estes exigiriam uma avaliação de cada incêndio individualmente, para que se conseguisse obter os limites devidamente calibrados, que seriam exclusivos para cada incêndio, ao contrário do dNBR e NBR relativos, que utiliza valores padrão de limites para todos os incêndios (Jay & Andrea, 2017). Um procedimento análogo foi seguido para as imagens do Sentinel-2, aplicando os limites recomendados por Key & Benson (2006). Este estudo concluiu que a combinação dos dados do Landsat-8 e Sentinel-2 pode reduzir o tempo decorrido desde o incêndio na floresta até a disponibilidade de um mapa inicial de danos causados pelo incêndio, podendo ser uma ajuda valiosa aos gestores florestais nas operações pós-incêndio.

Por outro lado, o trabalho realizado por Antunes (2019), explora a complementaridade das imagens de micro-ondas do Sentinel-1 e as óticas do Sentinel-2 para cartografar as áreas ardidas na região centro de Portugal continental no ano de 2017. Este trabalho recorreu a duas abordagens para a delimitação dos perímetros de fogo e a respetiva área ardida, uma com recurso a aplicação de limiares com base em índices de vegetação pré e pós-incêndio. A outra abordagem, foi realizada através da classificação automática de imagens, Sentinel-1 e Sentinel-2.

Pelos resultados obtidos pelos estudos atrás referidos, podemos afirmar que os dados provenientes dos satélites, especialmente Sentinel-2 e do Landsat, têm vindo a ser testados como solução para cartografar as áreas ardidas com elevada precisão e num curto período após a ocorrência dos mesmos.

## Conceitos Prévios

### 3.1 Sistemas de Informação Geográfica

Não existe na comunidade uma definição consensual de “Sistemas de Informação Geográfica” (SIG), uma vez que os SIG são utilizados por diversas áreas de interesse e setores, o que faz, com que existam várias definições (Aronoff, 1989), (Sinfic, 2006) e (ESRI, 2020). Assim sendo os SIG além de serem sistemas computacionais compostos por hardware e software, precisam de dados e informação geográfica, para que possam ser analisados, manipulados, visualizados e interpretados de modo que possam ajudar os utilizadores a tomar decisões inteligentes.

### 3.2 Sistemas de Referência de Coordenadas

Os Sistemas de Referência de Coordenadas (SRC) são um conjunto de parâmetros que permitem posicionar univocamente um objeto sobre a superfície da Terra (DGT(a), 2020). Neste trabalho, são utilizados dois sistemas de referência o *World Geodetic System* de 1984 (WGS 84) e o Portugal - Transversa de Mercator de 2006 / *European Terrestrial Reference System* de 1989 (PT-TM06/ETRS89).

O WGS 84 é um sistema geodésico global em que a origem das coordenadas deste sistema é o centro da Terra, foi desenvolvido pelo Departamento da Defesa dos Estados Unidos da América, que utilizou como base os parâmetros do sistema geodésico de referência de 1980 (constituído por um elipsoide de referência global e um modelo de gravidade), sendo complementados com dados Doppler, laser satelitário e interferometria de base muito larga (Baptista, 2007).

Em Portugal Continental a cartografia utiliza uma grande diversidade de sistemas de referência coordenadas, entre eles o PT-TM06/ETRS89. Este sistema adota uma projeção Transversa de Mercator de um elipsoide, desenvolvido com base em campanhas internacionais (realizadas em 1989, 1995 e 1997). Observações tiveram como objetivo ligar convenientemente a rede geodésica de 1ª e 2ª ordens de Portugal Continental à rede europeia do Sistema de Referência Terrestre Europeu 1989 (European Terrestrial Reference System - ETRS89). ETRS89 é um sistema global de referência recomendado pela *European Reference Frame* (EUREF), subcomissão da

Associação Internacional de Geodesia (IAG), estabelecido através de técnicas espaciais de observação em que o 0 (zero) é fixado à parte estável da Placa Euro-Asiática (DGT(a), 2020).

### 3.3 European Petroleum Survey Group

Com vista à constituição de um registo global, público e aberto de sistemas de referência geográfica e cartográfica o *European Petroleum Survey Group* (EPSG), criou os códigos EPSG, que identificam todos os sistemas de coordenadas locais ou globais de todo o mundo. Cada sistema recebe um código numérico único, por exemplo, os dois sistemas de referência utilizados neste trabalho possuem os códigos EPSG 3763 e 4326 para o PT-TM06/ETRS89 e para o WGS 84, respetivamente (EPSG, 2020).

### 3.4 Detecção Remota e Processamento Digital de Imagens

A Detecção Remota é uma ciência que possibilita a aquisição, tratamento e manipulação de dados multiespectrais e hiperespectrais, obtidos por sensores digitais montados a bordo de plataformas espaciais, satélites, drones, aviões, balões, com vista à recolha periódica de dados concisos da Terra (Rocha & Sousa, 2007), (Sousa & Silva, 2011).

O Processamento Digital de Imagens (PDI) consiste na manipulação de imagens através de equipamentos informáticos. O objetivo passa pelo melhoramento do aspeto visual de certas feições estruturais da imagem, proporcionando assim, maior facilidade na extração de informações para posterior interpretação, através de técnicas de manipulação numérica dos dados contidos nessas imagens digitais (INPE/DPI, 2001), *apud* (Nascimento & Abreu, 2012).

As técnicas de processamento digital de imagem podem ser divididas em três etapas: pré-processamento de imagens, o realce de imagens e análise de imagem.

O pré-processamento, consiste no tratamento preliminar dos dados brutos com a finalidade de calibrar radiometricamente e geometricamente uma imagem. A calibração radiométrica consiste por um lado na atenuação dos efeitos da atmosfera, da inclinação do Sol e da variação da distância Terra-Sol através de técnicas de compensação ou de modelos teóricos e por outro, na remoção ou redução de ruídos causados pelo mau

funcionamento dos sensores através de operadores pontuais, locais ou de multibanda. Outra finalidade do pré-processamento é corrigir as distorções geométricas, através da georreferenciação e da reamostragem (Florenzano, 2002), *apud* (Nascimento & Abreu, 2012).

O realce de imagens, é a etapa que modifica, através de funções matemáticas, os valores digitais de uma imagem, de modo a destacar certas informações espectrais e melhorar a qualidade visual da imagem, facilitando a análise do fotointérprete e enfatizar alguma característica de interesse para aplicação específica (Figueiredo, 2005), *apud* (Nascimento & Abreu, 2012).

Por fim, a etapa da análise está relacionada com a extração de informações das imagens e inclui a segmentação e classificação das mesmas. A segmentação de imagens tem como objetivo fragmentar uma região, em unidades homogêneas, considerando algumas de suas características intrínsecas, como por exemplo, o nível de cinza dos pixels, textura e contraste. Já a classificação visa à categorização da cobertura da terra distinguindo as composições de diferentes materiais superficiais, usando técnicas de reconhecimento de padrões (Santos, et al., 2010) , *apud* (Nascimento & Abreu, 2012).

### 3.5 Missão Sentinel

Os satélites da missão Sentinel (figura 3.1.) são uma iniciativa conjunta da *European Space Agency* (ESA) com a Comissão Europeia integrado no projeto *Copernicus*, anteriormente conhecido como *Global Monitoring for Environment and Security* (GMES). Esta missão tem com o objetivo o fornecimento de dados e imagens fundamentais da Terra e do ambiente para apoio a todos os cidadãos. O projeto Sentinel encontra-se dividido em missões de 1 a 6, sendo baseado em uma constelação de dois satélites para cada missão (ESA(b), 2020). Para este trabalho apenas a missão Sentinel-2 apresenta relevância.

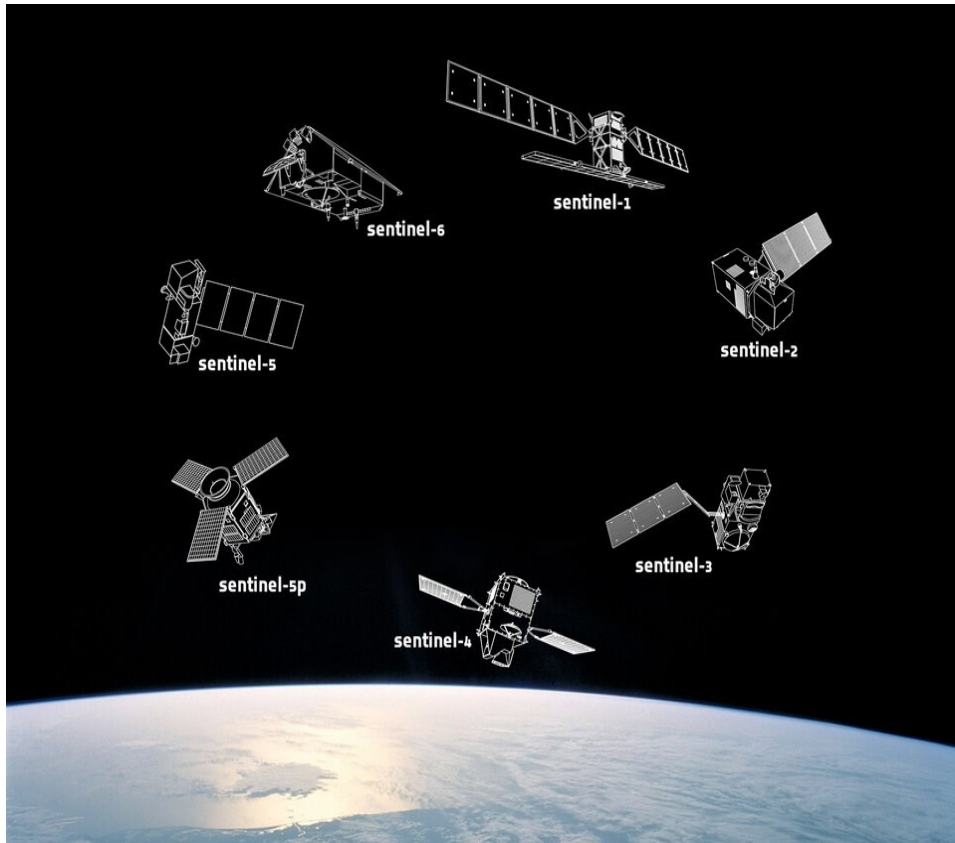


Figura 0.1. Satélites de missão Sentinel (Fonte: Copernicus/ESA)

A missão Sentinel-2 é composta por dois satélites de órbita sol-síncronas, separados em  $180^\circ$ , que permitem a cobertura ordenada de todas as superfícies terrestres continentais (figura 3.2.), incluindo águas interiores entre as latitudes  $56^\circ$  sul e  $84^\circ$  norte, águas costeiras até 20 km da costa, todas as ilhas da União Europeia e todas as outras com mais de  $100 \text{ km}^2$ , o mar Mediterrâneo e todos os mares fechados, a cada cinco dias, nas mesmas condições de visualização (ESA(c), 2020).

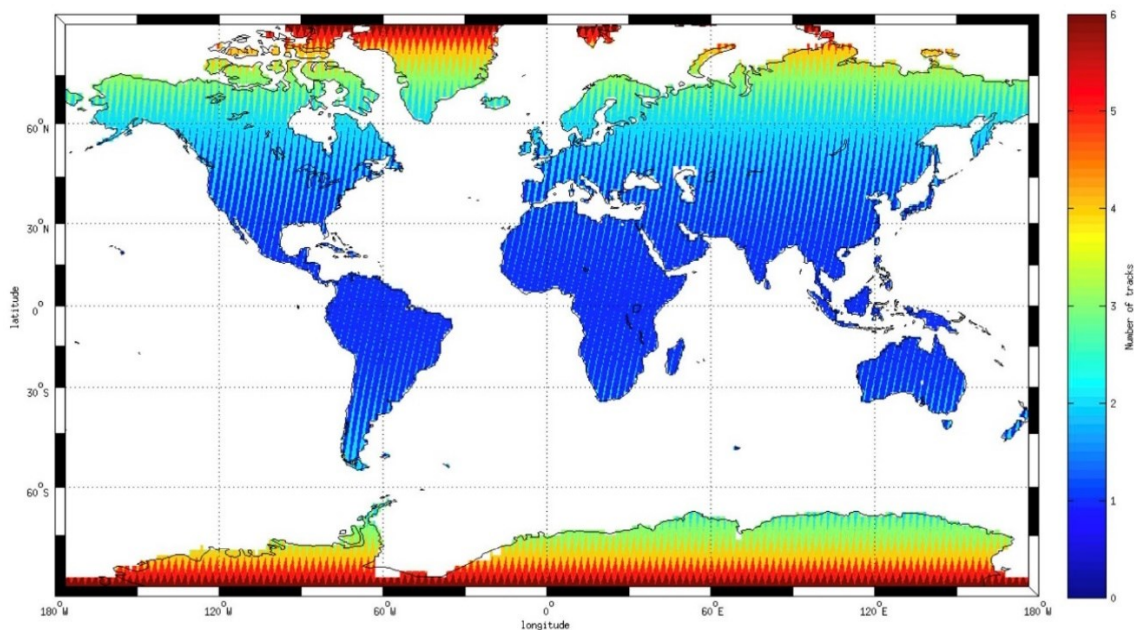


Figura 0.2. Frequência de revisita do Sentinel-2. (Fonte: Copernicus/ESA)

Os satélites Sentinel-2 contribuem para o objetivo de monitorização terrestre e obter uma nova perspectiva da Terra através das suas 13 bandas espectrais, que captam as imagens entre os comprimentos de onda dos 443 nm a 2.190 nm. As resoluções espaciais, das imagens óticas de alta resolução multiespectral são de, 10 metros (3 bandas do visível e 1 banda de infravermelho próximo), 20 metros (3 bandas de limiar do vermelho, 1 banda no infravermelho próximo e 2 bandas de infravermelho de onda curta) e de 60 metros (3 bandas de correção atmosférica) (ESA(c), 2020).

Tabela 0.1. Descrição das bandas espectrais do satélite Sentinel-2. (Fonte: Copernicus/ESA)

Banda	Comprimento de onda (nm)	Resolução Espacial (m)	Designação
1	443	60	Coastal aerosol
2	490	10	Azul
3	560	10	Verde
4	665	10	Vermelho
5	705	20	Vegetation Red Edge
6	740	20	Vegetation Red Edge
7	783	20	Vegetation Red Edge
8	842	10	Infravermelho próximo (NIR)
8a	865	20	Vegetation Red Edge
9	940	60	Vapor de água
10	1.375	60	SWIR - cirrus
11	1.610	20	SWIR 1
12	2.190	20	SWIR 2

Existem dois tipos de imagens disponíveis do Sentinel-2 (nível-1C e nível-2A) disponibilizadas em blocos de ortoimagens de 100 x 100 km<sup>2</sup> no sistema cartográfico UTM/WGS84. As imagens de nível-1C têm um processamento do tipo *Top Of Atmosphere (TOA)*, ou seja, este nível resulta da aplicação de um modelo digital de elevação (MDE) para projetar a imagem em geometria ortogonal e de medições radiométricas, por pixel, fornecidas em refletâncias do topo da atmosfera, em conjunto com os parâmetros para transformá-los em radiâncias. As imagens de nível-1C são reamostradas para distância de amostragem do solo de 10, 20 e 60 metros, de acordo com a resolução espacial da banda espectral.

As imagens de nível-2A são derivadas do nível-1C. São efetuadas, correções radiométricas do tipo *Bottom-Of-Atmosphere (BOA)*, ou seja, são realizadas correções de refletância na base da atmosfera ou refletância de superfície. Na figura 3.3. é possível perceber as diferenças entre a imagem da esquerda que apresenta um processamento TOA (nível-1C), enquanto à direita a mesma imagem, mas com o nível de processamento BOA (nível-2A). Em ambos os produtos as coordenadas do pixel referem-se ao canto superior esquerdo do pixel (ESA(b), 2020).

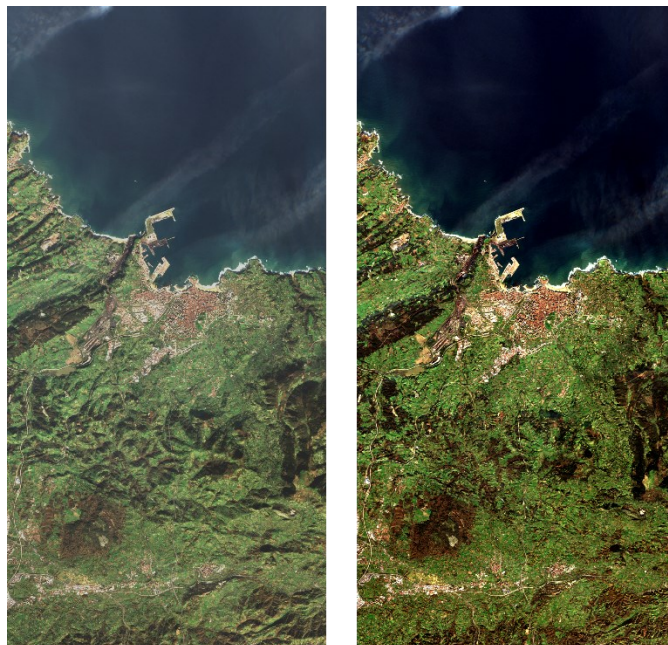


Figura 0.3. Diferença entre imagens com processamento do tipo TOA nível-1C (à esquerda) e BOA nível-2A (direita).  
(Fonte: Copernicus/ESA)

### 3.6 Composições coloridas RGB

As imagens de satélite são representadas em diferentes tonalidades de cinzento, correspondentes às refletâncias captadas para cada intervalo do espectro eletromagnético. Designa-se por composições coloridas RGB, à combinação de três imagens de cinzento, correspondendo às refletâncias primárias da luz - as bandas do vermelho (Red), verde (Green) e azul (Blue).

Numa composição colorida de cor verdadeira, as intensidades registadas para cada banda RGB (vermelho, verde e azul) são representadas pela respetiva cor. Se forem selecionadas outras bandas resultam composições coloridas RGB de falsa cor, que permitem destacar outras informações espectrais da área de estudo, que de outra forma não eram tão perceptíveis ao olho humano (Ricardo, 2018).

As principais combinações coloridas RGB utilizadas no Sentinel-2, para destacar diferentes tipos de informação estão discriminados na tabela 3.2. Na deteção de áreas ardidas, causadas pelos incêndios rurais/florestais a composição colorida utilizada é a RGB 12-8-4, porque após um incêndio, os terrenos queimados refletem a banda infravermelha de onda curta (SWIR – banda 12). Esta imagem RGB é, portanto, um instrumento, muito valioso no mapeamento dos danos causados pelo fogo (sentinelhub, 2020).

*Tabela 0.2. Composições coloridas RGB Sentinel-2. (Fonte: Sentinelhub)*

<b>Nome composição</b>	<b>Bandas RGB Sentinel-2</b>
Cor natural	4-3-2
Falsa cor de Infravermelho (vegetação)	8-4-3
Falsa cor de Infravermelho de ondas curtas (vegetação)	12-8-4
Falsa cor (urbano)	12-11-4
Agricultura	11-8-2
Geologia	12-4-2
Batimétrico	4-3-1
Penetração atmosférica	12-11-8A

Na figura 3.4 é possível ver, a composição colorida RGB 8-4-3 (falsa cor de infravermelho) é mais comumente usada para avaliar a densidade e a saúde das plantas, já que as plantas refletem perto do infravermelho e da luz verde enquanto absorvem o vermelho. Como refletem mais radiação da banda do infravermelho próximo do que o

verde, a terra coberta por plantas surge em vermelho profundo. O crescimento mais denso da planta é de um vermelho mais escuro. As cidades e o solo exposto são brancos ou cinzas e a água parece azul ou preta. As áreas ardidas são verdes porque refletem o vermelho.

A composição colorida RGB 4-3-2 (cor natural) não é uma composição para análise e interpretação, mas é uma boa representação da Terra, ou seja, é a composição de como os nossos olhos veem, esta composição serve para elaborar os mapas das áreas ardidas.

A composição colorida RGB 12-8-4 (falsa cor de infravermelho de ondas curtas) é muito utilizada para mapear os danos causados pelos incêndios, porque os terrenos ardidos recentemente refletem fortemente nas bandas SWIR, além disso também são utilizadas para estimar a quantidade de água presente nas plantas e no solo, já que a água reflete os comprimentos de onda SWIR. Esta composição mostra a vegetação a verde, a água a azul ou preto, enquanto a faixa dos vermelhos destaca solo descoberto (áreas ardidas) e áreas construídas, ficam em tons brancos e cinzas.

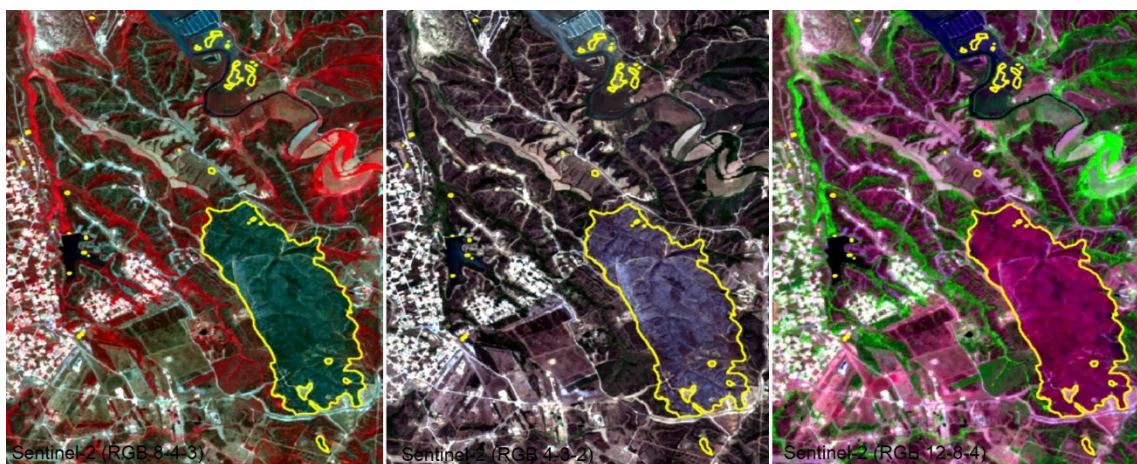


Figura 0.4. À esquerda composição RGB de falsa cor de infravermelhos com as bandas 8 4 3, ao centro composição RGB de cor natural com as bandas 4 3 2 e à direita composição RGB de falsa cor de infravermelhos de ondas curtas com as bandas 12 8 4 do Sentine-2.

### 3.7 Índices espectrais

Índices espectrais são técnicas de transformação de imagens para realçar a resposta espectral de alvos da superfície terrestre e para avaliar e monitorizar diferentes processos de mudanças da cobertura da terra (Bezerra, 2019).

Os índices espectrais utilizados para cartografar as áreas ardidas, são aqueles que utilizam as diferenças de índices a partir de observações multitemporais (Filipponi, 2018). A maioria dos algoritmos disponíveis para detetar áreas ardidas, utilizam imagens antes e depois dos incêndios, para compensar a redução de falsas deteções e/ou o aumento da taxa de deteção, pois se utilizarem apenas imagens depois do incêndio podem ser incluídas áreas já queimadas anteriormente (Martins, 2017).

Nesta investigação, foram utilizados os índices espectrais *Normalized Difference Vegetation Index* (Índice de vegetação com diferença normalizada) e o *Normalized Burn Ratio* (taxa de queima normalizada), (tabela 3.3.). Estes índices são os mais utilizados para mapear as áreas ardidas por se tratarem de índices do domínio espectral do vermelho, do infravermelho próximo e Infravermelho de ondas curtas (Fernández-Manso, *et al.*, 2016), (Escuin, *et al.*, 2008) e aqueles que apresentaram melhores resultados para o território nacional (Martins, 2017), (Rocha, *et al.*, 2014) e (Navarro, *et al.*, 2017).

Tabela 0.3. Índices espectrais utilizados no projeto

Acrónimo	Índice espectral	Formula	Equação com bandas Sentinel 2
<b>NDVI</b>	Índice de vegetação com diferença normalizada	$\frac{(NIR - Vermelho)}{(NIR + Vermelho)}$	$\frac{(B8 - B4)}{(B8 + B4)}$
<b>NBR</b>	Taxa de queima normalizada	$\frac{(NIR - SWIR2)}{(NIR + SWIR2)}$	$\frac{(B8 - B12)}{(B8 + B12)}$
<b>dNDVI</b>	Diferença NDVI	$pre^{NDVI} - pos^{NDVI}$	
<b>dNBR</b>	Diferença NBR	$pre^{NBR} - pos^{NBR}$	

### 3.8 Linguagem de programação Python

Python, é uma linguagem de programação criada por Guido van Rossum em 1991, de alto nível, de script, imperativa, interpretada, orientada a objetos, de código aberto e tem um modelo de desenvolvimento comunitário, assim como quase todas as suas implementações variantes. A sua filosofia de design realça a legibilidade do código e a sua sintaxe permite que os programadores desenvolvam em menos linhas de código do que seria possível em linguagens como C++ ou Java. Esta linguagem possui interfaces

para muitas chamadas de sistemas e bibliotecas, bem como, para vários sistemas de janela, e é extensível em C.

Esta linguagem, permite construir programas/ferramentas de pequena e grande escala, compatíveis com muitos sistemas operativos, permitindo assim, que os códigos Python possam correr em uma ampla variedade de sistemas, como o Linux, macOS e Windows (Python-Foundation-Software(b), 2001).

### 3.9 Bibliotecas utilizadas na criação da ferramenta

As Bibliotecas são coleções de programas disponíveis em repositórios que permitem simplificar o processo de programação, reduzindo necessidades reescrever código para implementação de funções de uso frequente ou específico. Estes programas podem ser usados por importação no início de um *script*. Neste trabalho foram utilizadas bibliotecas padrão e bibliotecas externas disponibilizadas pela comunidade de programadores.

#### 3.9.1 Bibliotecas padrão do Python

O Python possui uma biblioteca padrão muito extensa (Python-Software-Foundation(a), 2001), que oferece uma ampla gama de recursos de modo a fornecer soluções padronizadas para muitos problemas que ocorrem em programação diária. Alguns desses módulos são projetados explicitamente para encorajar e aprimorar a portabilidade de programas Python. Neste trabalho recorreu-se aos seguintes módulos:

- ✓ ***Datetime***, para trabalhar com datas e horas, possui 6 classes principais para lidar com datas, horas e intervalos de tempo. Para este trabalho utilizou-se 2 classes, a ***datetime*** – que servem para combinar datas e horas junto com os atributos ano, mês, dia, hora, minuto, segundo, microssegundo e a ***timedelta*** – que servem para calcular a diferença entre duas instâncias de data, hora ou data e hora para resolução de microssegundos.
- ✓ ***OS***, para criar e remover um diretório (pasta), procurar conteúdos, alterar e identificar o diretório atual, etc., sendo possível executar automaticamente várias tarefas do sistema operacional.

- ✓ **Pathlib**, para manipular caminhos de sistema de arquivos de maneira independente, seja qual for o sistema operacional, ou seja, através da classe **Path** que é considerada a classe mais importante no módulo, ela se encarrega da implementação do caminho concreto com base no sistema operacional e tornar o código independente da plataforma.
- ✓ **Platform**, para efetuar a análise das informações de hardware, sistema operativo e versão do interpretador da plataforma subjacente, pois, ocasionalmente é necessário saber em que tipo de sistema um programa está sendo executado, e algumas das bibliotecas ou comandos externos possuem interfaces diferentes em sistemas operacionais diferentes.
- ✓ **Re** é um módulo que fornece operações de correspondência de expressão regular pois o Python não possui uma sintaxe literal para expressões regulares, e nesse sentido a funções do módulo **re** aceita uma cadeia de caracteres representando assim a expressão regular, através de prefixar a cadeia de caracteres com `r'...'`, evitando conflitos entre as sequências de escape de Python.
- ✓ **Shutil** vem com os módulos de utilitário padrão do Python sendo uma biblioteca que fornece muitas funções de operações de alto nível em arquivos e coleções de arquivos, tendo a função de auxiliar na automatização do processo de cópia e remoção de arquivos e diretórios.
- ✓ **Subprocess** é um módulo padrão do Python que é usado para executar novos aplicativos ou programas, criando novos processos. Neste trabalho foi usado para executar o aplicativo para ler o ficheiro em formato *Portable Document Format* (PDF) da ajuda da ferramenta.
- ✓ **Tkinter** é uma biblioteca baseada em Tcl/Tk, que acompanha a distribuição oficial do interpretador Python para criação de interfaces gráficas de utilizador, uma maneira rápida e fácil de criação de aplicativos. Foram utilizados os seguintes módulos do tkinter, o **ttk** que serve para fornecer acesso ao conjunto de janelas, botões, ícones, menus, barras de rolagem e outras funcionalidades e o **tkinter.filedialog.askopenfile** que serve para criar janelas de seleção de arquivo / diretório, que servem para abrir ou guardar ficheiros.

- ✓ **Zipfile** é módulo do Python que fornece ferramentas para criar, ler, escrever, anexar e listar um arquivo ZIP, que é o formato de dados disponibilizado pelo Sentinel.

### 3.9.2 Bibliotecas externas do Python

- ✓ **SciPy** é um ecossistema baseado em C de software de código aberto para matemática, ciências e engenharia (SciPy(a), 2020), possui como biblioteca central o **NumPy** (NumPy, 2020) que é usada principalmente para realizar cálculos em Arrays Multidimensionais. O **NumPy** fornece um grande conjunto de funções e operações que ajudam a executar facilmente cálculos numéricos, que neste trabalho foram usados para o processamento de imagens. Além, do **NumPy** também se recorreu ao pacote **ndimage.median\_filter**, que serve para calcular e executar o filtro mediano multidimensional (SciPy(b), 2020).
- ✓ **GDAL** para processar os dados matriciais e a **ORG** para processar os dados vetoriais e **OSR** para trabalhar com os sistemas de referência coordenadas. Estas bibliotecas utilizam uma licença da **Open Source Geospatial Foundation (OSGeo)** que é uma organização sem fins lucrativos dedicada ao desenvolvimento colaborativo de software e dados geoespaciais de código aberto (GDAL-SOFTWARE-SUITE, 2013).
- ✓ **Python Imaging Library (PIL)** é a biblioteca de imagens Python, de Fredrik Lundh e colaboradores, que serve para adicionar recursos de processamento de imagens ao interpretador Python. Esta biblioteca oferece suporte a vários formatos de arquivo e de processamento de imagens, além de recursos gráficos, neste trabalho utilizou-se a classe **Image**, que é usada para representar imagens na interface gráfica de utilizador da ferramenta (Lundh, 2020) .
- ✓ **SentinelSAT** é a biblioteca que facilita a pesquisa, o download e a recuperação de metadados das imagens de satélite do Sentinel do Copernicus Open Access Hub (ESA(d), 2020), através do **SentinelAPI**.
- ✓ **Setuptools** é uma biblioteca de extensão comumente usada para distribuir bibliotecas e extensões Python, que foi projetada para facilitar o empacotamento de projetos Python, aprimorando os utilitários de distribuição de modo a tornar os aplicativos maiores mais fáceis de distribuir (Eby, 2020).

## 3.10 Interfaces gráficas do utilizador

As interfaces gráficas do utilizador são bastante populares no uso de softwares em geral, pois tornam o uso mais fácil da ferramenta/aplicação além de aumentarem a produtividade. As interfaces gráficas também podem ser usadas como componente para criar uma base, onde a aplicação será construída e assim, ir ajustando e melhorando a ferramenta/aplicação.

Para quem trabalha com desenvolvimento em Python, existem diversos *kits* de ferramentas que permitem a criação de interfaces gráficas, em seguida serão descritas, apenas, aquelas que foram analisadas e tidas em conta para a criação da ferramenta, nomeadamente: wxWidgets, GTK, Kivy e o Tkinter.

### 3.10.1 wxWidgets

A interface gráfica **wxWidgets** é uma biblioteca gratuita de código aberto, construída em C++ que permite criar aplicativos para Windows, macOS, Linux e outras plataformas com uma única base de código, destaca-se por possui ligações de linguagem populares para Python, Perl, Ruby e muitas outras linguagens e, ao contrário, de outros kits de ferramentas de plataforma cruzada, dá aos aplicativos uma aparência verdadeiramente nativa, porque usa a interface de programação de aplicações nativa da plataforma em vez de emular a interface gráfica (wxWidgets, 1992).

### 3.10.2 GTK

**GTK** possui todos os recursos que um kit de ferramentas confiável deve possuir, para o desenvolvimento de aplicativos em Linux, é escrito na linguagem de programação C, mas também está disponível para várias outras linguagens de programação, por meio de ligações de linguagem, que permitem escrever aplicativos GTK no estilo dessas linguagens (GNOME, 1997).

### 3.10.3 Kivy

**Kivy** é uma biblioteca de interface de usuário de plataforma cruzada com suporte para sistemas operacionais de desktop (Windows, macOS, Linux) e dispositivos móveis (Android, iOS). É escrito em Python e Cython sendo 100% gratuito para usar, sob uma licença do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (Kivy, 2010).

### 3.10.4 Tkinter

**Tkinter** é uma biblioteca baseada em Tcl/Tk, que acompanha a distribuição oficial do interpretador Python, tudo o que precisamos fazer é importá-lo no momento em desejamos usá-la, ou seja, esta biblioteca está sempre disponível, com exceção de algumas distribuições Linux, em que é preciso instalar o módulo separadamente.

### 3.10.5 Escolha da interface gráfica do utilizador

De modo a escolher qual a interface gráfica a utilizar no desenvolvimento da ferramenta, foram definidos quatro critérios. O primeiro critério, é a simplicidade de utilização da Application Programming Interface (API), ou seja, a interface de programação da aplicação tem de ser fácil para trabalhar e aprender, pois não tenho grandes conhecimentos em programação. O segundo critério, é a necessidade de instalação de bibliotecas externas, para o correto funcionamento da API, sem que possam vir a comprometer o uso da ferramenta, o terceiro critério, é a quantidade e qualidade da documentação disponibilizada na Web, pois como o meu conhecimento é limitado é preciso boa documentação. Como quarto critério temos a portabilidade da interface entre os diversos sistemas operativos, apesar de a ferramenta ter sido desenvolvida em ambiente Linux.

A interface escolhida para o desenvolvimento da ferramenta foi o Tkinter, pois como analisado (tabela 3.4.) esta interface gráfica de utilizador é aquela que disponibiliza mais e melhor documentação na Web, com muitos tutoriais e vídeos, a sua API é de fácil aprendizagem, não necessita de ser instalada, pois a mesma acompanha a distribuição oficial do interpretador Python, em termos de portabilidade, apesar de a ferramenta ter sido desenvolvida no ambiente Linux, a mesma possui portabilidade para todos os outros sistemas operacionais. Além do referido anteriormente, esta foi a interface gráfica que foi estudada na disciplina de programação em SIG, e sobre a qual possuía já alguns conhecimentos.

Tabela 0.4 Comparação entre interfaces gráficas

<b>Nome interface</b>	<b>API</b>	<b>Bibliotecas</b>	<b>Documentação</b>	<b>Portabilidade</b>
wxWidgets	Complicada de aprender	Externa do Python	Pouco documentada	Linux, Unix, Windows e Mac
GTK	Complicada de aprender PHP	Externa do Python	Pouco documentada	Linux, Unix e Windows
Kivy	Fácil de aprender	Externa do Python	Bem documentada	Linux, Unix, Windows e Mac
Tkinter	Fácil de aprender	Acompanha o Python	Muito bem documentada	Linux, Unix, Windows e Mac

## 4. Dados e Metodologia

Relativamente à metodologia aplicada neste projeto foram utilizados dados da Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP), versão de 2019 e do Instituto Conservação da Natureza e Florestas (ICNF).

A CAOP foi utilizada pela ferramenta de determinação de áreas ardidas de nível municipal, com vista à pesquisa de cobertura de imagens de satélite. Por sua vez, a cartografia das áreas ardidas determinadas pelo INCF foi utilizada para validação das áreas ardidas determinadas pela ferramenta.

### 4.1 Caracterização dos dados

#### 4.1.1 Carta Administrativa Oficial de Portugal

A Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP), versão de 2019 (CAOP2019), contém a delimitação e demarcação das circunscrições administrativas do País. A CAOP2019 foi aprovada por despacho da Direção Geral do Território (DGT(b), 2020), datado de 14 de janeiro de 2020 e publicado no Aviso n.º 2625/2020 do Diário da República, 2.ª série, n.º 33, de 17 de fevereiro de 2020, nos termos do disposto da alínea l) do n.º 2 do artigo 2.º do Decreto Regulamentar n.º 30/2012 de 13 de março (DGT(b), 2020).

A CAOP2019 e um ficheiro em formato de folha de cálculo com informação extra da CAOP, foram descarregados do sítio da internet da DGT (DGT(b), 2020). A CAOP 2019 é disponibilizada em formato vetorial no sistema de referência PT-TM06/ETRS89, com os limites administrativos das freguesias do tipo polígono e com os identificadores únicos das freguesias (DICOFRE). O ficheiro da informação externa disponibiliza a relação entre os identificadores únicos das freguesias (DICOFRE) e dos concelhos (DICO) e as respetivas designações constantes na CAOP em vigor.

Para que a CAOP2019 possa ser usada na ferramenta, foi necessário efetuar algumas alterações com recurso ao software QGIS (QGIS.org, 2020), nomeadamente: (i) Agregação dos limites das freguesias por concelho de modo a ficar a unidade administrativa territorial “Concelho”; (ii) Eliminação dos campos da tabela de atributos, com exceção do campo concelho (iii) União da tabela com a folha de calculo da informação externa da CAOP2019; (iv) Criação da nova camada vetorial (no formato

*shapefile* do tipo polígono), contendo os campos DICO e Concelho, no sistema de referência WGS84.

#### 4.1.2 Dados do Instituto Conservação da Natureza e Florestas

Segundo o 8º relatório provisório de incêndios rurais de 2020 do INCF, no período compreendido entre 1 de janeiro e 15 de outubro de 2020, registou-se em Portugal Continental um total de 9 394 incêndios rurais que resultaram em 65 887 hectares de área ardida (ICNF, 2020).

Segundo o ICNF, até 15 de outubro de 2020, as áreas ardidas cartografadas em Portugal Continental (figura 4.1.), foram obtidas através de processos de classificação semiautomáticos utilizando imagens satélite LANDSAT, SENTINEL, permitindo a identificação de incêndios com uma extensão superior a 5 hectares, que posteriormente, vão sendo validadas pela GNR de acordo com o estipulado na Lei n.º 76/2017 de 17 de agosto (República, 2017), através de levantamento de campo com recurso a recetores de GNSS (*Global Navigation Satellite System*).

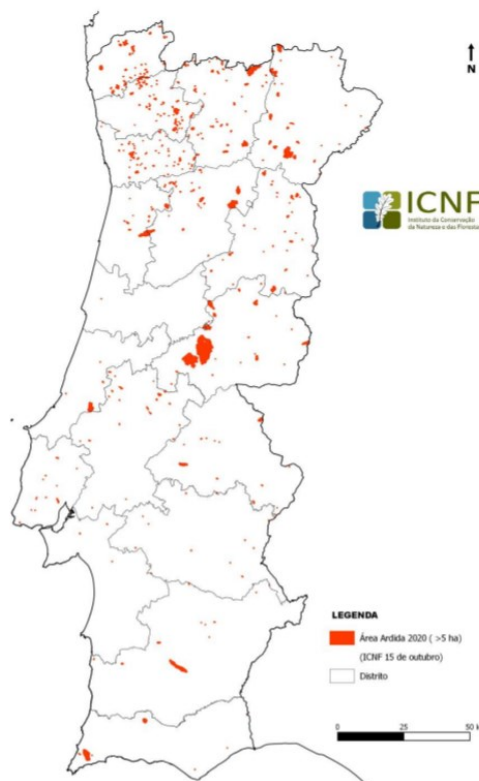


Figura 0.1. Mapa das áreas ardidas em Portugal em 2020. (Fonte: ICNF, reportado a 15 de outubro de 2020 - versão provisória)

No entanto, apesar de já existirem dados das áreas ardidas do ano de 2020, como mostra a figura anterior, o ICNF somente tem disponível para acesso público, as áreas ardidas do ano de 2019, mas ainda como provisórias, apesar de já estarmos em 2021 (ICNF, 2020).

O ICNF disponibilizou as *shapefiles* das áreas ardidas dos incêndios rurais, que serviram como teste e validação da ferramenta. As áreas ardidas do ICNF para o ano de 2020 foram obtidas através das imagens de satélite Sentinel-2, com resolução de 10 metros, que posteriormente foram validadas pela GNR, de acordo, com o procedimento constante no Manual de tratamento da informação geográfica associada a terrenos percorridos por incêndios (Direcção de Unidade de Defesa da Floresta, 2010).

## 4.2 Metodologia utilizada para criar a ferramenta

A metodologia utilizada para criar a ferramenta para cartografar as áreas ardidas a nível municipal, com base em imagens dos satélites multiespectrais Sentinel-2 com resolução de 10 metros, foi a adotada por Bastarrika, *et al.*, (2011) e Martins (2017), por ser aquela que melhor serve os objetivos da ferramenta.

O fluxograma (figura 4.2.) está agrupado em quatro grupos (dados de entrada, processos, cálculo de índices e resultados finais) composto por dez etapas contidas na metodologia utilizada. Em seguida serão descritas de uma forma sintetizada as etapas:

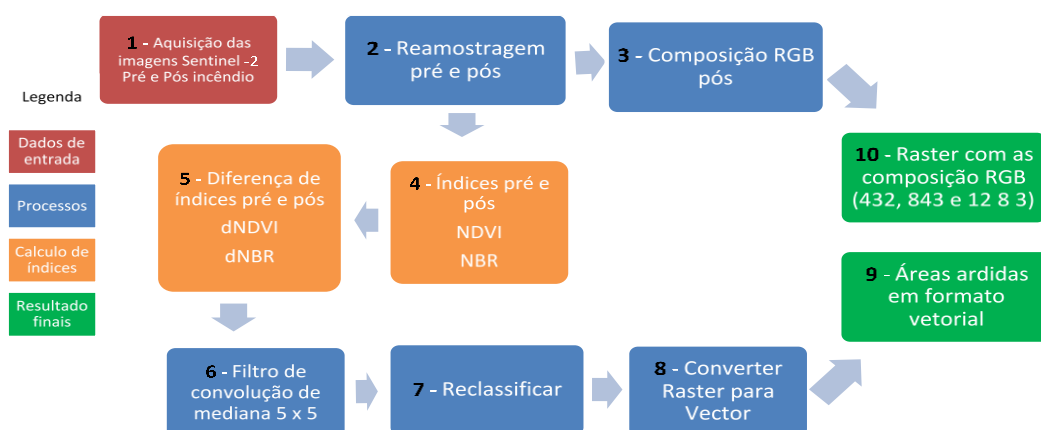


Figura 0.2. Metodologia para criação da ferramenta

- ✓ **Etapa 1**, corresponde à fase da pesquisa e aquisição de imagens de satélite Sentinel-2 antes (pré) e depois (pós) do incêndio, com um nível de processamento do tipo nível-2A, que servem o concelho em causa.

- ✓ **Etapa 2**, é a fase em que se realizam as reamostragens das bandas pré e pós incêndio, para o sistema de coordenadas PT-TM06/ETRS89, com a definição do tamanho do pixel de 10 metros, bem como, a construção do mosaico de imagens, sempre que necessário, de modo a cobrir a totalidade do município em causa e ainda realiza o recorte da imagem pelos limites do município, para tornar o processamento mais rápido.
- ✓ **Etapa 3**, é a fase em que se criam as composições coloridas, RGB 4 3 2 (Cor Natural), RGB 8 4 3 (Falsa cor Infrared) e RGB 12 8 4 (Falsa cor *Shortwave infrared*), com as bandas pós incêndio do município em causa, com uma resolução de 10 metros.
- ✓ **Etapa 4**, corresponde à etapa em que se calculam os índices espectrais utilizando as bandas pré e pós incêndio, nomeadamente o índice NDVI (b4 e b8) ou NBR (b8 e b12) de acordo com as fórmulas constantes da tabela 3.1. e com recurso à livreria NumPy que convertem as camadas em matrizes multidimensionais, de forma a tornar possível a realização das operações algébricas.
- ✓ **Etapa 5**, é aquela em que se calculam as diferenças entre o pré e pós incêndio, de acordo com as fórmulas constantes na tabela 3.1. do dNDVI ou dNBR, de modo, a obter assim uma camada matricial em que se destacam as áreas ardidas.
- ✓ **Etapa 6**, é a fase da aplicação do filtro de convolução de mediana de 5 x 5, que tem como finalidade de redução de ruído da imagem, e assim, suavizar a imagem atenuando as altas frequências, que correspondem as transições abruptas, isto é, as fronteiras radiométricas e aos detalhes. O filtro da mediana faz com que a imagem resultante da sua aplicação fique visualmente mais ligeira e com menos informação redundante em virtude do seu princípio de funcionamento, em que a intensidade de cada pixel é substituída pela mediana das intensidades na vizinhança daquele pixel.
- ✓ **Etapa 7**, serve para reclassificar os dados matriciais para valores de 0 para as áreas não ardidas e o valor de 1 para áreas ardidas, utilizando como referência para valores classificados como área ardida para o NBR valores de pixel superiores a 0.100, de acordo com os estudo desenvolvido por (Keeley, 2009) e

para o NDVI valores superiores a 0.17767 de acordo com os estudos desenvolvidos por (Martins, 2017).

- ✓ **Etapa 8**, consiste em converter a camada matricial reclassificada (em números inteiros) em vetorial, de modo, a obter-se um ficheiro com o perímetro das áreas ardidas. Esta operação é realizada através do GDAL\_polygonize, que cria polígonos vetoriais para todas as regiões da camada matricial que compartilham o valor de pixel 1.
- ✓ **Etapa 9** corresponde à fase do resultado do processamento da ferramenta, que consiste, na criação de um ficheiro vetorial, no formato *shapefile*, do tipo polígono, no sistema de referência PT-TM06/ETRS89, com as áreas ardidas prováveis para o município em causa.
- ✓ **Etapa 10**, é a última e corresponde à fase em que são criadas as camadas matriciais no formato *Tagged Image File Format (.tiff)*, com as composições coloridas pós incêndio, da etapa 3, no sistema de referência PT-TM06/ETRS89 do município em causa. É também nesta etapa que se eliminam todos os produtos resultantes das etapas intermedias.

## 5. Ferramenta para determinação de áreas ardidadas

### 5.1 Estrutura da ferramenta

A linguagem de programação de desenvolvimento da ferramenta foi Python (Python-Foundation-Software(b), 2001), porque esta, permite trabalhar mais rapidamente e integrar as bibliotecas, de um modo, mais eficiente. Estruturalmente a ferramenta está organizada por forma a simplificar a visualização da informação e facilitar a execução das tarefas ao utilizador através da interface gráfica de utilizador, desenvolvida em Tkinter que é um empacotador da linguagem Python para a biblioteca nativa do Python.

A interface gráfica da ferramenta encontra-se dividida em 2 secções principais (Figura 5.1.):

**1. Parte Superior**, relacionada com a pesquisa, download e seleção das imagens Sentinel-2 antes e depois do incêndio de acordo o Município em estudo.

**2. Parte Inferior**, apresenta os botões, para seleccionar a shapefile do Município que se pretende determinar as áreas ardidadas e a escolha do índice espectral, para determinar as áreas ardidadas, bem como, o nome a atribuir à shapefile das áreas ardidadas prováveis, bem como, a barra de progressos da ferramenta.

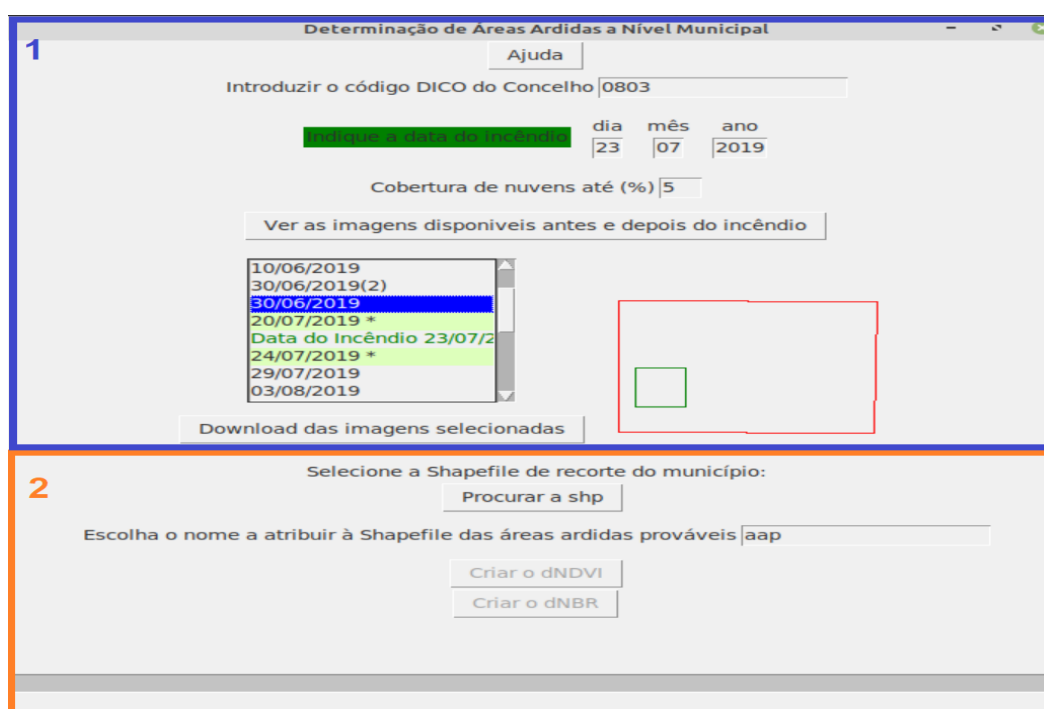


Figura 0.1. Interface gráfica da ferramenta de determinação de áreas ardidadas a nível municipal

## 5.2 Acesso às de imagens do satélite Sentinel-2

A ferramenta pesquisa e efetua o download das imagens Sentinel-2, com recurso à biblioteca *sentinel2*, através do algoritmo SentinelAPI que necessita de vários parâmetros, previamente inseridos, para realizar a pesquisa.

### 5.2.1 Identificador Único de Concelho (DICO)

O identificador único de concelho (DICO) da CAOP, é um dos parâmetros obrigatório para a pesquisa das imagens, pois ele é usado para “desenhar” o polígono dos limites do concelho, que se pretende determinar as áreas ardidas, e assim pesquisar as imagens que cobrem esse concelho.

O DICO tem obrigatoriamente de possuir 4 dígitos, caso contrário, é apresentada a mensagem de erro “Código DICO precisa ter 4 dígitos” no cabeçalho da ferramenta (figura 5.2.). Por defeito a ferramenta apresenta o DICO “0803” que é o código do Concelho de “Aljezur”, a listagem completa com os códigos DICO encontram-se disponíveis, no Anexo1 e na Ajuda da ferramenta (Anexo 2).

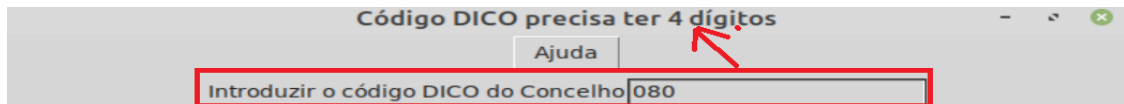


Figura 0.2. Mensagem de erro se o código DICO não possuir 4 dígitos

### 5.2.2 Data que ocorreu o incêndio

A data que ocorreu o incêndio, é um campo de preenchimento obrigatório, para a pesquisa e processamento dos índices espectrais. O algoritmo do SentinelAPI necessita da data que ocorreu o incêndio, para pesquisar no intervalo de 60 dias antes e depois, dessa data e mostrar até 10 imagens antes e depois do incêndio.

Se a data que ocorreu o incêndio, não estiver corretamente preenchida, DIA (DD), MÊS (MM) e ANO (AAAA), e pretendam “Ver as imagens disponíveis antes e depois do incêndio”, a ferramenta apresenta uma mensagem de erro (figura 5.3.), em que a “Indique a data do incêndio” fica a vermelho. Se a data ficou com campos em branco é apresentada a mensagem de erro “Preencha a data corretamente: DIA(DD) MÊS(MM) ANO(AAAA)” no cabeçalho da ferramenta.

Figura 0.3. Mensagem de erro se a data do incêndio está em branco ou com campos sem dados

### 5.2.3 Cobertura de nuvens das imagens

A percentagem de cobertura de nuvens das imagens de satélite é um problema bem conhecido na deteção remota, nesse sentido, a bibliografia recomenda (Norton, 2008), (Bastarrika, et al., 2011) e (CHEN, et al., 2011), que o ideal é as imagens possuírem uma cobertura de nuvens inferior a 5% da imagem. Assim, por defeito a ferramenta efetua a pesquisa das imagens com cobertura de nuvens até ao máximo de 5% .

A missão Sentinel-2 disponibiliza imagens da mesma zona a cada 5 dias (Sentinel-2-A ou Sentinel-2-B), desta forma, se na pesquisa inicial não surgirem imagens, deve-se ao facto de que, no dia da passagem ter existido uma cobertura de nuvens superior a 5% na imagem. Para mostrar todas as imagens da zona de interesse, poderão sempre alterar o valor de cobertura de nuvens entre 0% e 100%, de modo a mostrar todas as imagens.

### 5.2.4 Download das imagens necessárias antes e depois do incêndio

Após o preenchimento correto de todos os campos, explicados anteriormente, e ao clicar no botão “Ver as imagens disponíveis antes e depois do incêndio”, na janela abaixo, são apresentadas as últimas 10 imagens disponíveis antes e depois do incêndio que cobrem o concelho. É nessa janela, que são realizadas todas as etapas necessárias tanto para download, como para o processamento dos índices, de acordo com o passo que se está a realizar (figura 5.4.):

- ✓ **Passo 1**, como referido anteriormente as datas das imagens somente aparecem na janela, se pressionar-se o botão “Ver as imagens disponíveis antes e depois do incêndio”.
- ✓ **Passo 2**, a data do dia do incêndio fica assinalada a verde e mostra as últimas 10 imagens, se disponíveis, que apresentam uma cobertura de nuvens inferior ao

definido, nos 60 dias antes e depois da data que ocorreu o incêndio. Se não existirem imagens após a data do incêndio na janela aparece uma mensagem de erro a vermelho “Sem imagens após...” a data indicada para o incêndio.

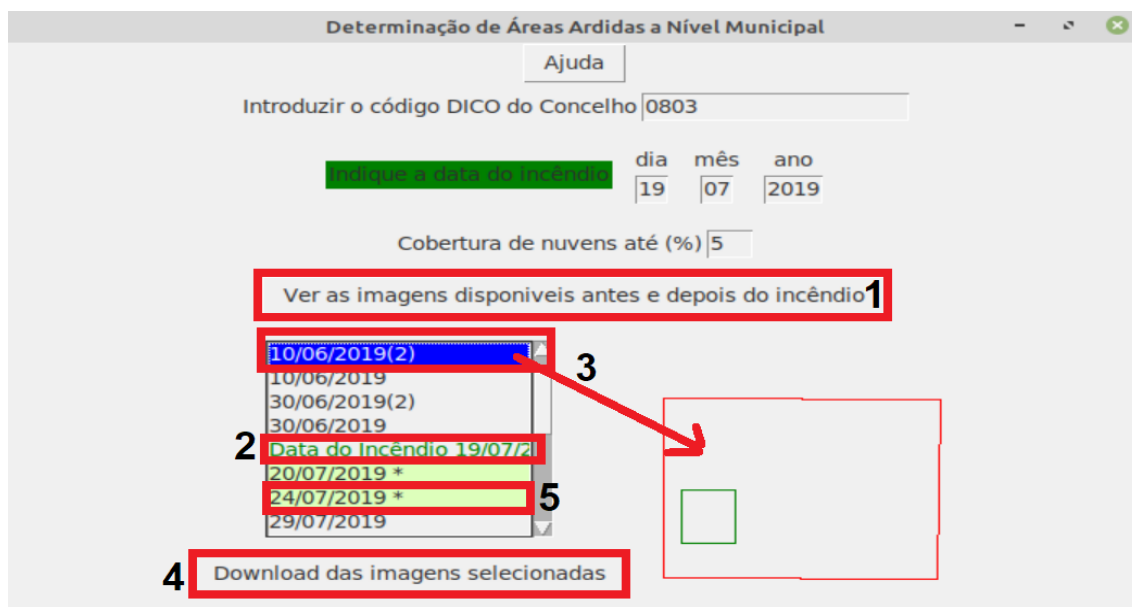


Figura 0.4. Interface gráfica – seleção de imagens pré e pós incêndio

- ✓ **Passo 3**, ao selecionar sobre uma das datas, exemplo “10/06/2019 (2)”, mostra do lado direito, uma imagem que nos indica a posição do concelho (DICO) a **verde** em relação à cobertura pela imagem Sentinel-2 a **vermelho**, está imagem cobre a totalidade do concelho. Neste exemplo, uma única imagem cobre a totalidade do concelho, mas existem muitos concelhos de Portugal Continental (figura 5.5.), que precisam de mais que uma imagem. Por exemplo o concelho de Beja (DICO 0205) são necessárias 4 imagens, para efetuar a cobertura da totalidade do concelho. Sempre que seja necessário mais que uma imagem Sentinel-2 para ter a cobertura da totalidade do concelho em estudo, basta selecionar as outras datas, até ter a cobertura total do concelho.
- ✓ **Passo 4**, o botão para “Download das imagens selecionadas” somente fica ativo, após selecionar as imagens (datas) que servem os interesses do utilizador, bastando clicar no botão, para iniciar o download das imagens, cada ficheiro zip com as 13 bandas possui o tamanho de 1.2GB cada. Na barra de progresso, apresenta a mensagem de que está a realizar o download do número de imagens. A velocidade depende sempre da velocidade da internet e as imagens descarregadas ficarão na “pasta imagens”.

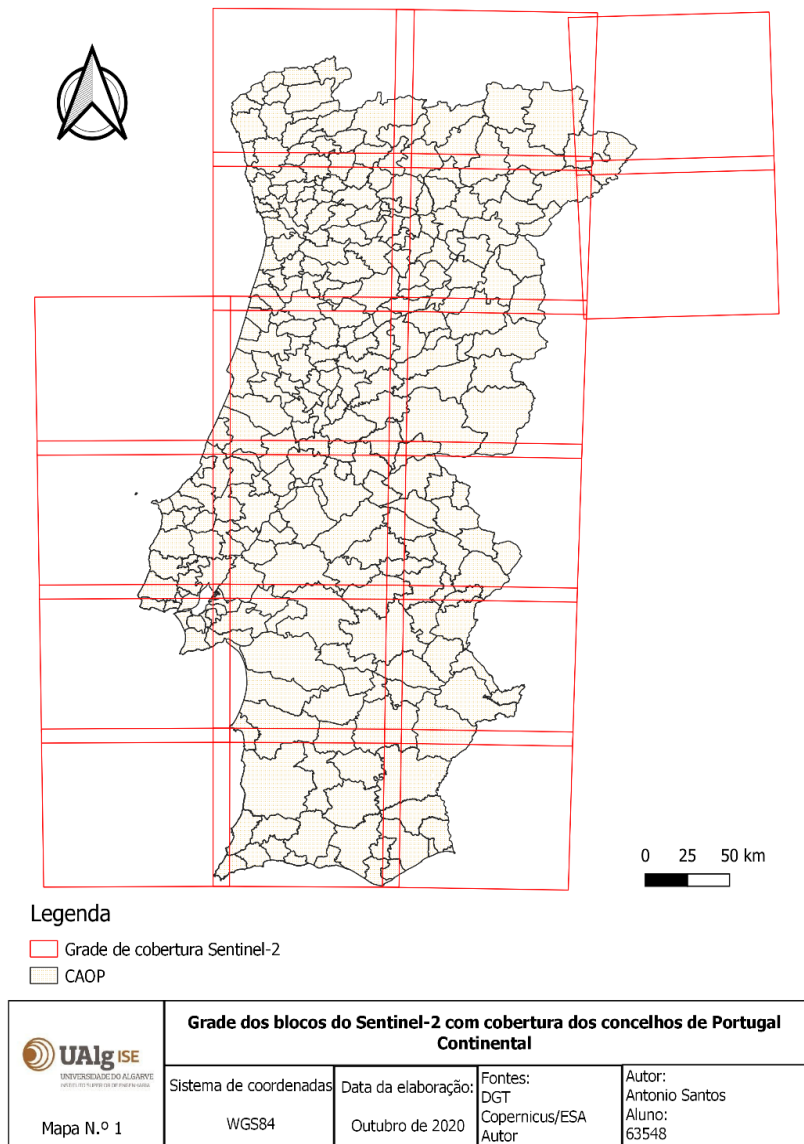


Figura 0.5. Mapa com a grade dos blocos do Sentinel-2 com cobertura dos concelhos de Portugal Continental

- ✓ **Passo 5**, após o download das imagens selecionadas no passo anterior, estas são adicionadas a uma lista que contém todas as imagens já descarregadas. E passam a ser visualizadas na janela das datas antes e depois do incêndio selecionadas a verde e é acrescentado um asterisco (\*) depois da data. Se forem selecionadas estas imagens podemos ver se cobrem o concelho em estudo, mas o botão para “Download das imagens selecionadas” mantém-se desabilitado.

### 5.3 Processamento das imagens Sentinel-2

Para efetuar o processamento das imagens Sentinel-2 e gerar resultados, a ferramenta precisa, numa primeira fase da intervenção dos utilizadores, ao nível da interface gráfica

da ferramenta, através da seleção dos dados de entrada e da escolha do índice espectral (dNDVI e dNBR). Numa segunda fase (processamento), é realizado com recurso a várias bibliotecas, que por sua vez disponibilizam classes específicas para determinados procedimentos. Nesta segunda fase que não tem intervenção dos utilizadores, os mesmos não visualizam os procedimentos que a ferramenta está a realizar, a não ser através das mensagens apresentadas na barra de progressos, onde indica o passo, em que está o processamento das imagens.

### 5.3.1 Fase do processamento que requer a intervenção dos utilizadores

A figura 5.6. representa a sequência de passos que os utilizadores necessitam de realizar para dar início ao processamento das imagens e assim gerar resultados. Os botões da escolha dos índices espectrais, disponíveis na ferramenta (“Criar o dNDVI” e “Criar o dNBR”) somente ficam habilitados, após os utilizadores realizarem os seguintes passos:

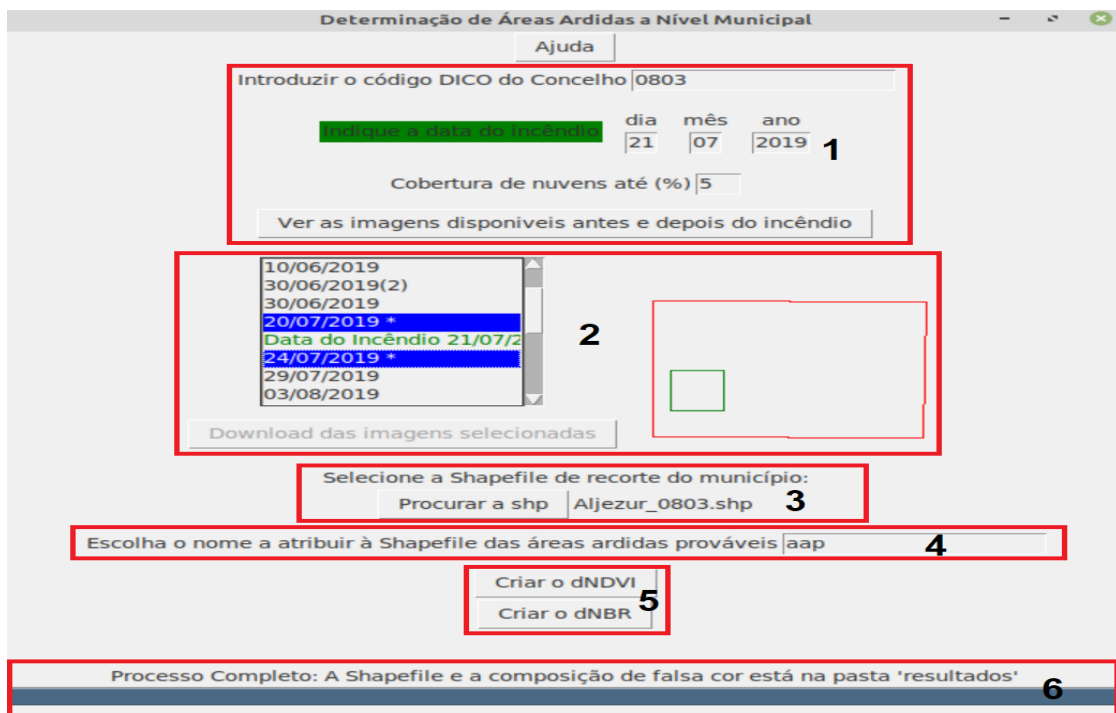


Figura 0.6. Interface gráfica completa com as opções do utilizador

- ✓ **Passo 1**, é realizado para visualizarem as imagens que estão disponíveis antes e depois do incêndio para o concelho indicado, através do código DICO.
- ✓ **Passo 2**, requer que os utilizadores selecionem pelo menos uma imagem, antes e uma depois do incêndio, que já tenham previamente realizado os downloads.

- ✓ **Passo 3**, é a fase em que os utilizadores adicionam, uma shapefile, do tipo polígono, do concelho indicado no código DICO (passo 1), no sistema de coordenadas PT-TM06/ETRS89).
- ✓ **Passo 4**, permite que os utilizadores escolham um nome a atribuir à shapefile das áreas ardidadas prováveis. Por defeito aparece o nome “aap” que são as iniciais das Áreas Ardidadas Prováveis. Este nome, pode ser alterado pelos utilizadores e será assim, a primeira parte do nome, a atribuir aos ficheiros criados no processamento, que possuem a seguinte nomenclatura: nome atribuído a shapefile\_ data do incêndio (yyyymmdd)\_índice espectral escolhido (dNDVI ou dNBR). No caso de composições coloridas RGB é acrescentado \_RGB\_ seguido do número das bandas que fazem a composição RGB.
- ✓ **Passo 5**, é onde os utilizadores podem escolher qual o índice espectral (dNDVI ou dNBR) que pretendem utilizar, para determinar as áreas ardidadas prováveis. Estes botões, somente se encontram disponíveis depois de realizados todos os passos referidos anteriormente pelos utilizadores.
- ✓ **Passo 6**, corresponde à barra de progressos, aqui os utilizadores podem acompanhar todos os passos que a ferramenta está a realizar, em segundo plano até gerar os resultados. Ou seja, na barra de progresso é onde os utilizadores visualizam as mensagens que indicam as etapas que a ferramenta está a desenvolver, até terminar o processamento e indicar onde se encontram os produtos resultantes do processo.

### 5.3.2 Fase da execução do processamento sem intervenção dos utilizadores

A figura 5.7. representa as fases da execução do processamento das imagens, com recurso a várias bibliotecas. Esta fase não necessita de intervenção dos utilizadores para gerar resultados. Em cada uma destas fases da execução do processamento, a ferramenta recorre a várias bibliotecas, que por sua vez, utilizam alguns módulos muito específicos, para realizarem o processamento das imagens, em que se destacam:



Figura 0.7. Fases do processamento das imagens Sentinel-2 com identificação das bibliotecas utilizadas

- ✓ A **pesquisa das bandas com melhor resolução espacial**, é realizada com recurso as bibliotecas `Zipfile` e `re`. A biblioteca `Zipfile`, recorre ao `ZipFile` para ler arquivos ZIP (formato em que são disponibilizadas as imagens Sentinel), sem necessidade de descomprimir os ficheiros. Já o `search`, da biblioteca `re`, é utilizada para efetuar a pesquisa, dentro do ficheiro ZIP, das bandas com melhor resolução espacial, necessárias para os cálculos dos índices espectrais e das composições coloridas RGB.
- ✓ A **reamostragem, mosaico e recorte** das bandas são realizados com recurso ao `Warp` da biblioteca `GDAL`. São utilizadas as bandas com melhor resolução espacial e reamostradas para tamanho de pixéis de 10 metros passando do sistema de coordenadas WGS84 para o sistema PT-TM06/ETRS89. As bandas são recortadas pela `shapefile` que define os limites do município, adicionada pelos utilizadores.
- ✓ Os **cálculos dos índices espectrais**, NDVI ou NBR e depois os dNDVI ou dNBR, são realizados através de funções matemáticas (subtração e divisão) da biblioteca

**NumPy**. Esta biblioteca, torna as imagens em matrizes multidimensionais, fazendo com que o processamento dos cálculos, sejam mais rápidos, que as listas tradicionais do Python.

- ✓ **O filtro de convolução de mediana 5x5** é executado pela função **median\_filter** da biblioteca **SciPy**, através do pacote **ndimage** que dispõem de funções para processamento de imagem multidimensional.
- ✓ **Reclassificação dos valores do filtro >= para valores de 1** é realizada com o recurso a operadores relacionais do Python, de modo, a que o raster apresente valores de zero (0) para áreas não ardidas e valores de um (1) para áreas ardidas. Os valores maiores ou iguais a 0.17767 para dNDVI e 0.10000 para dNBR, são classificados como áreas ardidas e passam a ter o valor de 1.
- ✓ **Criação do raster reclassificado no formato Tiff** é realizado com recurso a vários módulos da biblioteca **GDAL**, como por exemplo o **GetDriverByName** para criar a camada raster no formato Tiff, além de outros utilitários com o objetivo de georreferenciar o raster reclassificado das áreas ardidas, de modo, a que o mesmo possa ser utilizado, no passo seguinte.
- ✓ **Criação da shapefile das AAP a partir do raster reclassificado** este processo é realizado com recurso as bibliotecas **GDAL**, **OGR** e **OSR**. O **Polygonize** do **GDAL**, é usado para criar os polígonos vetoriais, para todas as regiões conectadas de pixels no raster que compartilham um valor de pixel comum, neste caso o valor de um (1). Já, a biblioteca **OGR** recorre por exemplo ao **GetDriverByName** para criar a camada vetorial no formato **ESRI Shapefile** e o **OSR** utiliza a **SpatialReference**, para criar o ficheiro de georreferência da camada **ESRI Shapefile** e assim seja reconhecida o seu sistema de coordenadas.
- ✓ Para a **criação das composições coloridas RGB4 3 2 (Cor Natural)**, **RGB 8 4 3 (Falsa cor Infrared)** e **RGB 12 8 4 (Falsa cor Shortwave infrared)**, com as bandas pós incêndio, com uma resolução de 10 metros são utilizadas as bibliotecas **GDAL**, **NumPy** dos utilitários referidos anteriormente. Já a biblioteca **PIL**, recorre ao modulo **Image** usado para representar uma imagem, que por sua vez, usa a classe **fromarray** para criar em memória a imagem que está representada em matriz pelos utilitários da **NumPy**, para criar as composições coloridas RGB, que posteriormente são criadas em formato **GTiff** recorrendo à biblioteca **GDAL**.

## 5.4 Resultados do processamento de criar o dNDVI ou dNBR

Os resultados do processamento encontram-se disponíveis na pasta “Resultados” e são os seguintes para cada processamento, conforme mostra a figura 5.8.:

- ✓ Shapefile (shp), como os ficheiros dbf, prj e shx;
- ✓ As composições coloridas RGB com resolução de 10 metros do Concelho pós incêndio em formato TIF, RGB 4 3 2 (Cor Natural), RGB 8 4 3 (Falsa cor infravermelho) e RGB 12 8 4 (Falsa cor de infravermelho de ondas curtas).



Nome	Tamanho	Tipo
aap_20190721_dnbr.dbf	3,2 kB	documento Xbase
aap_20190721_dnbr.prj	412 bytes	documento em texto simples
aap_20190721_dnbr.shp	109,2 kB	desconhecido
aap_20190721_dnbr.shx	2,6 kB	desconhecido
aap_20190721_dnbr_RGB_4_3_2.tif	85,0 MB	imagem TIFF
aap_20190721_dnbr_RGB_8_4_3.tif	85,0 MB	imagem TIFF
aap_20190721_dnbr_RGB_12_8_4.tif	85,0 MB	imagem TIFF

Figura 0.8. Ficheiros resultante do processamento da criação o dNDVI ou dNBR

Todos os produtos deste processamento, apresentam a mesma regra para a atribuição do nome dos ficheiros, ou seja, começa sempre pelo nome atribuído à Shapefile que por defeito fica “aap”, seguido de um hífen antes e depois da data do incêndio em formato “\_AAAAMMDD\_”, depois o método escolhido “dnbr” ou dnvdi”. Nos casos dos RGB além do que foi descrito anteriormente acresce \_RGB e o número e ordem das bandas utilizadas na composição.

É importante referir que a shapefile não apresenta unicamente as áreas ardidas, mas também áreas (polígonos) que são falsos positivos, como nuvens, solo nu e água (Bastarrika, et al., 2011), (Martins, 2017) e (Antunes, 2019).

## 5.5 Acesso à ferramenta

Pretende-se que a ferramenta de determinação de áreas ardidas, seja amplamente utilizada e possa ser melhorada e adaptada constantemente por qualquer utilizador.

Pelo que ficará disponível em livre acesso das seguintes formas:

- ✓ O código-fonte da ferramenta hospedado no GitHub pelo link [https://github.com/AntonioAngeloCSantos/Ferramenta de Determinacao de Areas Ardidas a Nivel Municipal](https://github.com/AntonioAngeloCSantos/Ferramenta_de_Determinacao_de_Areas_Ardidas_a_Nivel_Municipal)
- ✓ A ferramenta hospedada no Google Drive pelo link <https://drive.google.com/file/d/1ZsZ0vgkdfJF39Z6gwIQiP9PzzcDgLBX/view?usp=sharing> para sistemas operativos Linux
- ✓ A Máquina Virtual da ferramenta hospedada no Google Driver pelo link [https://drive.google.com/file/d/1WqtitZHSd66\\_HrdYZFkmuK92IA4YJyf7/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1WqtitZHSd66_HrdYZFkmuK92IA4YJyf7/view?usp=sharing) para sistemas operativos Windows.

Para a instalação da ferramenta de determinação de áreas ardidas de nível municipal bastará seguir as instruções constantes do Anexo 3.

## 6. Estudo de Casos

Para teste e validação da ferramenta foram selecionados três incêndios rurais ocorridos em 2019 e 2020. Dois destes ocorreram no distrito de Faro, Aljezur, em 19/07/2019 e Silves, em 06/07/2020, e o terceiro, em Castro Verde, em 13/07/2020, no distrito de Beja.

### 6.1 A seleção dos incêndios rurais

Os incêndios rurais de 19/07/2019, no concelho de Aljezur e de 06/07/2020, no concelho de Silves, distrito de Faro, foram aqueles que registaram as maiores áreas ardidadas do distrito.

O incêndio rural de 13/07/2020 no concelho de Castro Verde, distrito de Beja, foi o que registou maior área ardidada do distrito no ano de 2020, num concelho que possui um histórico de incêndios rurais de “grandes dimensões” muito baixo, devido há pouca área florestal existente.

Para validar as áreas ardidadas obtidas pela ferramenta, foram utilizadas as *shapefiles* disponibilizadas pelo ICNF. Estas foram obtidas, no ano de 2019 com recurso aos recetores GNSS e levantamento de campo. As referentes ao ano de 2020, foram obtidas com recurso a imagens de satélite, Sentinel-2, sendo posteriormente validadas pela GNR através de levantamento campo, para coleta de pontos com recetores GNSS, conforme referido no capítulo 4.1.2.

#### 6.1.1 Incêndio rural em Monte Branco do Carriçal concelho de Aljezur

O incêndio rural teve início no dia 19/07/2019 pelas 15:27 horas, no lugar do Monte Branco do Carriçal, na freguesia e concelho de Aljezur, distrito de Faro, consumindo uma área total de 207,386 hectares, até ser dado como extinto no dia 20/07/2019 pelas 02:00 horas, segundo o ICNF (Anexo 4).

#### 6.1.2 Incêndio rural de Boiã em São Marcos da Serra

O incêndio rural teve início no dia 06/07/2020 pelas 14:56 horas, no lugar de Boiã (Cerro da Rocha da Praça), na freguesia de São Marcos da Serra, no concelho de Silves,

distrito de Faro, consumindo uma área total de 535,633 hectares, até ser dado como extinto no dia 07/07/2020 pelas 10:00 horas, segundo o ICNF (Anexo 5).

### 6.1.3 Incêndio rural em Monte dos Longos, concelho de Castro Verde

O incêndio rural teve início no dia 13/07/2020 pelas 17:07 horas, no lugar do Monte dos Longos, na freguesia e concelho de Castro Verde, distrito de Beja, consumindo uma área total de 2382 hectares, até ser dado como extinto no dia 14/07/2020 pelas 05:51 horas, segundo o ICNF (Anexo 6).

## 6.2 Seleção de imagens Sentinel-2




A seleção das imagens Sentinel-2 com o processamento de Nível-2A disponibilizadas no portal *Copernicus Open Access Hub* da ESA, que cobrem as áreas de estudos, nomeadamente os concelhos de Aljezur, Silves e Castro Verde (figura 6.1.).

As imagens utilizadas para o incêndio rural, em Monte Branco do Carriçal concelho de Aljezur, possuem uma cobertura de nuvens inferior a 5%, antes do incêndio do dia 19/07/2019 (com início as 15:27 horas), tendo sido captadas na realidade pelo satélite no dia 29/06/2019 e 19/07/2019 ambas às 11:21 horas. Já depois do incêndio temos a imagem do dia 24/07/2019 que corresponde ao dia em que foi captada e disponibilizada pelo portal.

As imagens usadas para o incêndio rural, em Boiã em São Marcos da Serra concelho de Silves, que possuem uma cobertura de nuvens inferior a 5%, a imagem do dia 03/07/2020 antes da data do incêndio. Já a imagem do dia 08/07/2020 apresenta uma cobertura de nuvens superior a 5%, cerca de 13%, mas no Oceano Atlântico, ao longo da costa Oeste, não existindo nuvens na zona do incêndio, como se pode analisar pela informação disponibilizada, nos metadados da imagem que foi utilizada como pós incêndio.

Em relação ao incêndio rural de Monte dos Longos, as imagens mais próximas antes do evento que possuíam uma cobertura de nuvens inferior a 5%, foram as imagens dos dias 03/07/2020 e 13/07/2020, como se pode analisar pela informação disponibilizada, nos metadados das imagens. No entanto após uma pesquisa mais pormenorizada verificou-se que a imagem do dia 08/07/2020 apesar de ter uma cobertura de nuvens inferior a

15%, não possui nuvens na zona do incêndio. Também a imagem após o incêndio do dia 18/07/2020 apresentava ausência de nebulosidade na zona do incêndio, apesar de ter uma cobertura de nuvens de 12,46%; contudo concentradas no Oceano Atlântico, ao longo da costa Oeste.

		
Data e hora da aquisição pelo satélite	Data e hora da aquisição pelo satélite	Data e hora da aquisição pelo satélite
29/06/2019 às 11:21	19/07/2019 às 11:21	24/07/2019 às 11:21
Identificação do satélite Sentinel-2	Identificação do satélite Sentinel-2	Identificação do satélite Sentinel-2
Sentinel-2B	Sentinel-2B	Sentinel-2A
Data e hora da disponibilização	Data e hora da disponibilização	Data e hora da disponibilização
30/06/2019 às 05:29	20/07/2019 às 00:02	24/07/2019 às 20:38
Percentagem de cobertura de nuvens	Percentagem de cobertura de nuvens	Percentagem de cobertura de nuvens
0,48%	1,22%	0,31%





			
Data e hora da aquisição pelo satélite	Data e hora da aquisição pelo satélite	Data e hora da aquisição pelo satélite	Data e hora da aquisição pelo satélite
03/07/2020 às 11:21	08/07/2020 às 11:21	13/07/2020 às 11:21	18/07/2020 às 11:21
Identificação do satélite Sentinel-2	Identificação do satélite Sentinel-2	Identificação do satélite Sentinel-2	Identificação do satélite Sentinel-2
Sentinel-2B	Sentinel-2A	Sentinel-2B	Sentinel-2A
Data e hora da disponibilização	Data e hora da disponibilização	Data e hora da disponibilização	Data e hora da disponibilização
03/07/2020 às 20:14	08/07/2020 às 20:17	13/07/2020 às 18:37	18/07/2020 às 21:44
Percentagem de cobertura de nuvens	Percentagem de cobertura de nuvens	Percentagem de cobertura de nuvens	Percentagem de cobertura de nuvens
0,12%	13,17%	0,11%	12,46%

Figura 0.1. Características das imagens Sentinel-2 utilizadas para determinar as áreas ardidas dos incêndios rurais em estudo neste projeto. Fonte: Copernicus/ESA

### 6.3 Parâmetros utilizados pela ferramenta

A ferramenta para cartografar as áreas ardidas a nível municipal para estudar os três incêndios obedeceu à seguinte sequência: (i) fez-se a pesquisa das imagens que cobriam a área dos três incêndios florestais, antes e depois da ocorrência. Neste caso foi necessário introduzir o código DICO do concelho (Anexo 1), a data do incêndio e o máximo de cobertura de nuvens das imagens (ver 1 da figura 6.2); (ii) visualizou-

se a lista de imagens disponíveis que cobriam o concelho em estudo e selecionaram-se as imagens antes depois do respetivo incêndio (ver 2 figura 6.2); (iii) limitou-se a área de estudo através do recorte do limite do concelho onde ocorreu o incêndio florestal. Para isso foi selecionada a *shapefile* no sistema de coordenadas PT-TM06/ETRS89 que representava o polígono do concelho em estudo. No final foi selecionado o dNDVI e depois o dNBR para determinar as áreas ardidas prováveis para os dois casos para cada incêndio (ver 3 figura 6.2).

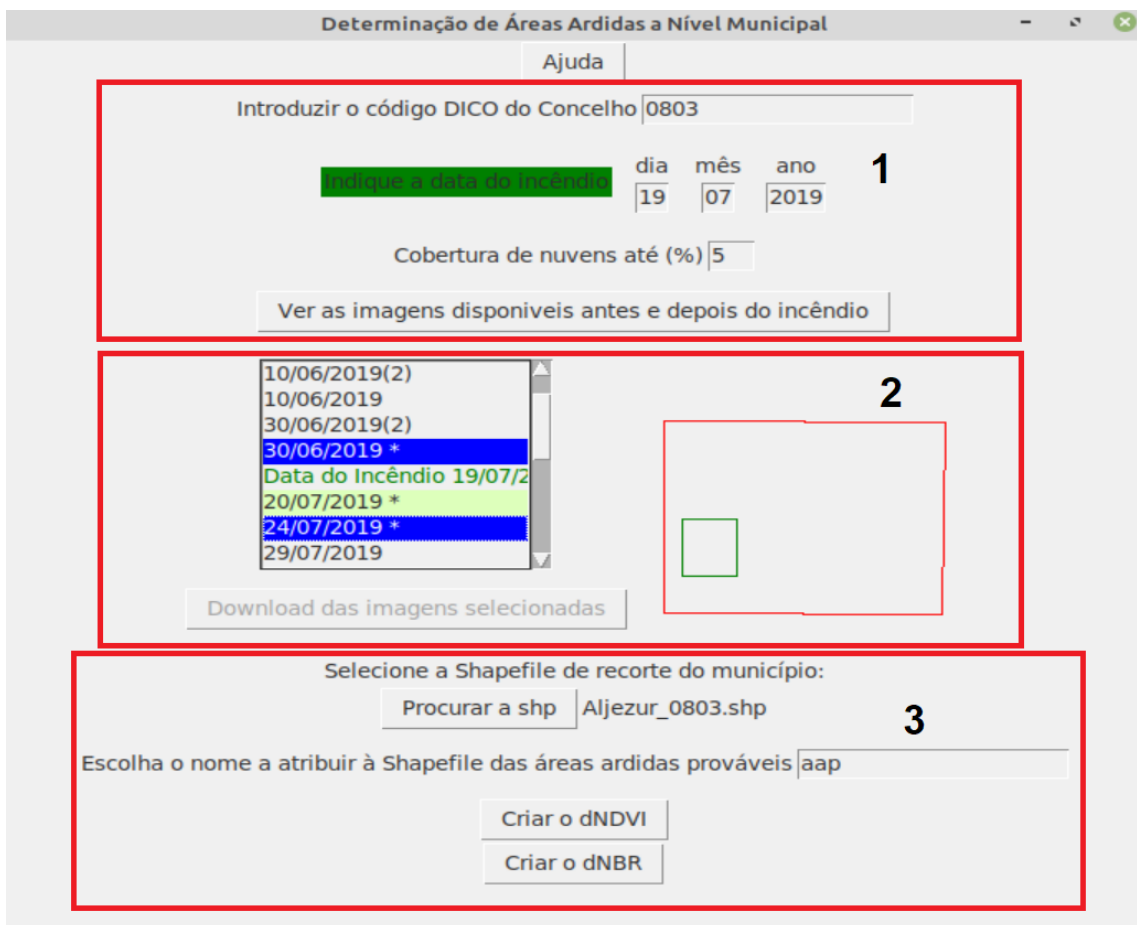


Figura 0.2. Interface gráfica da aplicação, com os dados utilizados no cálculo das áreas ardidas no incêndio de Aljezur

Os parâmetros utilizados na ferramenta, para determinar as áreas ardidas prováveis, para os três incêndios analisados encontram-se na tabela 6.1.

Tabela 0.1 Parâmetros utilizados para determinação da área ardida para os incêndios estudados

<b>Incêndio</b>	<b>DICO</b>	<b>Imagem (data antes do incêndio)</b>	<b>% cobertura</b>	<b>Imagem (data antes do incêndio)</b>	<b>% cobertura</b>	<b>Shapefile de recorte</b>
Aljezur	0803	30/06/2019	0,48	24/07/2019	0.31	Aljezur_0803.shp
		20/07/2019	1.22	24/07/2019	0.31	
São Marcos da Serra	0813	03/07/2020	0.12	08/07/2020	13.17	Silves_0813.shp
		03/07/2020	0.12	13/07/2020	0.11	
Castro Verde	0206	08/07/2020	13.17	18/07/2020	12.46	Castro_0206.shp
		13/07/2020	0.11	18/07/2020	12.46	

## 7. Resultados

### 7.1 Resultados obtidos a partir do índice dNBR

Os resultados das áreas ardidadas prováveis obtidas a partir do índice dNBR, foram realizados recorrendo ao software QGIS (Versão 3.10.11), em que, foram adicionadas as composições coloridas RGB 8-4-3 e as shapefiles das Áreas Ardidadas Prováveis (AAP) geradas pela ferramenta.

#### 7.1.1 Resultados para o incêndio de Aljezur

Os resultados obtidos a partir do índice dNBR para o incêndio de Aljezur, foram conseguidos com recurso às imagens antes do incêndio dos dias 29/06/2019 (amarelo) e 19/07/2019 (verde) e à imagem depois do incêndio do dia 24/07/2019 (figura 7.1.).

Como se pode observar no Mapa N.º 2, as AAP do dia 29/06/2019 possuem mais falsos positivos em relação ao dia 19/07/2019, isto deve-se ao grande intervalo de dias (25) entre a imagem antes e depois do incêndio, ao contrário das AAP do dia 19/07/2019, em que somente existiu um intervalo de 5 dias, que corresponde ao intervalo da passagem do satélite Sentinel-2 (2A ou 2B).

Em termos de delimitações dos perímetros das áreas ardidadas do incêndio, é visível que as AAP do dia 29/06/2019 marcou zonas (a Sul) como áreas ardidadas, que na realidade não arderam, mas que tinham sido limpas (faixa de gestão de combustível) uma semana antes do incêndio ocorrer.

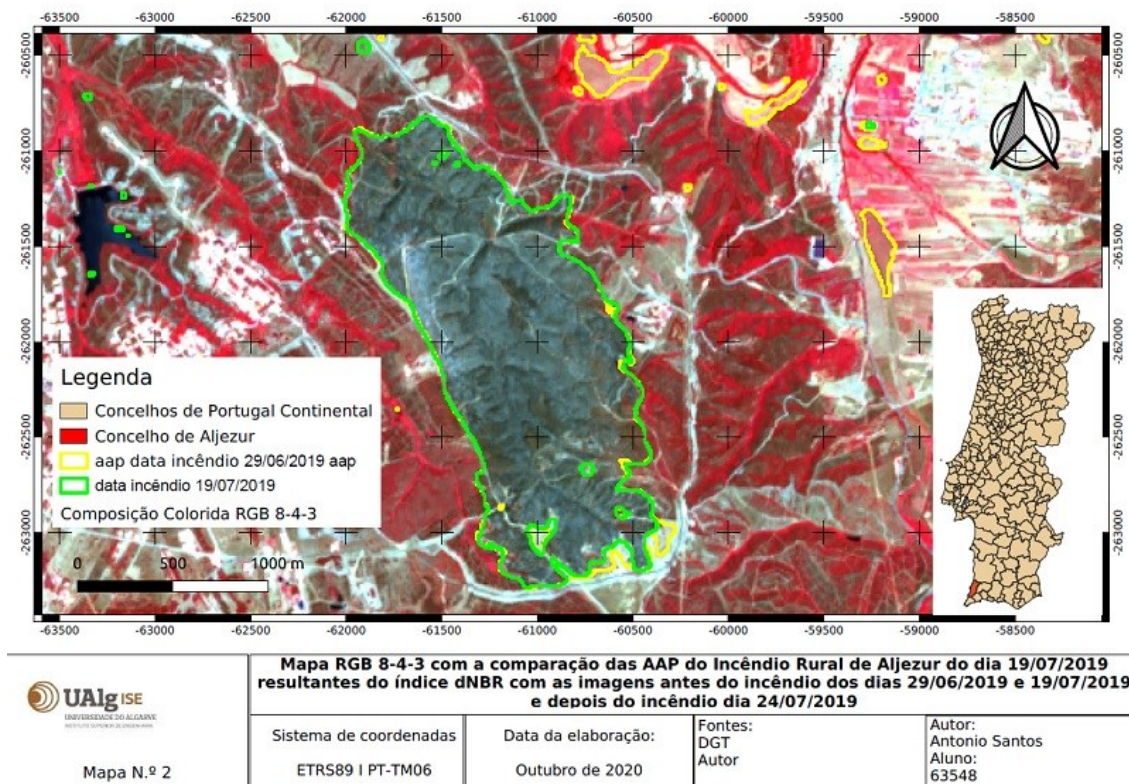


Figura 0.1. Mapa com composição colorida RGB 8-4-3 e as AAP obtidas do índice dNBR para o incêndio de Aljezur

### 7.1.2 Resultados para o incêndio de São Marcos da Serra

Os resultados das áreas ardidas prováveis obtidas a partir do índice dNBR para o incêndio de São Marcos da Serra (figura 7.2.), foram alcançados com a imagem antes do incêndio do dia 03/07/2020 e as imagens depois do incêndio dos dias 08/07/2020 (amarelo) e 13/07/2020 (verde).

Como se pode observar no Mapa N.º 3, as delimitações dos perímetros das áreas ardidas do incêndio, é visível que a imagem do dia 13/07/2020 aumentou a área do incêndio em comparação com a imagem do dia 08/07/2020, creio que em parte, se devem, aos trabalhos realizados para consolidação de todo o perímetro do incêndio, através da abertura de faixas limpas de vegetação com recurso a máquinas de rasto. Estas faixas somente foram construídas depois do incêndio ter sido dado como extinto, durante as fases de rescaldo e prevenção.

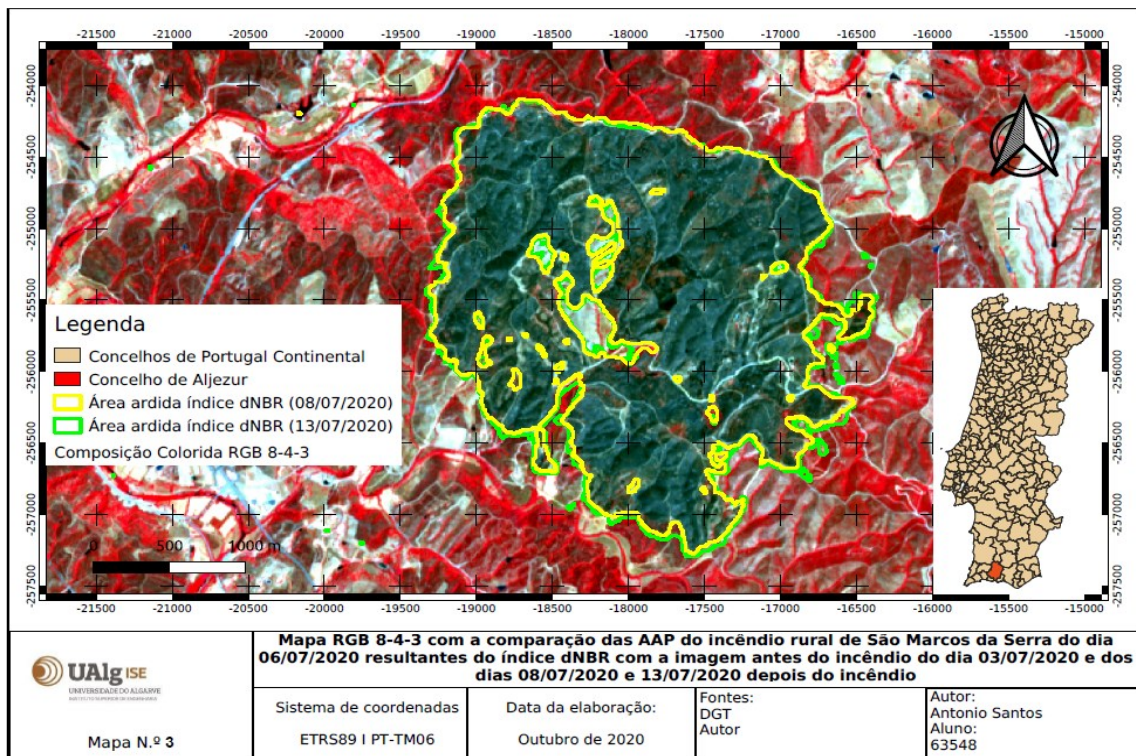


Figura 0.2. Mapa com composição colorida RGB 8-4-3 e as AAP obtidas do índice dNBR para o incêndio de São Marcos da Serra no concelho de Silves

### 7.1.3 Resultados para o incêndio de Castro Verde

Os resultados obtidos a partir do índice dNBR para o incêndio de Castro Verde, foram conseguidos com recurso as imagens antes do incêndio dos dias 08/07/2020 (amarelo) e 13/07/2020 (verde) e a imagem depois do dia incêndio 18/07/2020 (figura 7.3.).

Como é visível no Mapa N.º 4, este concelho possui poucas áreas florestais, como é possível interpretar através da composição colorida RGB 8-4-3 (falsa cor de infravermelho), que é mais comumente usada para avaliar a densidade e a saúde das plantas, em que as terras cobertas por plantas aparecem um vermelho profundo, o que não é muito visível ao contrário dos outros incêndios analisados.

Em relação as delimitações dos perímetros das áreas ardidas do incêndio, é notrio que as AAP se sobrepõem em quase todo o perímetro do incêndio, existindo diferenas entre ambas, na marcação como áreas não ardidas zonas no interior do polígono que na realidade arderam, como o uso da imagem do dia 13/07/2020 (verde).

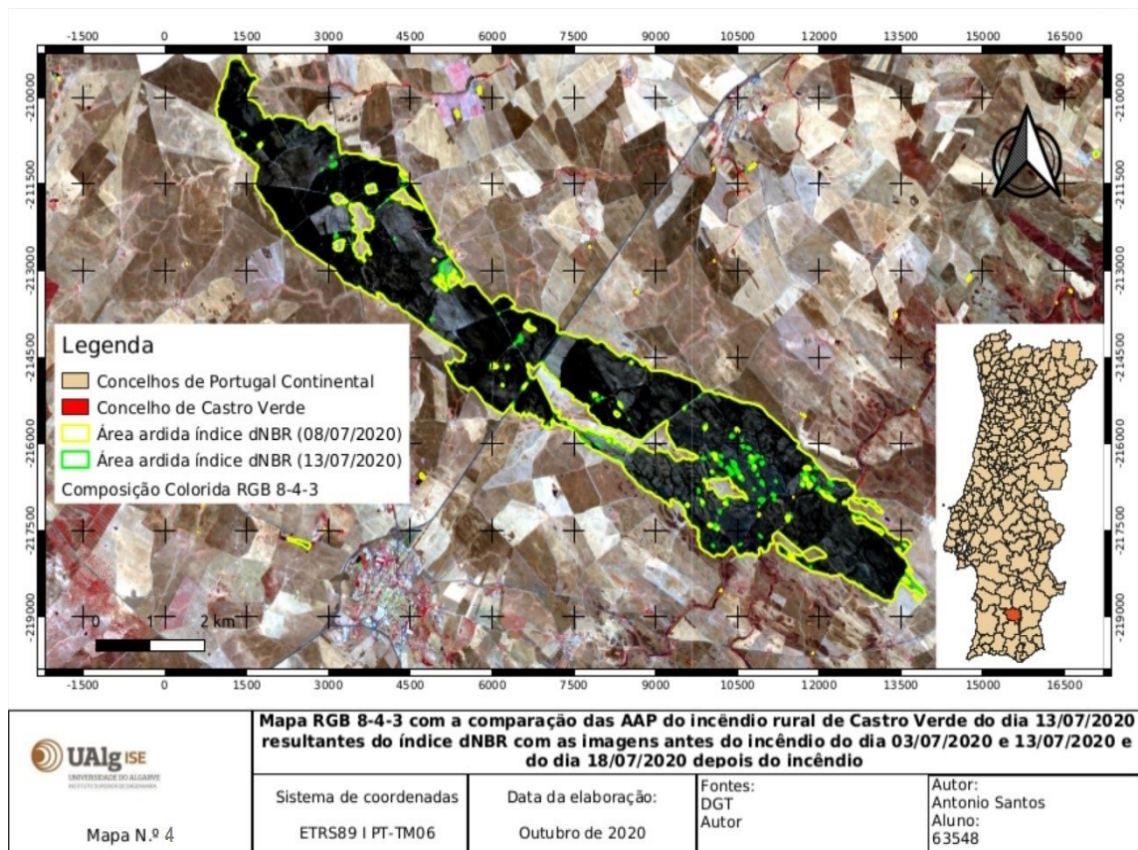


Figura 0.3. Mapa com composição colorida RGB 8-4-3 e as AAP obtidas do índice dNBR para o incêndio de Castro Verde

## 7.2 Resultados obtidos a partir do índice dNDVI

Os resultados das áreas ardidas prováveis obtidas a partir do índice dNDVI, apresentam a composição colorida RGB 12-8-4 e as shapefiles das áreas ardidas prováveis geradas pela ferramenta.

### 7.2.1 Resultados para o incêndio de Aljezur

Os resultados obtidos a partir do índice dNDVI para o incêndio de Aljezur, foram conseguidos com recurso as imagens antes do incêndio dos dias 29/06/2019 (laranja) e 19/07/2019 (azul) e a imagem depois do incêndio do dia 24/07/2019 (figura 7.4.).

Como visível no Mapa N.º 5, este apresenta a mesma tendência do índice dNBR, em relação aos falsos positivos das AAP do dia 29/06/2019 que são mais em comparação com as do dia 19/07/2019.

Em relação as delimitações dos perímetros das áreas ardidas do incêndio, são visíveis as diferenças do dia 29/06/2019 onde foram delimitadas zonas (a Sul) como sendo áreas

ardidas, que na realidade não arderam, mas que tinham sido limpas (faixa de gestão de combustível) uma semana antes de ocorrer o incêndio.

No entanto, em ambos os casos, existem áreas ardidas que não foram classificadas como queimadas, nomeadamente na zona Este do incêndio.

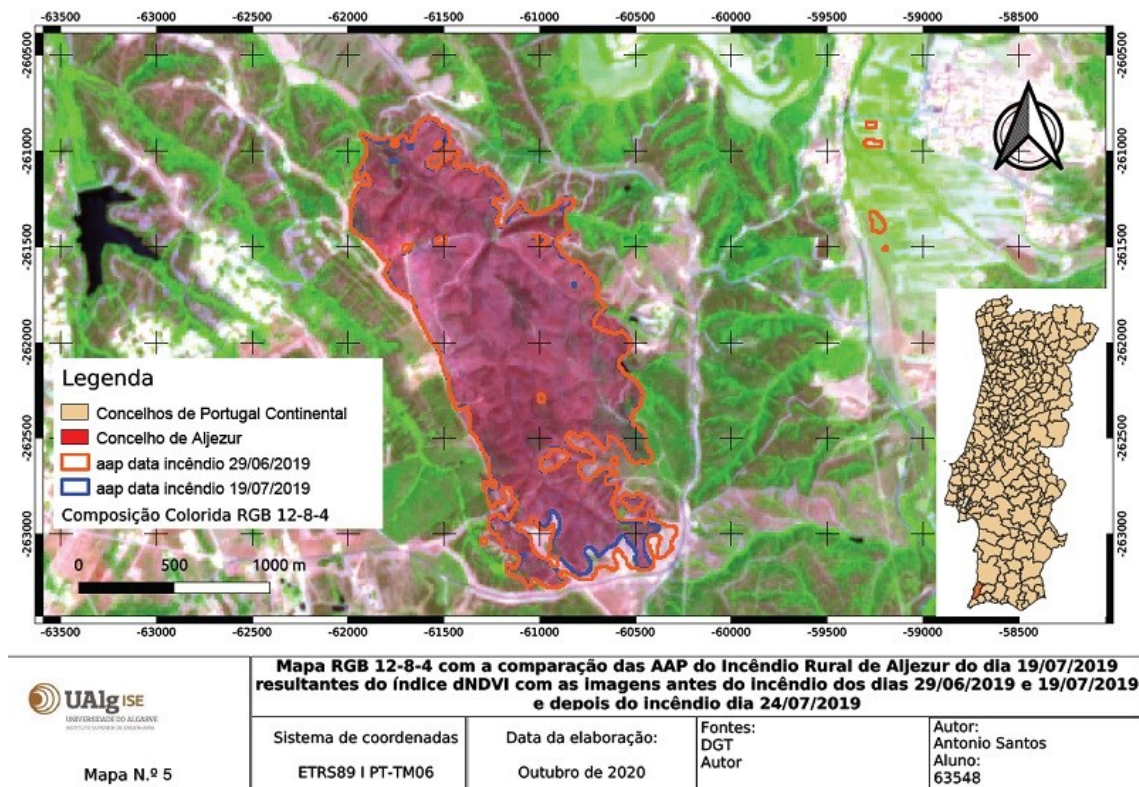


Figura 0.4. Mapa com composição colorida RGB 12-8-4 com as AAP resultantes do índice dNDVI do incêndio de Aljezur

## 7.2.2 Resultados para o incêndio de São Marcos da Serra

Os resultados das áreas ardidas prováveis obtidas a partir do índice dNDVI para o incêndio de São Marcos da Serra (figura 7.5.), foram alcançados com a imagem antes do incêndio do dia 03/07/2020 e as imagens depois do incêndio dos dias 08/07/2020 (laranja) e 13/07/2020 (azul).

Como se pode observar no Mapa N.º 6, a delimitação do perímetro da área ardida do incêndio, são semelhantes. Existindo diferenças mais significativas das AAP do dia 08/07/2020 em que foram marcadas áreas não ardidas no interior do polígono que na realidade foram queimadas.

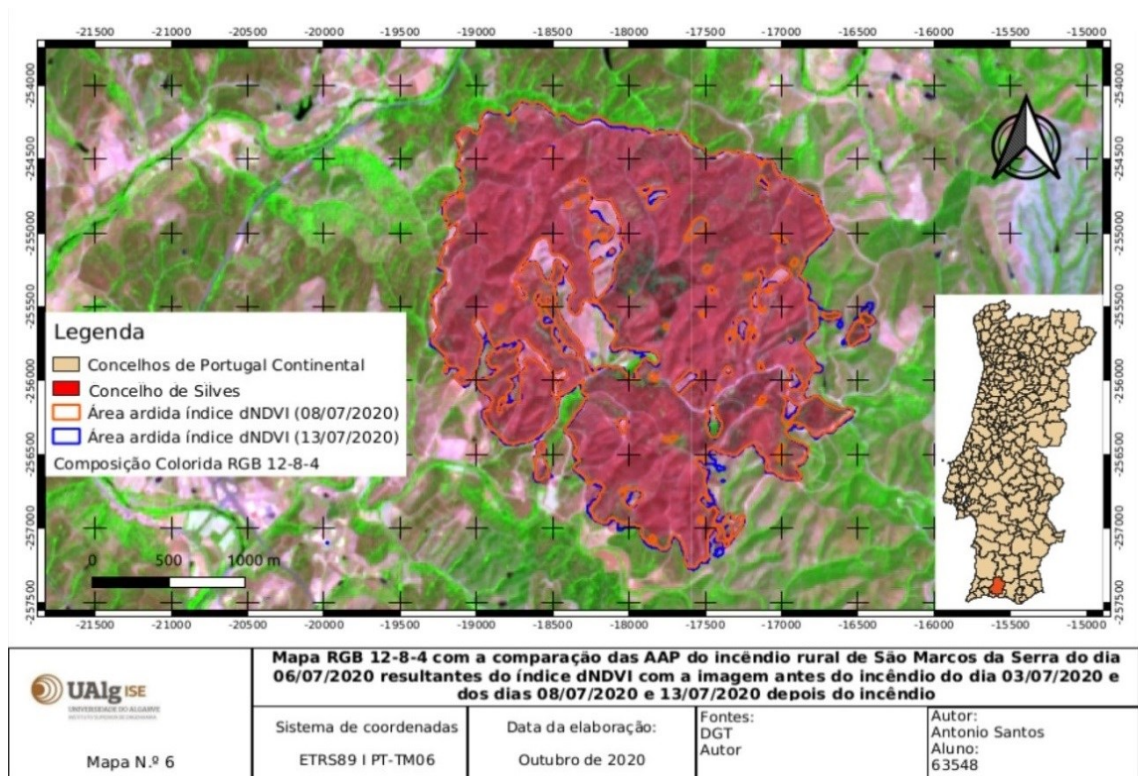


Figura 0.5. Mapa com composição colorida RGB 12-8-4 com as AAP resultantes do índice dNDVI do incêndio de São Marcos da Serra no concelho de Silves

### 7.2.3 Resultados para o incêndio de Castro Verde

Os resultados das áreas ardidas prováveis obtidas a partir do índice dNDVI para o incêndio de Castro Verde, foram obtidos com as imagens antes do incêndio dos dias 08/07/2020 (laranja) e 13/07/2020 (azul) e a imagem depois do incêndio do dia 18/07/2020 (figura 7.6).

Como é observado no Mapa N.º 7, com a composição colorida RGB 12-8-4 (falsa cor de infravermelho de ondas curtas) são bem visíveis os danos causados pelo incêndio, porque os terrenos ardidos recentemente refletem fortemente nas bandas SWIR, ficando as áreas ardidas nos tons de vermelho.

Em relação à não delimitação do perímetro da área ardida a partir do índice dNDVI, deve-se ao facto de não existir na área do incêndio grande atividade fotossintética da vegetação, ou seja, não existe quase nenhuma densidade de vegetação verde e assim, não há reflexão do infravermelho (banda 8).

As poucas áreas ardidas detetadas, encontram-se próximo da linha de água, onde ainda existe alguma vegetação.

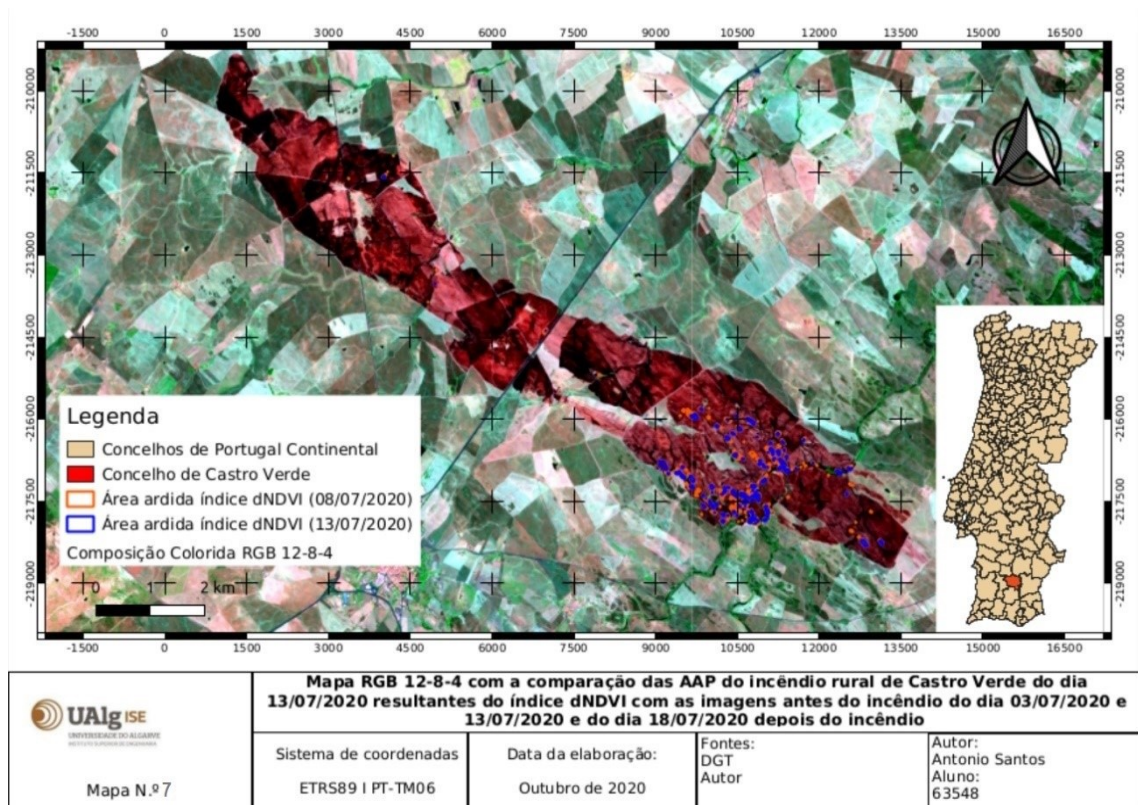


Figura 0.6. Mapa com composição colorida RGB 12-8-4 com as AAP resultantes do índice dNDVI do incêndio de Castro Verde

### 7.3 Análise de resultados

Para validação da ferramenta procedeu-se à análise dos resultados obtidos, nas condições atrás descritas considerando a cartografia das áreas ardidas disponibilizadas pelo ICNF.

Para o efeito consideram-se as diferenças nominais entre as áreas dos polígonos produzidos na aplicação e as áreas oficiais (ICNF) como estimativas da diferença absoluta (DA) e da diferença relativa (DR), respetivamente.

Os estimadores para a DA foram obtidos através das diferenças entre os valores das áreas ardidas obtidas pela ferramenta para cada um dos índices, com imagens diferentes antes e depois da data do incêndio e com as disponibilizadas pelo ICNF. Já o estimador da DR em percentagem foi obtido através da divisão da DA pelo valor da área ardida do ICNF multiplicado por 100.

Em termos de comparação de resultados obtidos pela ferramenta em relação aos dados oficiais das áreas ardidas disponibilizados pelo ICNF, obtidos de acordo com o mencionado em 4.1.2. É importante referir, que os limites dos polígonos, obtidos a partir dos índices dNBR e dNDVI, não foram objeto de generalização.

### 7.3.1 Incêndio de Aljezur

O incêndio rural do lugar do Monte Branco do Carriçal, na freguesia e concelho de Aljezur, teve início no dia 19/07/2019 pelas 15:27 horas, consumindo uma área total de 207,386 hectares segundo o ICNF, até ser dado como extinto no dia 20/07/2019, tendo lhe sido atribuído o código SGIF AG119811 (tabela 7.1.).

*Tabela 0.1. Áreas ardidas no incêndio de Aljezur. Comparação entre os valores de referenciado ICNF e áreas calculadas pela nova ferramenta.*

Incêndio rural em Monte Branco do Carriçal, freguesia e concelho de Aljezur						
Data início:	19/07/2019	Hora início:	15:27	Data Extinção:	20/07/2019	
Área ardida do ICNF em hectares	207,386		Código SGIF:	AG119811		
Índice	Reclassificação	Imagens antes	Imagens depois	Área ardida hectares	Diferença Absoluta	Diferença Relativa(%)
dNBR	0,100	29/06/2019	24/07/2019	213,74	6,35	3,06
dNBR	0,100	19/07/2019	24/07/2019	209,641	2,26	1,09
dNDVI	0,17767	29/06/2019	24/07/2019	187,123	-20,26	-9,77
dNDVI	0,17767	19/07/2019	24/07/2019	178,274	-29,11	-14,04

No índice dNBR com valor de reclassificação das áreas ardidas de 0,100, foram utilizadas imagens anteriores ao dia do incêndio (29/06/2019), do próprio dia do incêndio (19/07/2019), assim como, imagens posteriores ao dia do incêndio (24/07/2019), existindo apenas uma diferença de 5 dias entre as imagens utilizadas.

As imagens apresentam uma DA de mais 2,26 hectares de área ardida em comparação com os valores do ICNF, representando uma DR de 1,09%.

Em relação aos valores do dNBR em que se utilizaram as imagens antes do incêndio do dia 29/06/2019 e depois do incêndio do dia 24/07/2019, ou seja, um intervalo de 25 dias, mostram uma DA de mais 6,35 hectares, o que se traduz numa DR de 3,06% em relação aos valores do ICNF.

No que se refere aos índices dNDVI com valores de reclassificação de 0,17767, estes utilizando as mesmas imagens que o dNBR, apresentam valores da DA de -20,26 e -29,11 hectares de área ardida, que representam valores da DR de -9,77% e -14,04%.

Em termos de comparação de resultados o índice dNBR apresentam valores de diferença inferiores em comparação com o índice dNDVI.

Em termos de comparação de área ardidas, visualmente (figura 7.7.), podemos observar que existem semelhanças entre as delimitações da ferramenta através do índice dNBR com a área ardida da shapefile disponibilizada pelo ICNF, à exceção de algumas zonas a Sul que já tinham sido identificadas anteriormente nos resultados obtidos a partir da ferramenta.

Em relação à comparação de resultados obtidos com o índice dNDVI e do ICNF é visível, no Mapa N.º 8, zonas a Este do incêndio, que não foram determinadas por este índice como sendo áreas ardidas e por esse motivo e que se justificam os valores da Diferença Absoluta e da Diferença Relativa estimadas em comparação com o dNBR.

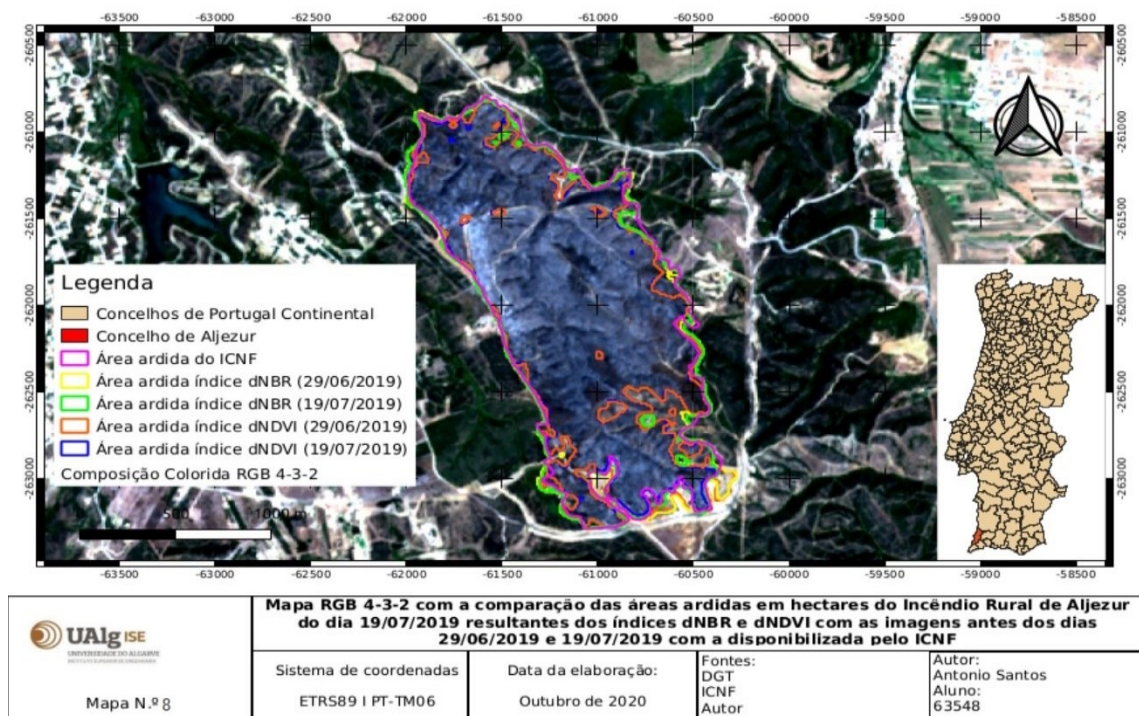


Figura 0.7. Mapa com composição colorida RGB 4-3-2 com as áreas ardidas resultantes dos índices dNBR e dNDVI da ferramenta a disponibilizada pelo ICNF do incêndio de Aljezur

### 7.3.2 Incêndio de São Marcos da Serra

O incêndio rural do Boião, no lugar do Cerro da Rocha da Praça, na freguesia de São Marcos da Serra, no concelho de Silves, teve início no dia 06/07/2020 pelas 14:56 horas, consumindo uma área total de 535,633 hectares segundo o ICNF, até ser dado como

extinto no dia 07/07/2020, tendo lhe sido atribuído o código SGIF AG120614 (tabela 7.2.).

Tabela 0.2. Comparação de áreas ardidas do ICNF com os obtidos pela ferramenta para o incêndio de São Marcos da Serra no concelho de Silves.

Incêndio rural em Boião (Cerro da Rocha da Praça), na freguesia de São Marcos da Serra, no concelho de Silves						
Data início:	06/07/2020	Hora início:	14:56	Data Extinção:	07/07/2020	
Área ardida do ICNF em hectares	<b>535,633</b>		Código SGIF:	AG120614		
Índice	Reclassificação	Imagens antes	Imagens depois	Área ardida hectares	Diferença Absoluta	Diferença Relativa(%)
dNBR	0,100	03/07/2020	13/07/2020	575,005	39,37	7,35
dNBR	0,100	03/07/2020	08/07/2020	542,436	6,80	1,27
dNDVI	0,17767	03/07/2020	13/07/2020	504,626	-31,01	-5,79
dNDVI	0,17767	03/07/2020	08/07/2020	462,336	-73,30	-13,68

O índice dNBR em que foram utilizadas imagens depois do incêndio do dia 08/07/2020 o dia seguinte à extinção do incêndio (07/07/2020) mostra uma DA de mais 6,80 hectares de área ardida do que o valor do ICNF, o que representa uma DR de 1,27%.

Em relação aos valores do dNBR e em que foram utilizadas imagens de 6 dias depois do incêndio ter sido dado como extinto, ou seja, do dia 13/07/2020, mostram uma DA de mais 39,37 hectares, o que se traduz numa DR de 7,35% em relação aos valores do ICNF. Como referido em 7.1.2. pensa-se que estas diferenças devem-se sobretudo aos trabalhos de consolidação de todo o perímetro do incêndio, através da abertura de faixas limpas de vegetação com recurso a máquinas de rasto.

Os valores de comparação do índice dNDVI apresentam valores de DA de -31,01 e -73,30 hectares de área ardida, representando valores de DR de -5,79% e -13,68% em relação aos valores do ICNF.

Em termos visuais de comparação de resultados de área ardidas (figura 7.8.), verificam-se a existência de semelhanças entre as delimitações da ferramenta e do ICNF, com exceção da obtida com recurso à imagem do dia 13/07/2020 com o índice dNBR (verde).

Em relação à comparação das áreas ardidas resultantes do índice dNDVI e a do ICNF é observável as diferenças das áreas que não foram determinadas pelo índice na zona Este do incêndio. Por isso é que apresentam as diferenças entre os valores de DA e DR em comparação com o dNBR.

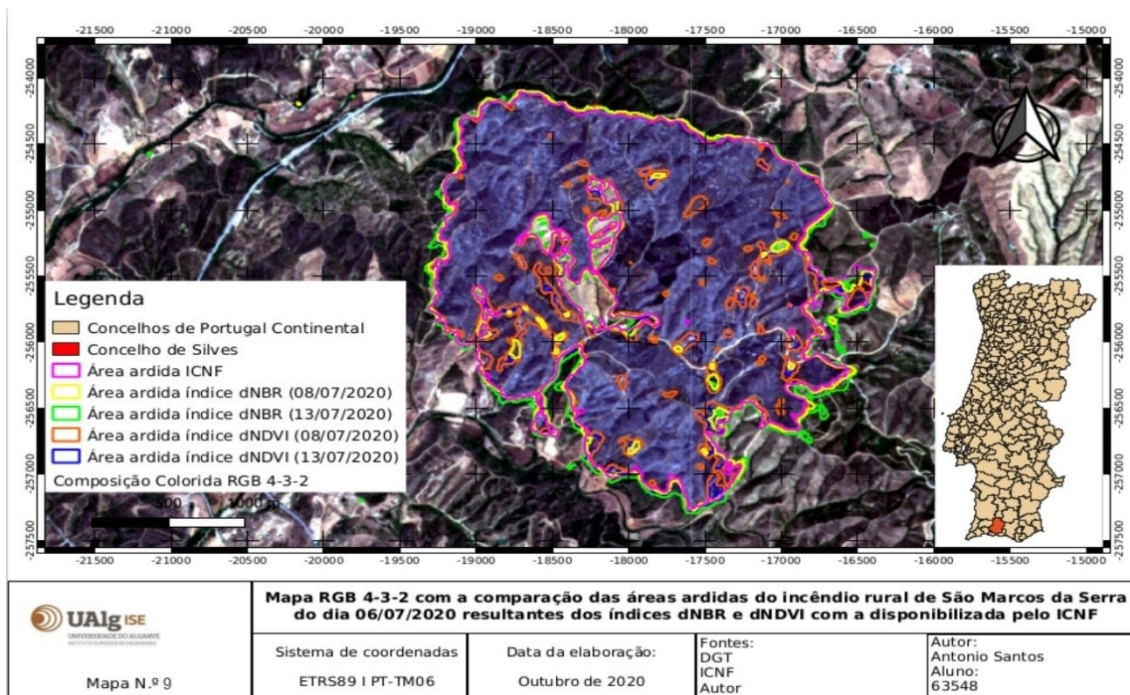


Figura 0.8. Mapa com composição colorida RGB 4-3-2 com as áreas ardidas resultantes dos índices dNBR e dNDVI da ferramenta disponibilizada pelo ICNF do incêndio de São Marcos da Serra no concelho de Silves

### 7.3.3 Incêndio de Castro Verde

O incêndio rural do Monte dos Longos, na freguesia e concelho de Castro Verde, teve início no dia 13/07/2020 pelas 17:07 horas, consumindo uma área total de 2382 hectares segundo o ICNF, até ser dado como extinto no dia 14/07/2020, tendo-lhe sido atribuído o código SGIF AT320181 (tabela 7.3.).

Tabela 0.3. Comparação de áreas ardidas do ICNF com os obtidos pela Ferramenta para o incêndio de Castro Verde

Incêndio rural em Monte dos Longos, freguesia e concelho de Castro Verde							
Data início:	13/07/2020	Hora início:	17:07	Data Extinção:	14/07/2020		
Área ardida do ICNF em hectares	2382			Código SGIF:	AT320181		
Índice	Reclassificação	Imagens antes	Imagens depois	Área ardida hectares	Diferença Absoluta	Diferença Relativa(%)	
dNBR	0,100	08/07/2020	18/07/2020	2328,486	-53,51	-2,25	
dNBR	0,100	13/07/2020	18/07/2020	2266,596	-115,40	-4,84	
dNDVI	0,17767	08/07/2020	18/07/2020	43	-2 339,00	-98,19	
dNDVI	0,17767	13/07/2020	18/07/2020	22,73	-2 359,27	-99,05	

Os resultados obtidos com o índice dNBR resultante das imagens do dia 08/07/2020 como antes do incêndio mostram uma DA de -53,51 hectares de área ardida do que o valor do ICNF, o que representa uma DR de 2,25%.

Em relação aos valores do dNBR, onde foram utilizadas imagens do dia em que se iniciou o incêndio, mostram uma DA de -115,40 hectares, o que se traduz numa DR de 4,84% em relação aos valores do ICNF.

Já no que diz respeito aos valores obtidos através do índice dNDVI, estes apresentam valores da DA de -2339,00 e -2359,27 hectares de área ardida, o que representa valores da DR de 98,19% e 99,05%, ou seja, valores muito próximos dos 100% de diferença.

Em termos visuais de comparação de área ardidas (figura 7.9.), verificam-se semelhanças entre os perímetros obtidos através da ferramenta, com o índice dNBR e os do ICNF.

Na Figura 7.9 podem-se verificar que a diferença de áreas, ocorreram no interior do polígono. Existem áreas que não foram consideradas como ardidas pela ferramenta, mas na realidade arderam. Se estas áreas forem eliminadas, os valores da área (hectares) seriam muito próximos, passando a haver uma diferença residual.

Como referido anteriormente não houve nenhum tratamento da shapefile criadas pela ferramenta, o mesmo não acontece com os dados do ICNF, que são validados pela GNR através de levantamento de campo com recurso a recetores de GNSS.

Em termos de comparação de resultados obtidos, o índice dNBR mostrou-se eficaz para detetar áreas ardidas nesta região do País, em comparação com o dNDVI que apenas detetou pequenas áreas.

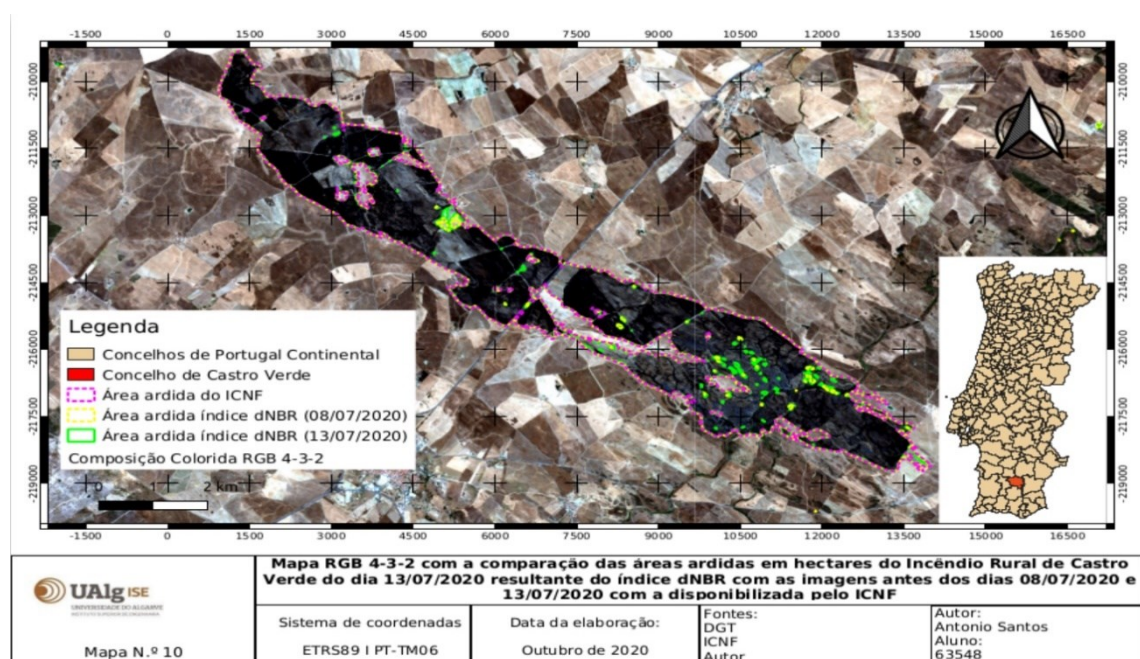


Figura 0.9. Mapa com composição colorida RGB 4-3-2 com as áreas ardidas resultantes do índice dNBR da ferramenta e a disponibilizada pelo ICNF do incêndio de Castro Verde

## 7.4 Discussão dos Resultados e Conclusões

Os dois índices espectrais dNBR e dNDVI permitiram, no seu conjunto identificar as áreas ardidas. Com o dNBR obtiveram-se valores de diferença mais baixos, nomeadamente para os incêndios de Aljezur, São Marcos e Castro Verde, com valores de DR de 1,09%, 1,25% e 2.25%, respetivamente. Já, para o índice dNDVI, foram encontrados valores de DR muito díspares, entre os 98,19% do incêndio de Castro Verde e os 5,79% de São Marcos da Serra e 9,77% de Aljezur.

No que diz respeito à análise das áreas ardidas em termos de delimitação dos perímetros obtidos a partir da ferramenta (dNBR), tendo como comparação os perímetros do ICNF, mostram semelhanças em todos os incêndios analisados.

A criação, pela ferramenta, das composições coloridas RGB, nomeadamente as RGB 8-4-3 (falsa cor de infravermelho) e RGB 12-8-4 (falsa cor de infravermelho de ondas curtas), com as imagens depois do incêndio, podemos considerar como sendo uma mais valia. Estas composições coloridas permitem facilitar a análise dos resultados obtidos a partir da ferramenta, servindo tanto para eliminar os falsos positivos e acrescentar os positivos, de modo a melhorar os resultados obtidos.

Nos casos estudados, podemos concluir que a ferramenta permite delimitar áreas ardidas, com diferenças inferiores a 3%, com recurso ao índice dNBR que é baseado na diferença aritmética entre NBR da imagem antes do incêndio e estimativas NBR da imagem depois do incêndio.

Face aos resultados obtidos conclui-se que a utilização de imagens multiespectrais do Sentinel-2, com resolução espacial de 10 metros, são adequadas para cartografar áreas ardidas.

## Conclusão e Desenvolvimentos Futuros

No âmbito deste projeto foi produzida uma ferramenta que permite cartografar áreas ardidas a nível municipal com base em imagens dos satélites multiespectrais Sentinel-2, com uma resolução de 10 metros.

Com esta ferramenta foi possível identificar de forma célere a área ardida, com uma precisão grande e, o mais rápido possível após a ocorrência de um incêndio, permitindo efetuar intervenções imediatas, tanto a nível de ações de avaliação dos danos, das percas, dos impactos nos ecossistemas, bem como, iniciar precocemente o planeamento e a intervenção, nas áreas ardidas, de modo a tornar o território mais resiliente.

A construção da ferramenta através da linguagem Python, dispendo de um interface gráfico intuitivo para o utilizador, recorrendo a vários algoritmos e bibliotecas para manipulação de dados matriciais e vetoriais de código aberto, permitem, a possibilidade da ferramenta ser melhorada e adaptada constantemente por qualquer utilizador.

A ferramenta permite de uma só vez, identificar as áreas ardidas de um determinado concelho de Portugal Continental, durante um determinado intervalo de tempo, até ao máximo de 60 dias antes e 60 dias depois da data do incêndio.

A ferramenta permite que a mesma possa ser usada não só na delimitação célere da área ardida a nível municipal, mas também, de outras divisões administrativas do território, com pequeníssimas alterações.

Conclui-se assim, que a ferramenta vem, facilitar o trabalho do utilizador através da automatização e simplificação na pesquisa de imagens Sentinel-2 e no processamento digital de imagens e na deteção remota.

Na área da deteção remota, os esforços mais recentes têm-se centrado no mapeamento de áreas ardidas e da severidade dos incêndios, tanto em pequenas como em largas escalas, neste sentido a ferramenta, deve evoluir para permitir também determinar a severidade dos incêndios.

Ainda nesse sentido, um dos desenvolvimentos futuros é a reformulação do índice espectral dNDVI para que o mesmo possa ser utilizado, não para a detecção de áreas ardidas dos incêndios, mas sim, para avaliar a recuperação dos territórios atingidos pelo fogo através da monitorização do coberto vegetal.

## Bibliografia

Antunes, T. M. V., 2019. *Cartografia das áreas ardidas de Portugal continental com recurso a imagens SAR e multiespectrais Sentinel-1 e Sentinel-2*, Lisboa: Dissertação de Mestrado.

Aronoff, S., 1989. *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. s.l.:WDL Publications.

Baptista, P. R., 2007. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*. [Online]

Available at: <https://www.aprh.pt/rgci/glossario/WGS84.html>

[Acedido em 04 10 2020].

Bastarrika, A., Chuvieco, E. & Martín, M. P., 2011. Mapping burned areas from Landsat TM/ETM+ data with a two-phase algorithm: Balancing omission and commission errors. *Remote Sensing of Environment*, pp. 1003-1012.

Bezerra, U. A., 2019. *Índices espectrais utilizando os sensores OLI/Landsat-8 e MSI/Sentinel-2, na bacia hidrográfica do rio Moxotó-PE*, Recife: Dissertação de Mestrado.

Burrough, P., 1986. Principles of Geographic Information Systems for Land Resource Assessment. *Geocarto International*, Volume 1.

Chen, X., Vogelmann, J. E., Rollins, M., Ohlen, D., Key, C. H., Yang, L., Huang, C. & Shi, H. (2011). Detecting post-fire burn severity and vegetation recovery using multitemporal remote sensing spectral indices and field-collected composite burn index data in a ponderosa pine forest. *International Journal of Remote Sensing*, 32(23), 7905-7927

Copernicus, 2020. *Copernicus Open Access Hub*. [Online]

Available at: <https://scihub.copernicus.eu/userguide/AdvancedSearch>

[Acedido em 20 10 2020].

DGT(a), 2020. *Direção-Geral do Território*. [Online]

Available at: <https://www.dgterritorio.gov.pt/geodesia/sistemas-referencia>

[Acedido em 04 10 2020].

DGT(b), 2020. *Carta Administrativa Oficial de Portugal*. [Online]

Available at: <https://www.dgterritorio.gov.pt/cartografia/cartografia-tematica/caop>

[Acedido em 12 03 2020].

DGT(c), 2020. *Diário da República - Aviso nº 2625/2020*. [Online]

Available at: <https://dre.pt/application/conteudo/129260739>

Direcção de Unidade de Defesa da Floresta, A., 2010. *Manual de tratamento da informação geográfica associada a terrenos percorridos por incêndios*. [Online]

Available at: <http://www2.icnf.pt/portal/florestas/dpci/Resource/doc/cart/man/Manual-Ar-Ard>

[Acedido em 05 10 2020].

Eby, P. J., 2020. *Setuptools*. [Online]

Available at: <https://setuptools.readthedocs.io>

[Acedido em 03 10 2020].

EPSG, 2020. *epsg.org*. [Online]

Available at: <https://epsg.org/home.html>

[Acedido em 04 10 2020].

ESA(a), E. S. A., 2019. *Sentinel-3 World Fire Atlas Prototype*. [Online]

Available at: <https://s3worldfireatlas.esa.int/>

[Acedido em 09 10 2020].

ESA(b), 2020. *Copernicus*. [Online]

Available at: [http://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Overview4](http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Overview4)

[Acedido em 11 10 2020].

ESA(c), 2020. *Sentinel*. [Online]

Available at: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi>

[Acedido em 11 10 2020].

ESA(d), 2020. *Sentinelsat*. [Online]

Available at: <http://sentinelsat.readthedocs.io/>

[Acedido em 03 10 2020].

ESA(e), 2020. *Sentinel Overview*. [Online]

Available at: <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions>

[Acedido em 11 10 2020].

Escuin, S., Navarro, R. & Fernández, P., 2008. Fire severity assessment by using NBR (Normalised Burn ratio) and NDVI (Normalised Difference Vegetation Index) derived from LANDSAT TM/ETM images. *International Journal of Remote Sensing*, Volume 29, pp. 1053-1073.

ESRI, 2020. *ESRI-Portugal*. [Online]

Available at: <https://www.esri-portugal.pt/pt-pt/o-que-sao-os-sig/overview>

[Acedido em 04 10 2020].

European, C., 2020. *COPERNICUS - Emergency Management Service*. [Online]

Available at: <https://effis.jrc.ec.europa.eu/about-effis/technical-background/rapid-damage-assessment>

[Acedido em 09 10 2020].

Fernández-Manso, A., Fernández-Manso, O. & Quintano, C., 2016. SENTINEL-2A red-edge spectral indices suitability for discriminating burn severity. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Volume 50, pp. 170-175.

Figueiredo, D., 2005. *Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto* [Online]

Available at: [https://www.clickgeo.com.br/wp-content/uploads/2013/04/conceitos\\_sm.pdf](https://www.clickgeo.com.br/wp-content/uploads/2013/04/conceitos_sm.pdf)

Filipponi, F., 2018. *BAIS2: Burned Area Index for Sentinel-2*. s.l., The 2nd International Electronic Conference on Remote Sensing.

Florenzano, T. G., 2002. *imagens de satélite para estudos ambientais*. São Paulo: Oficina de Textos.

GDAL-SOFTWARE-SUITE, 2013. Geospatial data abstraction library. [Online]

Available at: <http://www.gdal.org/>

[Acedido em 10 10 2020].

GNOME, 1997. *GTK*. [Online]

Available at: <https://www.gtk.org/>

[Acedido em 06 10 2020].

Hernández, L. e. c., 2020. *Um planeta em chamas. Proposta ibérica da WWF para a prevenção de incêndios*, Lisboa: ANP|WWF e WWF-Espanha.

ICNF, 2010. *Sistema de Gestão de Informação de Incêndios Florestais*. [Online]

Available at: <https://fogos.icnf.pt/sgif2010/login.asp>

[Acedido em 03 10 2020].

ICNF, 2020. *8º Relatório Provisório de Incêndios Rurais de 2020*,: Departamento de Gestão de Fogos Rurais.

ICNF, 2020. *ICNF*. [Online]

Available at: <http://www2.icnf.pt/portal/florestas/dfci/inc/mapas>

[Acedido em 11 10 2020].

INPE/DPI, 2001. *Divisão de Processamento de Imagens*. [Online]

Available at: <http://www.dpi.inpe.br/DPI/>

Keeley, J. E., 2009. Fire intensity, fire severity and burn severity: A brief review and suggested usage. *International Journal of Wildland Fire*, p. 116–126.

Key, C. H. & Benson, N., 2006. *Landscape Assessment: Ground measure of severity, the Composite Burn Index; and Remote sensing of severity, the Normalized Burn Ratio*. Ogden, UT: USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station.

Kivy, 2010. *kivy*. [Online]

Available at: <https://kivy.org/>

[Acedido em 06 10 2020].

Lundh, F., 2020. *Pillow*. [Online]

Available at: <https://pillow.readthedocs.io/en/stable/>

[Acedido em 04 10 2020].

Martins, R., 2017. *Cartografia de áreas ardidas do Norte de Portugal Continental com recurso a imagens multiespectrais do satélite Sentinel-2*, Lisboa: Dissertação de Mestrado.

Nascimento, H. R. & Abreu, Y. V. d., 2012. *Geotecnologias e o Planejamento da Agricultura de Energia*.

Palmas/Tocantins: eumed.net.

Navarro, G., Caballero, I., Silva, G., Parra, P. C., Vázquez, Á., & Caldeira, R. (2017). Evaluation of forest fire on Madeira Island using Sentinel-2A MSI imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 58, 97-106.

Norton, J., 2008. *The Use of Remote Sensing Indices to Determine Wildland Burn Severity in Semiarid Sagebrush Steppe Rangelands Using Landsat ETM+ and SPOT 5*, Idaho: Idaho State University.

NumPy, 2020. *NumPy*. [Online]  
Available at: <https://numpy.org/>  
[Acedido em 01 10 2020].

Parker, H. D., 1988. The Unique Qualities of a Geographic Information-System-A Commentary. *Photogrammetric Engineering And Remote Sensing*, Volume 54, pp. 1547-1549.

Python Software Foundation(a), 2001. *The Python Standard Library*. [Online]  
Available at: <https://docs.python.org/3/library/index.html>  
[Acedido em 05 10 2020].

Python Software Foundation(b), 2001. *The Python Standard Library*. [Online]  
Available at: <https://docs.python.org/3/faq/general.html#what-is-python>  
[Acedido em 05 10 2020].

QGIS.org, 2020. *QGIS Geographic Information System. QGIS Association*. [Online]  
Available at: <https://qgis.org/>  
[Acedido em 10 10 2020].

Quintano, C., Fernández-Manso, A. & Fernández-Manso, O., 2018. Combination of Landsat and Sentinel-2 MSI data for initial assessing of burn severity. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Volume 64, pp. 221-225.

República, A. d., 2017. *Lei n.º 76/2017 - Diário da República n.º 158/2017*. [Online]  
Available at: <https://dre.pt/application/conteudo/108010872>

Ricardo, A. C. C., 2018. *Análise multitemporal de imagens de satélite para cartografia de produtos hortícolas*, Lisboa: Dissertação de Mestrado.

Rocha, J. & Sousa, P. M., 2007. *Integração de dados estatísticos na classificação de imagens de satélite*. Lisboa: Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa.

Rocha, R. C. C. d., Lourenço, L. & Gonçalves, G. R., 2014. *Uso de sensores remotos como ferramenta para mapeamento de áreas queimadas por incêndios florestais: o exemplo do município de Oliveira do Hospital no ano de 2013*. Guimarães, RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança.

Rouse John C., Haas R.H., Deering D.W., Schell J.A., 1973. *NTRS - NASA Technical Reports Server*. [Online]  
Available at: <https://ntrs.nasa.gov/citations/19740004927>  
[Acedido em 04 10 2020].

Santos, A. R. d., Peluzio, T. M. d. O. & Saito, N. S., 2010. *SPRING 5.1.2. passo a passo: Aplicações Práticas*.  
Alegre, ES: CAUFES.

SciPy(a), 2020. *SciPy*. [Online]  
Available at: <https://www.scipy.org/>  
[Acedido em 01 10 2020].

SciPy(b), 2020. *scipy.ndimage.median\_filter*. [Online]  
Available at:  
[https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.ndimage.median\\_filter.html#scipy.ndimage.m  
edian\\_filter](https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.ndimage.median_filter.html#scipy.ndimage.median_filter)  
[Acedido em 01 10 2020].

sentinelhub, 2020. *sentinelhub*. [Online]  
Available at: <https://www.sentinel-hub.com/explore/sentinelplayground/>  
[Acedido em 16 10 2020].

Sinfic, S., 2006. *Newsletter n.º 56 20 Março 2006*. [Online]  
Available at: <http://www.sinfic.pt/SinficNewsletter//sinfic/Newsletter56/Dossier2.html>  
[Acedido em 04 10 2020].

Sousa, A. M. d. & Silva, J. R. M., 2011. *Sebenda de Fundamentos Teóricos de Detecção Remota*. [Online]  
Available at:  
[https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/4822/1/Sebenta\\_DR\\_fundamentosTericos\\_2011.pdf](https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/4822/1/Sebenta_DR_fundamentosTericos_2011.pdf)  
[Acedido em 04 10 2020].

Van der Meer, e. a., 2002. *Environmental Modelling with GIS and Remote Sensing*. London: Taylor &  
Francis.

wxWidgets, 1992. *wxWidgets*. [Online]  
Available at: <https://www.wxwidgets.org/>  
[Acedido em 06 10 2020].

## Anexos

Anexo 1 - Listagem de Códigos DICO dos concelhos de Portugal Continental constantes na CAOP

Anexo 2 - Manual de utilizador da ferramenta de determinação de áreas ardidas a nível municipal

Anexo 3 - Manual de instalação da ferramenta de determinação de áreas ardidas a nível municipal

Anexo 4 - Ficha do SGIF do incêndio rural em Monte Branco do Carriçal concelho de Aljezur

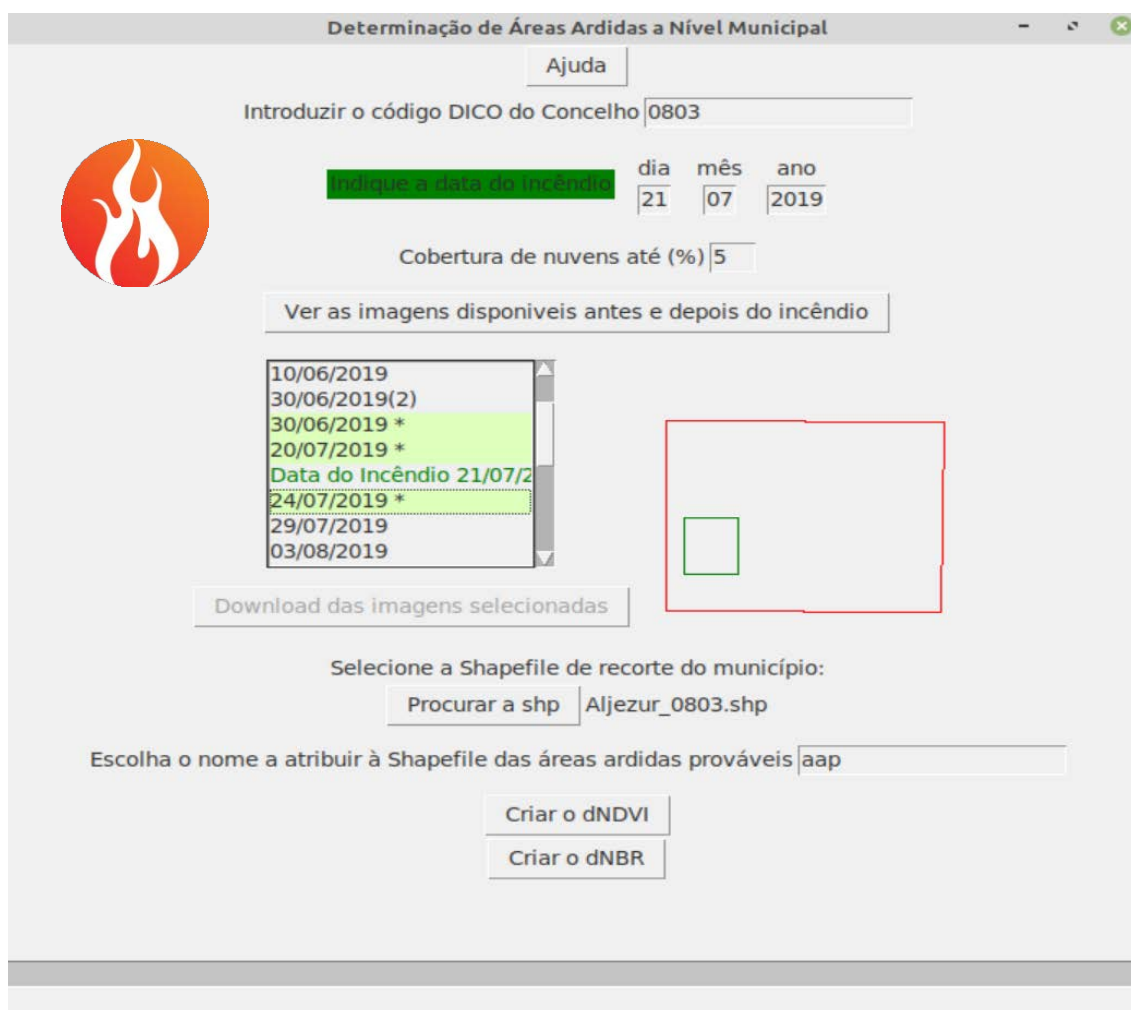
Anexo 5 - Ficha do SGIF do incêndio rural de Boiã em São Marcos da Serra concelho de Silves

Anexo 6 - Ficha do SGIF do incêndio rural em Monte dos Longos, concelho de Castro Verde

Anexo 1 - Listagem de Códigos DICO dos concelhos de Portugal Continental constantes na CAOP

Nome Concelho	Código DICO	Nome Concelho	Código DICO	Nome Concelho	Código DICO
Abrantes	1401	Benavente	1405	Ferreira do Zêzere	1411
Águeda	0101	Bombarral	1005	Figueira da Foz	0605
Aguiar da Beira	0901	Borba	0703	Figueira de Castelo Rodrigo	0904
Alandroal	0701	Boticas	1702	Figueiró dos Vinhos	1008
Albergaria-a-Velha	0102	Braga	0303	Fornos de Algodres	0905
Albufeira	0801	Bragança	0402	Freixo de Espada à Cinta	0404
Alcácer do Sal	1501	Cabeceiras de Basto	0304	Fronteira	1208
Alcanena	1402	Cadaval	1104	Fundão	0504
Alcobaça	1001	Caldas da Rainha	1006	Gavião	1209
Alcochete	1502	Caminha	1602	Góis	0606
Alcoutim	0802	Campo Maior	1204	Golegã	1412
Alenquer	1101	Cantanhede	0602	Gondomar	1304
Alfândega da Fé	0401	Carraceda de Ansiães	0403	Gouveia	0906
Alijó	1701	Carregal do Sal	1802	Grândola	1505
Aljezur	0803	Cartaxo	1406	Guarda	0907
Aljustrel	0201	Cascais	1105	Guimarães	0308
Almada	1503	Castanheira de Pêra	1007	Idanha-a-Nova	0505
Almeida	0902	Castelo Branco	0502	Ílhavo	0110
Almeirim	1403	Castelo de Paiva	0106	Lagoa	0806
Almodôvar	0202	Castelo de Vide	1205	Lagos	0807
Alpiarça	1404	Castro Daire	1803	Lamego	1805
Alter do Chão	1201	Castro Marim	0804	Leiria	1009
Alvaiázere	1002	Castro Verde	0206	Lisboa	1106
Alvito	0203	Celorico da Beira	0903	Loulé	0808
Amadora	1115	Celorico de Basto	0305	Loures	1107
Amarante	1301	Chamusca	1407	Lourinhã	1108
Amares	0301	Chaves	1703	Lousã	0607
Anadia	0103	Cinfães	1804	Lousada	1305
Ansião	1003	Coimbra	0603	Mação	1413
Arcos de Valdevez	1601	Condeixa-a-Nova	0604	Macedo Cavaleiros	0405
Arganil	0601	Constância	1408	Mafra	1109
Armamar	1801	Coruche	1409	Maia	1306
Arouca	0104	Covilhã	0503	Mangualde	1806
Arraiolos	0702	Crato	1206	Manteigas	0908
Arronches	1202	Cuba	0207	Marco Canaveses	1307
Arruda dos Vinhos	1102	Elvas	1207	Marinha Grande	1010
Aveiro	0105	Entroncamento	1410	Marvão	1210
Avis	1203	Espinho	0107	Matosinhos	1308
Azambuja	1103	Esposende	0306	Mealhada	0111
Baião	1302	Estarreja	0108	Mêda	0909
Barcelos	0302	Estremoz	0704	Melgaço	1603
Barrancos	0204	Évora	0705	Montalegre	1706
Barreiro	1504	Fafe	0307	Montemor-o-Novo	0706
Batalha	1004	Faro	0805	Montemor o Velho	0610
Beja	0205	Felgueiras	1303	Montijo	1507
Belmonte	0501	Ferreira do Alentejo	0208	Mora	0707

Nome Concelho	Código DICO	Nome Concelho	Código DICO	Nome Concelho	Código DICO
Mértola	0209	Peso da Régua	1708	Sousel	1215
Mesão Frio	1704	Pinhel	0910	Tábua	0616
Mira	0608	Pombal	1015	Tabuaço	1819
Miranda do Corvo	0609	Ponte da Barca	1606	Tarouca	1820
Miranda do Douro	0406	Ponte de Lima	1607	Tavira	0814
Mirandela	0407	Ponte de Sor	1213	Terras de Bouro	0310
Mogadouro	0408	Portalegre	1214	Tomar	1418
Moimenta da Beira	1807	Portel	0709	Tondela	1821
Moita	1506	Portimão	0811	Torre de Moncorvo	0409
Monção	1604	Porto	1312	Torres Novas	1419
Monchique	0809	Porto de Mós	1016	Torres Vedras	1113
Mondim de Basto	1705	Póvoa de Lanhoso	0309	Trancoso	0913
Monforte	1211	Póvoa de Varzim	1313	Trofa	1318
Mortágua	1808	Proença-a-Nova	0508	Vagos	0118
Moura	0210	Redondo	0710	Vale de Cambra	0119
Mourão	0708	Reguengos Monsaraz	0711	Valença	1608
Murça	1707	Resende	1813	Valongo	1315
Murtosa	0112	Ribeira de Pena	1709	Valpaços	1712
Nazaré	1011	Rio Maior	1414	Vendas Novas	0712
Nelas	1809	Sabrosa	1710	Viana do Alentejo	0713
Nisa	1212	Sabugal	0911	Viana do Castelo	1609
Óbidos	1012	Salvaterra de Magos	1415	Vidigueira	0214
Odemira	0211	Santa Comba Dão	1814	Vieira do Minho	0311
Odivelas	1116	Santa Maria da Feira	0109	Vila de Rei	0510
Oeiras	1110	S. Marta Penaguião	1711	Vila do Bispo	0815
Oleiros	0506	Santarém	1416	Vila do Conde	1316
Olhão	0810	Santiago do Cacém	1509	Vila Flor	0410
Oliveira Azeméis	0113	Santo Tirso	1314	Vila Franca de Xira	1114
Oliveira de Frades	1810	São Brás de Alportel	0812	Vila Nova Barquinha	1420
Oliveira do Bairro	0114	São João Madeira	0116	Vila Nova de Cerveira	1610
Oliveira Hospital	0611	São João Pesqueira	1815	Vila Nova Famalicão	0312
Ourém	1421	São Pedro do Sul	1816	Vila Nova de Foz Côa	0914
Ourique	0212	Sardoal	1417	Vila Nova de Gaia	1317
Ovar	0115	Sátão	1817	Vila Nova de Paiva	1822
Paços de Ferreira	1309	Seia	0912	Vila Nova de Poiares	0617
Palmela	1508	Seixal	1510	Vila Pouca de Aguiar	1713
Pampilhosa Serra	0612	Sernancelhe	1818	Vila Real	1714
Paredes	1310	Serpa	0213	Vila Real S. António	0816
Paredes de Coura	1605	Sertã	0509	Vila Velha de Ródão	0511
Pedrógão Grande	1013	Sesimbra	1511	Vila Verde	0313
Penacova	0613	Setúbal	1512	Vila Viçosa	0714
Penafiel	1311	Sever do Vouga	0117	Vimioso	0411
Penalva Castelo	1811	Silves	0813	Vinhais	0412
Penamacor	0507	Sines	1513	Viseu	1823
Penedono	1812	Sintra	1111	Vizela	0314
Penela	0614	Sobral Monte Agraço	1112	Vouzela	1824
Peniche	1014	Soure	0615		



# MANUAL DE UTILIZADOR

## Ferramenta de Determinação de Áreas Ardidas a Nível Municipal

António Ângelo Candeias dos Santos

[aangelocsantos@gmail.com](mailto:aangelocsantos@gmail.com)

maio, 2021

# Índice

1. Estrutura da Ferramenta .....	3
2. Introduzir o código DICO do Concelho .....	3
2.1. Listagem Código DICO .....	4
3. Indique a data do incêndio.....	6
3.1. Erro em preencher a data do dia do incêndio .....	6
4. Cobertura de nuvens até (%).....	6
5. Ver as imagens disponíveis antes e depois do incêndio .....	6
5.1. Como saber qual a imagens certas para fazer o download .....	7
5.2. Como saber que não devo fazer o download de uma imagem .....	7
5.3. Download das imagens Seninel2 seleccionadas.....	7
5.4. Lista das imagens já descarregadas .....	7
6. Escolha o nome a atribuir à Shapefile das áreas ardidas prováveis.....	8
7. Como criar as Shapefiles das áreas ardidas prováveis.....	8
8. Resultados do processamento do criar o dNDVI ou dNBR .....	9
9. Interpretação das áreas ardidas no QGIS .....	10

## 1. Estrutura da Ferramenta

Estruturalmente a ferramenta está organizada por forma a simplificar a visualização da informação e facilitar a execução das tarefas ao utilizador.

A Ferramenta encontra-se dividida em 2 secções principais (Figura 1.):

### 1. Parte Superior:

Esta relacionada com a pesquisa, download e seleção das imagens Sentinel-2 antes e depois do incêndio de acordo o Município em estudo.

### 2. Parte Inferior:

Apresenta os botões, para seleccionar a Shapefile do Município que se se pretende determinar as áreas ardidas e a escolha do índice espectral, para determinar as áreas ardidas, bem como, o nome a atribuir à shapefile das áreas ardidas prováveis, bem como, a barra de progressos da ferramenta.

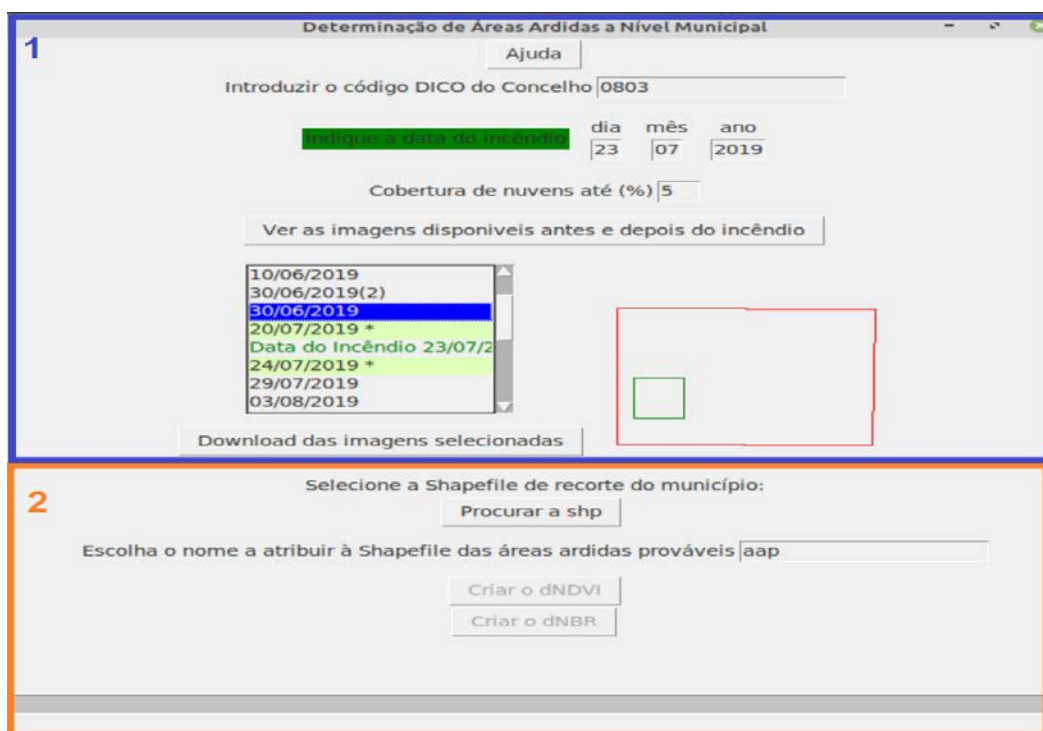


Figura 1. Estrutura da Ferramenta de Determinação de Áreas Ardidas

## 2. Introduzir o código DICO do Concelho

A ferramenta pesquisa as imagens Sentinel2, através do Identificador único de concelho (DICO) da Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP), para isso, o campo tem obrigatoriamente de possuir 4 dígitos, se não, apresenta mensagem de erro (Figura 2). Por defeito a ferramenta apresenta o DICO "0803" que é o código do Concelho de "Aljezur".

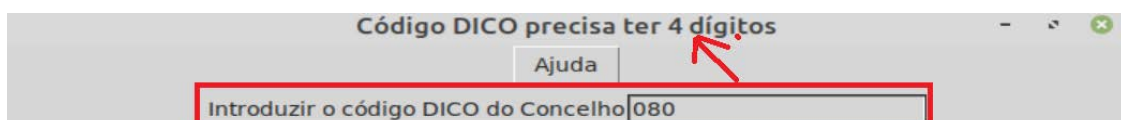


Figura 2. Introdução do código "DICO" do Concelho



## 2.1. Listagem Código DICO

Nome Concelho	Código DICO	Nome Concelho	Código DICO	Nome Concelho	Código DICO
Abrantes	1401	Arronches	1202	Castro Verde	0206
Águeda	0101	Arruda dos Vinhos	1102	Celorico da Beira	0903
Aguiar da Beira	0901	Aveiro	0105	Celorico de Basto	0305
Alandroal	0701	Avis	1203	Chamusca	1407
Albergaria-a-Velha	0102	Azambuja	1103	Chaves	1703
Albufeira	0801	Baião	1302	Cinfães	1804
Alcácer do Sal	1501	Barcelos	0302	Coimbra	0603
Alcanena	1402	Barrancos	0204	Condeixa-a-Nova	0604
Alcobaça	1001	Barreiro	1504	Constância	1408
Alcochete	1502	Batalha	1004	Coruche	1409
Alcoutim	0802	Beja	0205	Covilhã	0503
Alenquer	1101	Belmonte	0501	Crato	1206
Alfândega da Fé	0401	Benavente	1405	Cuba	0207
Alijó	1701	Bombarral	1005	Elvas	1207
Aljezur	0803	Borba	0703	Entroncamento	1410
Aljustrel	0201	Boticas	1702	Espinho	0107
Almada	1503	Braga	0303	Esposende	0306
Almeida	0902	Bragança	0402	Estarreja	0108
Almeirim	1403	Cabeceiras de Basto	0304	Estremoz	0704
Almodôvar	0202	Cadaval	1104	Évora	0705
Alpiarça	1404	Caldas da Rainha	1006	Fafe	0307
Alter do Chão	1201	Caminha	1602	Faro	0805
Alvaiázere	1002	Campo Maior	1204	Felgueiras	1303
Alvito	0203	Cantanhede	0602	Ferreira do Alentejo	0208
Amadora	1115	Carrazeda de Ansiães	0403	Ferreira do Zêzere	1411
Amarante	1301	Carregal do Sal	1802	Figueira da Foz	0605
Amares	0301	Cartaxo	1406	Figueira de Castelo Rodrigo	0904
Anadia	0103	Cascais	1105	Figueiró dos Vinhos	1008
Ansião	1003	Castanheira de Pêra	1007	Fornos de Algodres	0905
Arcos de Valdevez	1601	Castelo Branco	0502	Freixo de Espada à Cinta	0404
Arganil	0601	Castelo de Paiva	0106	Fronteira	1208
Armamar	1801	Castelo de Vide	1205	Fundão	0504
Arouca	0104	Castro Daire	1803	Gavião	1209
Arraiolos	0702	Castro Marim	0804	Góis	0606



Nome Concelho	Código DICO	Nome Concelho	Código DICO	Nome Concelho	Código DICO	Nome Concelho	Código DICO
Golegã	1412	Montalegre	1706	Ponte de Sor	1213	Tabuaço	1819
Gondomar	1304	Montemor-o-Novo	0706	Portalegre	1214	Tarouca	1820
Gouveia	0906	Montemor o Velho	0610	Portel	0709	Tavira	0814
Grândola	1505	Montijo	1507	Portimão	0811	Terras de Bouro	0310
Guarda	0907	Mora	0707	Porto	1312	Tomar	1418
Guimarães	0308	Mortágua	1808	Porto de Mós	1016	Tondela	1821
Idanha-a-Nova	0505	Moura	0210	Póvoa de Lanhoso	0309	Torre de Moncorvo	0409
Ílhavo	0110	Mourão	0708	Póvoa de Varzim	1313	Torres Novas	1419
Lagoa	0806	Murça	1707	Proença-a-Nova	0508	Torres Vedras	1113
Lagos	0807	Murtosa	0112	Redondo	0710	Trancoso	0913
Lamego	1805	Nazaré	1011	Reguengos Monsaraz	0711	Trofa	1318
Leiria	1009	Nelas	1809	Resende	1813	Vagos	0118
Lisboa	1106	Nisa	1212	Ribeira de Pena	1709	Vale de Cambra	0119
Loulé	0808	Óbidos	1012	Rio Maior	1414	Valença	1608
Loures	1107	Odemira	0211	Sabrosa	1710	Valongo	1315
Lourinhã	1108	Odivelas	1116	Sabugal	0911	Valpaços	1712
Lousã	0607	Oeiras	1110	Salvaterra de Magos	1415	Vendas Novas	0712
Lousada	1305	Oleiros	0506	Santa Comba Dão	1814	Viana do Alentejo	0713
Mação	1413	Olhão	0810	Santa Maria da Feira	0109	Viana do Castelo	1609
Macedo Cavaleiros	0405	Oliveira Azeméis	0113	S. Marta Penaguião	1711	Vidigueira	0214
Mafra	1109	Oliveira de Frades	1810	Santarém	1416	Vieira do Minho	0311
Maia	1306	Oliveira do Bairro	0114	Santiago do Cacém	1509	Vila de Rei	0510
Mangualde	1806	Oliveira Hospital	0611	Santo Tirso	1314	Vila do Bispo	0815
Manteigas	0908	Ourém	1421	São Brás de Alportel	0812	Vila do Conde	1316
Marco Canaveses	1307	Ourique	0212	São João Madeira	0116	Vila Flor	0410
Marinha Grande	1010	Ovar	0115	São João Pesqueira	1815	Vila Franca de Xira	1114
Marvão	1210	Paços de Ferreira	1309	São Pedro do Sul	1816	Vila Nova Barquinha	1420
Matosinhos	1308	Palmela	1508	Sardoal	1417	Vila Nova de Cerveira	1610
Mealhada	0111	Pampilhosa Serra	0612	Sátão	1817	Vila Nova Famalicão	0312
Mêda	0909	Paredes	1310	Seia	0912	Vila Nova de Foz Côa	0914
Melgaço	1603	Paredes de Coura	1605	Seixal	1510	Vila Nova de Gaia	1317
Mértola	0209	Pedrógão Grande	1013	Sernancelhe	1818	Vila Nova de Paiva	1822
Mesão Frio	1704	Penacova	0613	Serpa	0213	Vila Nova de Poiares	0617
Mira	0608	Penafiel	1311	Sertã	0509	Vila Pouca de Aguiar	1713
Miranda do Corvo	0609	Penalva Castelo	1811	Sesimbra	1511	Vila Real	1714
Miranda do Douro	0406	Penamacor	0507	Setúbal	1512	Vila Real S. António	0816
Mirandela	0407	Penedono	1812	Sever do Vouga	0117	Vila Velha de Ródão	0511
Mogadouro	0408	Penela	0614	Silves	0813	Vila Verde	0313
Moimenta da Beira	1807	Peniche	1014	Sines	1513	Vila Viçosa	0714
Moita	1506	Peso da Régua	1708	Sintra	1111	Vimioso	0411
Monção	1604	Pinhel	0910	Sobral Monte Agraço	1112	Vinhais	0412
Monchique	0809	Pombal	1015	Soure	0615	Viseu	1823
Mondim de Basto	1705	Ponte da Barca	1606	Sousel	1215	Vizela	0314
Monforte	1211	Ponte de Lima	1607	Tábua	0616	Vouzela	1824



### 3. Indique a data do incêndio

Neste campo o utilizador preenche com a data em que ocorreu o incêndio, indicado o DIA (DD), MÊS (MM) e ANO (AAAA).

#### 3.1. Erro em preencher a data do dia do incêndio

Se a data não estiver preenchida e pretendermos “ver as imagens disponíveis antes e depois do incendio”, apresenta uma mensagem de erro, em que “Indique a data do incendio” fica vermelho e mostra uma mensagem no cabeçalho para preencher a data corretamente (Figura 3.).

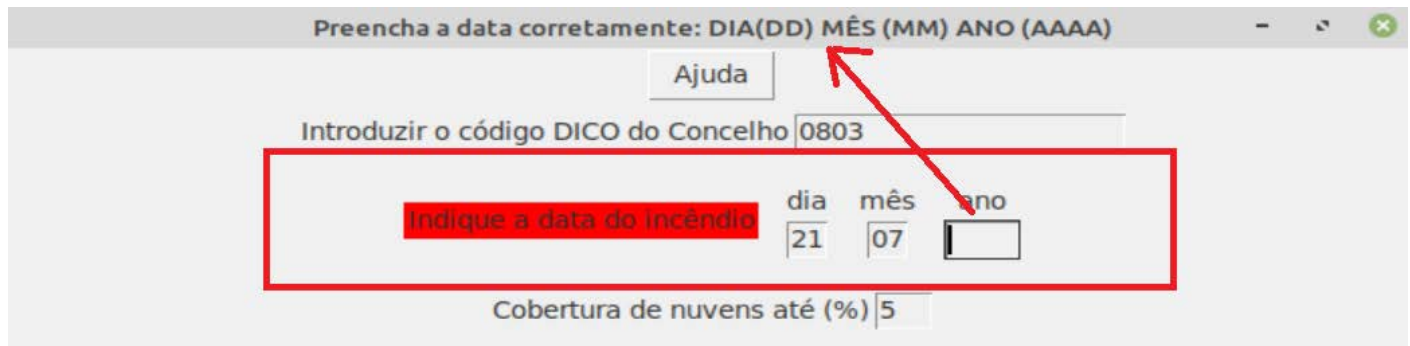


Figura 3. Erro apresentado sempre que data está mal preenchida.

### 4. Cobertura de nuvens até (%)

Por defeito a pesquisa das imagens é até 5% de cobertura de nuvens máximo, (valor de referência, da bibliografia). Como se sabe, são disponibilizadas imagens a cada 5 dias (Sentinel2\_A ou Sentinel2\_B), se as mesmas, não aparecerem na pesquisa inicial, é porque no dia da passagem, existia uma cobertura de nuvens superior a 5% da imagem.

### 5. Ver as imagens disponíveis antes e depois do incêndio

Sempre que a data está corretamente preenchida e se clicar no botão “Ver as imagens disponíveis antes e depois do incêndio”, mostrará uma nova janela das imagens disponíveis (Figura 4.). A data do dia do incêndio fica assinalada a verde e mostra as últimas 5 imagens disponíveis antes e depois do incêndio, que apresentam uma cobertura de nuvens inferior a 5%, dos últimos 60 dias

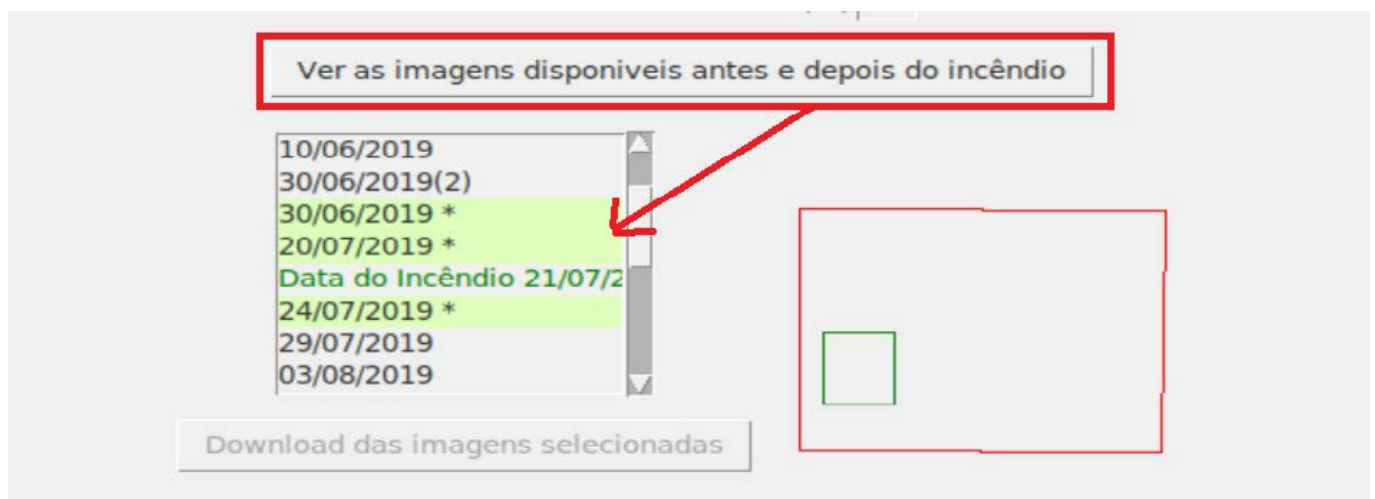


Figura 4. Imagens disponíveis para download antes e depois da data do incêndio



### 5.1. Como saber qual a imagens certas para fazer o download

Ao selecionar sobre uma das datas, exemplo 20/07/2019 (Figura 5.), mostra do lado direito uma imagem que nos indica a posição do nosso **concelho (DICO)** a verde na **imagem Sentinel2** a vermelho, está imagem é boa para download.

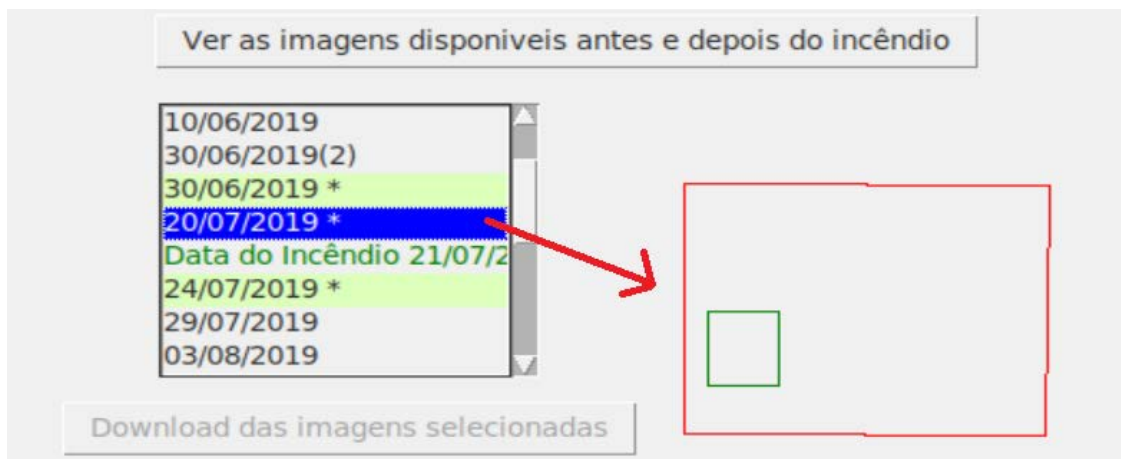


Figura 5. Mostra se o Concelho está dentro da imagem Sentinel2

### 5.2. Como saber que não devo fazer o download de uma imagem

Ao selecionar sobre uma das datas, exemplo 30/06/2019 (2), mostra do lado direito uma imagem que nos indica a posição do nosso **concelho (DICO)** a verde na **imagem Sentinel2** a vermelho, está imagem não serve para os nossos interesses (Figura 6.).



Figura 6. Imagem Sentinel2 que não serve os interesses

### 5.3. Download das imagens Seninel2 selecionadas

Após selecionar as imagens que servem os interesses do utilizador, basta clicar no botão "Download das imagens selecionadas", para iniciar o download das imagens, cada imagem possui o tamanho de 1.2GB cada. Na barra de progresso, apresenta a mensagem de que está a realizar o download do número de imagens (Figura 7.). A velocidade depende sempre da velocidade da internet e as imagens descarregadas ficarão na "pasta imagens".

### 5.4. Lista das imagens já descarregadas

Após o download das imagens selecionadas no passo anterior, estas são adicionadas a uma lista que contém todas as imagens já descarregadas. E passam a ser visualizadas na janela das datas antes e depois do incêndio selecionadas a verde e é acrescentado um asterisco (\*) depois da data (Figura 7.). Se forem selecionadas estas imagens podemos ver se cobrem o concelho em estudo, mas o botão para "Download das imagens selecionadas" mantém-se desabilitado.



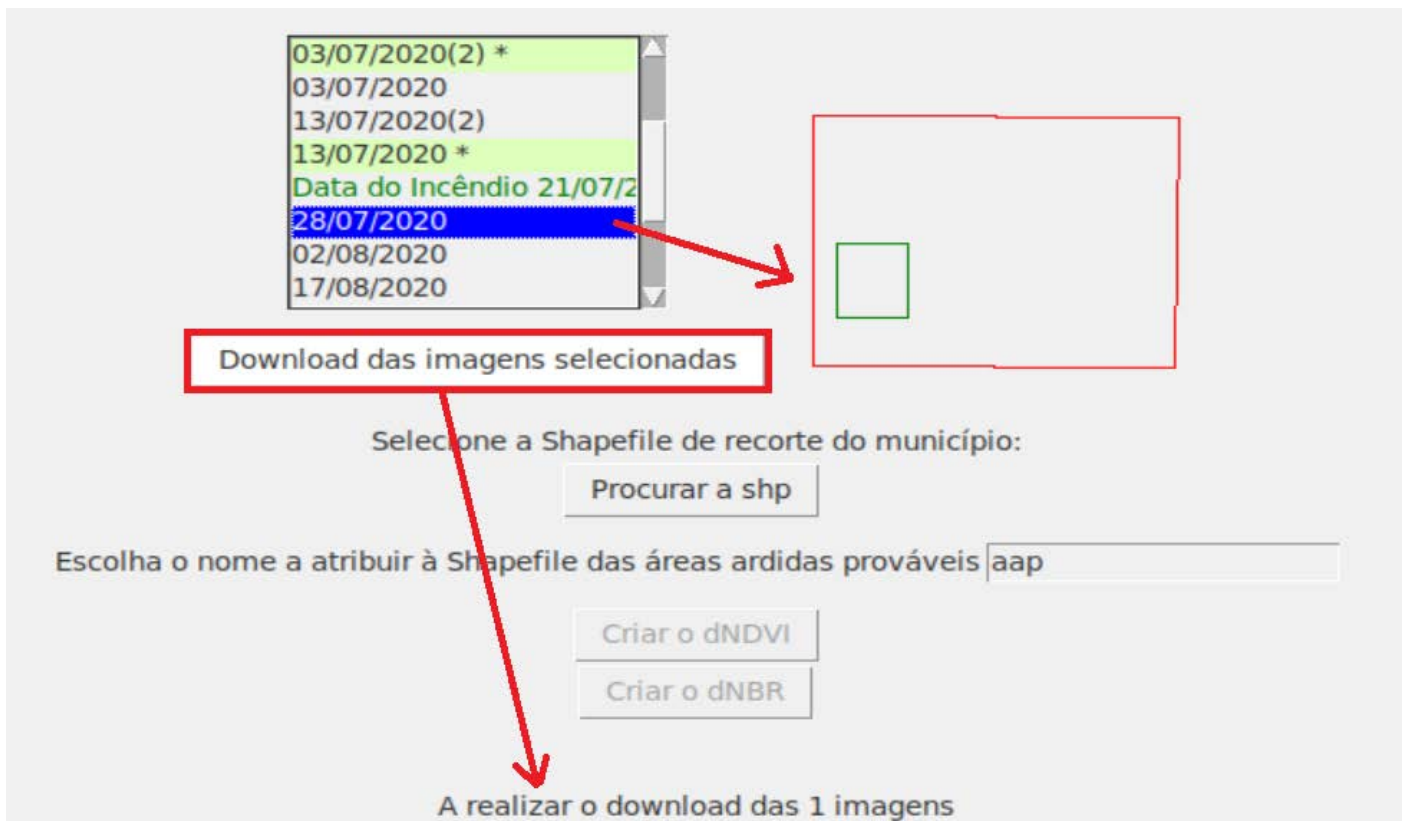


Figura 7. Download das imagens selecionadas e o progresso

## 6. Escolha o nome a atribuir à Shapefile das áreas ardidas prováveis

Por defeito aparece como nome "aap" que são as iniciais das Áreas Ardidas Prováveis (Figura 8.), mas este nome, pode ser alterado pelo utilizador. Na Shapefile a criar será acrescentada ao nome a data do dia do incêndio.



Figura 8. Escolha o nome a atribuir à Shapefile das áreas ardidas prováveis

## 7. Como criar as Shapefiles das áreas ardidas prováveis

Para o utilizador criar as Shapefiles das áreas ardidas prováveis do Município é preciso o mesmo possuir uma Shapefile do concelho no sistema de coordenadas ETRS89/PT-TM06 (EPSG 3763) e adiciona-la através do botão "procurar .shp", indicar a data do incêndio e **seleccionar a imagem ou imagens antes e depois do dia do incêndio**. Somente após ter realizado todos os passos indicados anteriormente é que os botões de "Criar o dNDVI" e o "Criar o dNBR" ficam disponíveis (Figura 9.). Depois na barra de progresso vai apresentando os procedimentos que a ferramenta está a desenvolver, até terminar o processo e indicar que as onde se encontram os resultados do processo.



Introduzir o código DICO do Concelho | 0803

Indique a data do incêndio

dia mês ano 1  
21 07 2020

Cobertura de nuvens até (%) | 5

Ver as imagens disponíveis antes e depois do incêndio

03/07/2020(2) \*  
03/07/2020  
13/07/2020(2)  
13/07/2020 \*  
Data do Incêndio 21/07/2020  
28/07/2020 \*  
02/08/2020  
17/08/2020

Download das imagens selecionadas

Selecione a Shapefile de recorte do município:

Procurar a shp Aljezur\_0803.shp 3

Escolha o nome a atribuir à Shapefile das áreas ardidas prováveis | aap

Criar o dNDVI 4  
Criar o dNBR

Imagens já descarregadas - pronto para criar o dNVI e ou dNBR

Figura 9. Como criar as shapefiles das áreas ardidas prováveis

## 8. Resultados do processamento do criar o dNDVI ou dNBR

Os resultados do processamento encontram-se na pasta “Resultados” e são os seguintes para cada processamento, conforme mostra a (Figura 10.):

- ✓ Shapefile, como os ficheiros dbf, prj e shx;
- ✓ As composições RGB com resolução de 10 metros do Concelho pós incêndio em formato TIF, RGB 4 3 2 (Cor Natural), RGB 8 4 3 (Falsa cor Infrared) e RGB 12 8 4 (Falsa cor Shortwave infrared).

Todos os produtos deste processamento apresentam a mesma regra para a atribuição do nome dos ficheiros, ou seja, começa sempre pelo nome atribuído à Shapefile que por defeito fica “aap”, seguido de um hífen antes e depois da data do incêndio em formato “\_AAAAMMDD\_”, depois o método escolhido “dnbr” ou dnvi”. Nos casos dos RGB além do que foi descrito anteriormente acresce RGB e o número e ordem das bandas utilizadas na composição.



Nome	Tamanho	Tipo
aap_20190720_dnbr.dbf	2,0 kB	documento Xbase
aap_20190720_dnbr.prj	412 bytes	documento em texto simples
aap_20190720_dnbr.shp	55,8 kB	desconhecido
aap_20190720_dnbr.shx	1,6 kB	desconhecido
aap_20190720_dnbrRGB_4_3_2.tif	85,0 MB	imagem TIFF
aap_20190720_dnbrRGB_8_4_3.tif	85,0 MB	imagem TIFF
aap_20190720_dnbrRGB_12_8_4.tif	85,0 MB	imagem TIFF

Figura 10. Produtos dos criados em cada processamento que se encontram na pasta "Resultados"

## 9. Interpretação das áreas ardidas no QGIS

Os resultados do processamento podem ser abertos por exemplo no QGIS, de modo a ser realizada a interpretação do que é área ardida do que não é (Figura 11.).

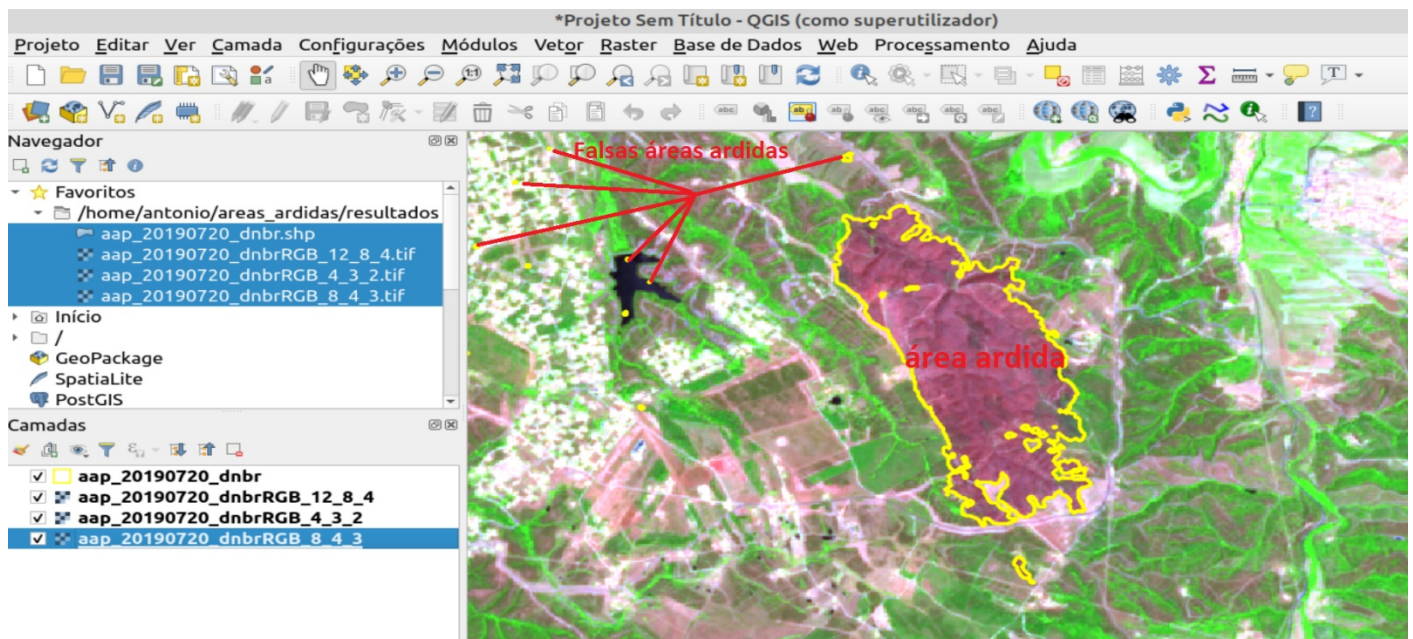
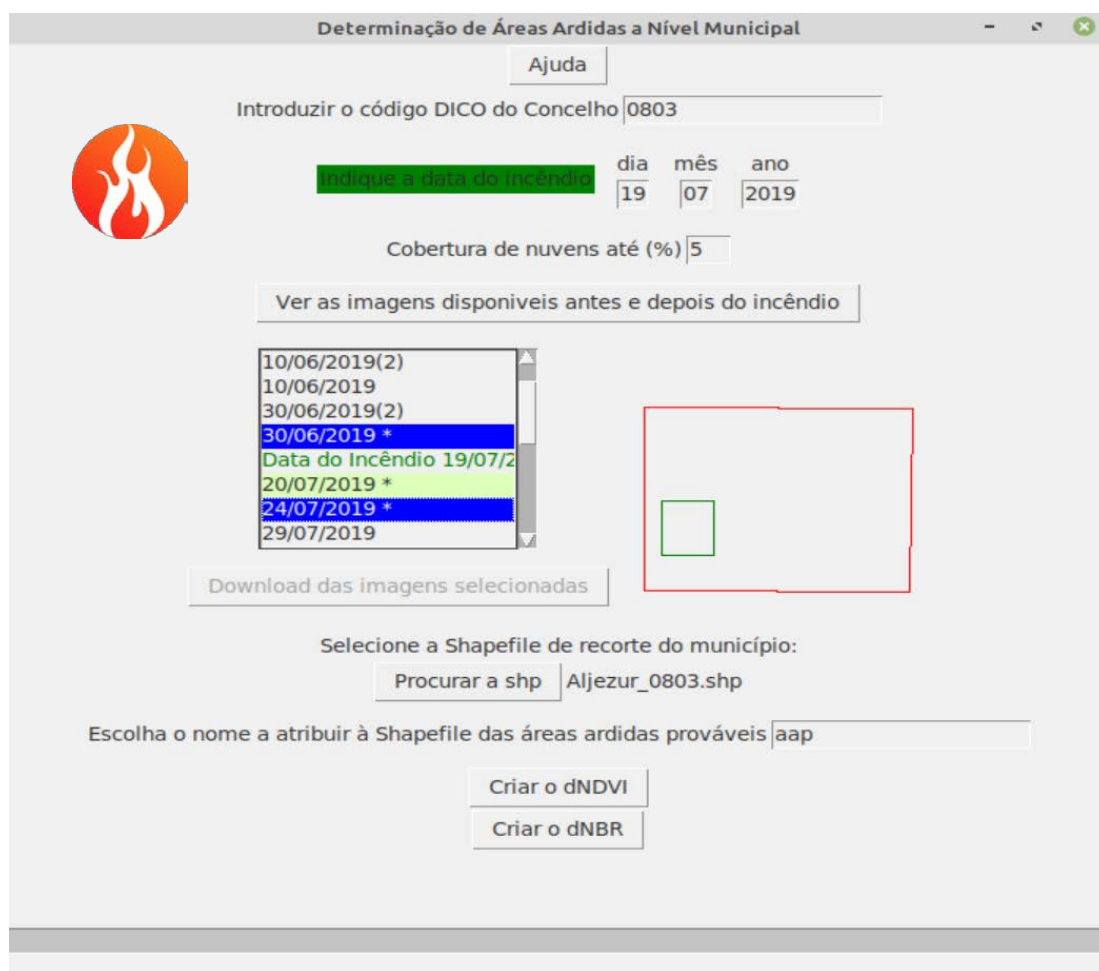


Figura 11. Interpretação com o QGIS das áreas ardidas





# MANUAL DE INSTALAÇÃO DA

## Ferramenta de Determinação de Áreas Ardidas a Nível Municipal

António Ângelo Candeias dos Santos

[aangelocsantos@gmail.com](mailto:aangelocsantos@gmail.com)

maio, 2021

# Índice

1. Instalação da Ferramenta de Determinação de Áreas Ardidas a Nível Municipal através da importação de uma Máquina Virtual .....	3
1.1. Instalação do VirtualBox no sistema operacional Windows .....	3
1.2. Instalação da Máquina Virtual (MV_Areas_Ardidas) no VirtualBox .....	4
1.3. Iniciar a Máquina Virtual (MV_Areas_Ardidas_Provaveis) no VirtualBox.....	6
1.4. Utilização da Ferramenta de Determinação de Áreas Ardidas a Nível Municipal.....	6
2. Instalação da Ferramenta de Determinação de Áreas Ardidas a Nível Municipal no sistema operacional Linux Mint.....	7
2.1. Download da pasta áreas ardidadas com os códigos da ferramenta.....	7
2.2. Instalação da livreria GDAL para Python3.....	7
2.3. Instalação da livreria Tkinter para Python3 .....	8
2.4. Instalação do módulo de criação de ambientes virtuais venv para Python3.....	8
2.5. Criação e ativação do ambiente virtual dentro da pasta “áreas_ardidas” .....	9
2.6. Instalação das livrerias SciPy, Sentinelsat e Editable .....	9
2.7. Utilização da Ferramenta de Determinação de Áreas Ardidas a Nível Municipal.....	10
2.7.1. Abrir a ferramenta através da consola da linha de comandos .....	10
2.7.2. Abrir a ferramenta ao pressionar o ícone do aplicativo no ambiente de trabalho .....	10

## 1. Instalação da Ferramenta de Determinação de Áreas Ardidas a Nível Municipal através da importação de uma Máquina Virtual

A Ferramenta de Determinação de Áreas Ardidas a Nível Municipal, com base em imagens dos satélites multiespectrais Sentinel-2 com resolução de 10 metros é disponibilizada através de uma máquina virtual para os utilizadores que possuem sistemas operacionais diferentes do Linux. As máquinas virtuais são extremamente úteis no dia a dia, pois permitem aos utilizadores rodarem outros sistemas operacionais dentro de uma única máquina física, tendo acesso a outros software existentes que podem ser instalados dentro da própria máquina virtual como é o caso desta ferramenta.

### 1.1. Instalação do VirtualBox no sistema operacional Windows

O VirtualBox pode ser instalado em vários sistemas operacionais hospedeiros, incluindo: Linux, macOS, Windows, Solaris e OpenSolaris.

O primeiro passo é realizarem o download do VirtualBox, para tal, devem aceder a <https://www.virtualbox.org/wiki/Downloads> e escolherem o sistema operacional que pretendem efetuar o download de acordo, com o sistema operacional que tem instalado na máquina física (Figura 1.).

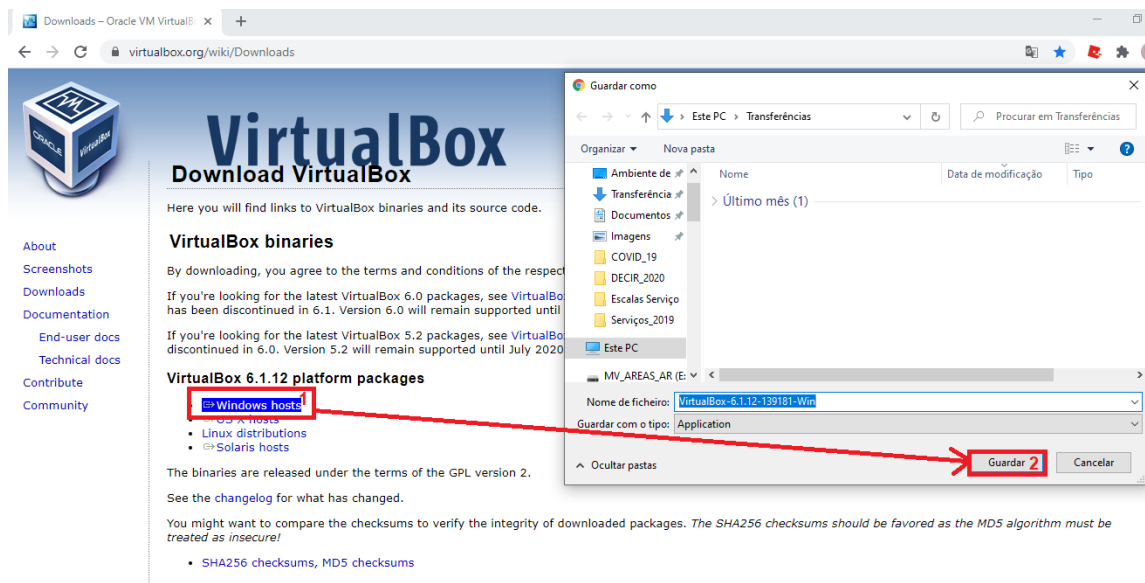


Figura 1. Download do VirtualBox 6.1.12 para o Windows

Depois de realizado o download, devem iniciar a instalação do VirtualBox, para isso, basta clicarem no aplicativo para iniciar o processo, neste caso, vamos instalar a versão padrão, para tal basta só clicarem em “Next”; “Next”; “Next”; “Yes”; “Install”; “Finish” (Figura 2.).



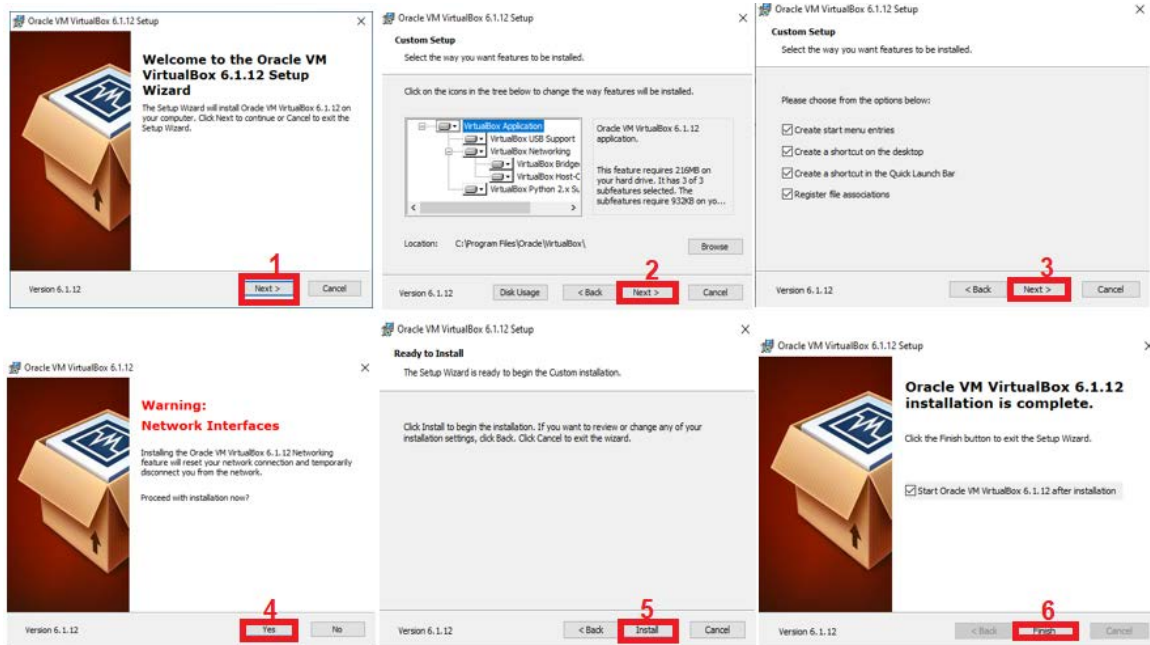


Figura 2. Instalação do VirtualBox 6.1.12 no Windows

## 1.2. Instalação da Máquina Virtual (MV\_Areas\_Ardidas) no VirtualBox

O primeiro passo é realizarem o download da máquina virtual (MV\_Areas\_Ardidas.ova), para tal, devem aceder a [https://drive.google.com/drive/folders/12NjV-RFNSUax\\_i5iorjRyFMB3o3QMSAc?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/12NjV-RFNSUax_i5iorjRyFMB3o3QMSAc?usp=sharing) e efetuarem o download do ficheiro, que demora algum tempo, pois são 7GB. Em seguida é preciso extraírem o ficheiro, pois o mesmo encontra-se comprimido em formato “.zip”.

Agora sim, estão prontos para a instalação da ferramenta no VirtualBox. Abrir o VirtualBox e clicarem no ícone para importar (Figura 3.).



Figura 3. Abrir o VirtualBox e importar Máquina Virtual



O próximo passo é selecionarem o arquivo (MV\_Areas\_Ardidas.ova) conforme (Figura 4.) e clicarem em próximo.

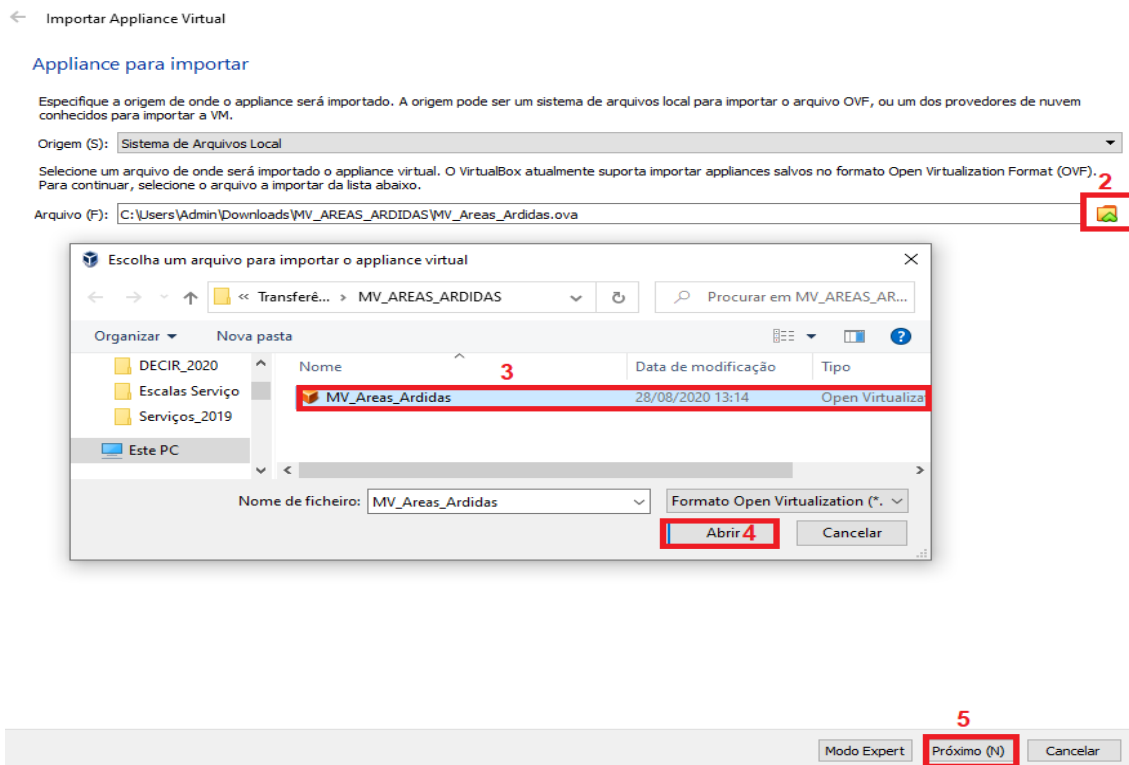


Figura 4. Selecionar o arquivo (MV\_Areas\_ardidas.ova)

Em seguida nas configurações, não precisam de alterar nada, basta simplesmente clicarem em importar (Figura 5.), assim que a importação ficar concluída podem iniciar a máquina virtual das MV\_Areas\_Ardidas\_Provaveis

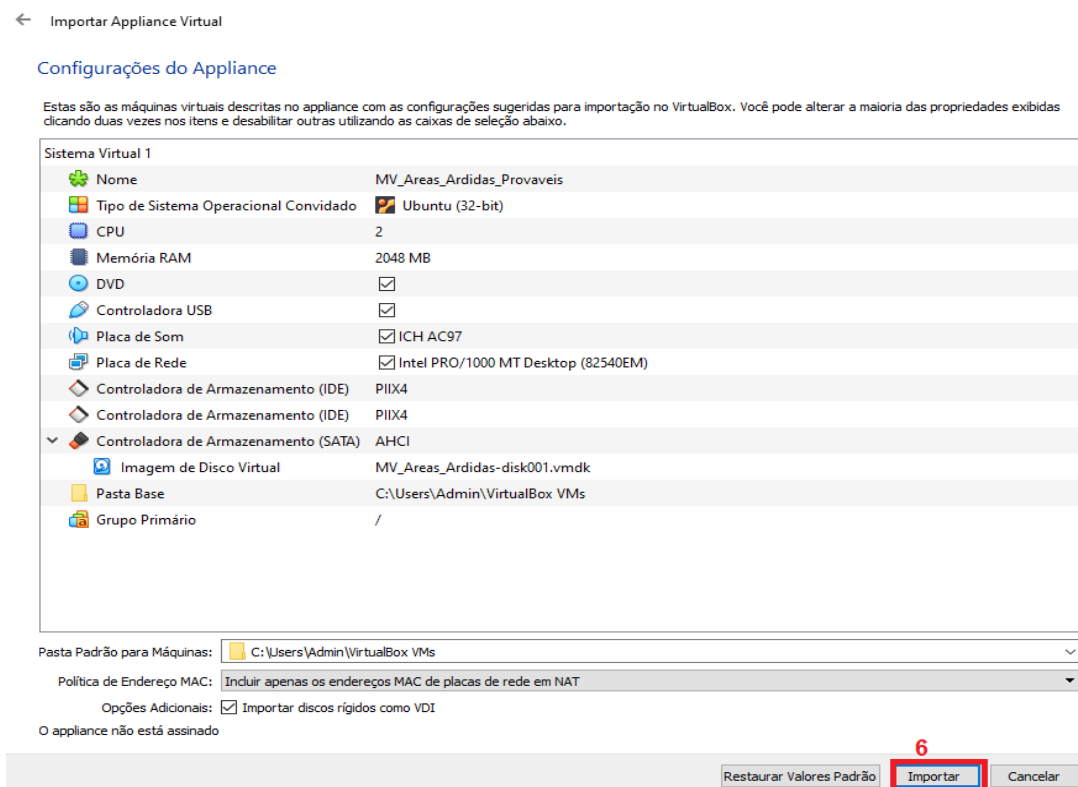


Figura 5. Configuração da máquina virtual antes de importar



### 1.3. Iniciar a Máquina Virtual (MV\_Areas\_Ardidas\_Provaveis) no VirtualBox

Para se iniciar a Máquina Virtual, basta clicarem duas vezes sobre o ícone (MV\_Areas\_Ardidas\_Provaveis), ou em alternativa no botão iniciar (Figura 6.).

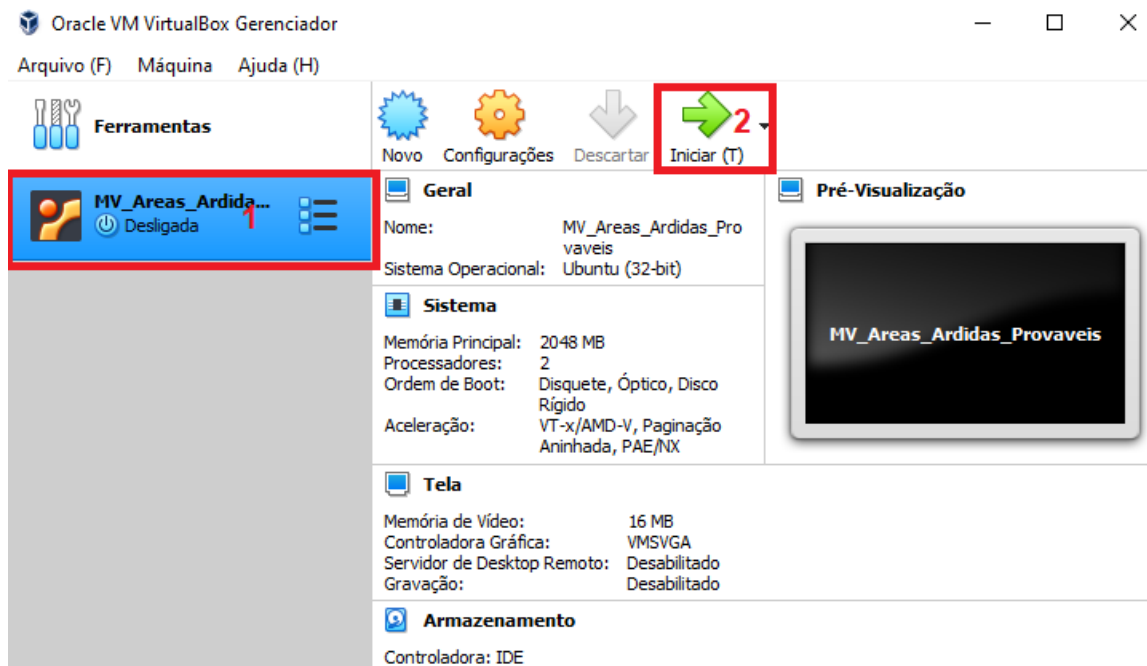


Figura 6. Iniciar a Máquina Virtual (MV\_Areas\_Ardidas\_Provaveis)

### 1.4. Utilização da Ferramenta de Determinação de Áreas Ardidas a Nível Municipal

Para utilizarem a Ferramenta de Determinação de Áreas Ardidas a Nível Municipal basta clicarem no ícone, que se encontra no ambiente de trabalho, e a mesma será aberta, se tiver dúvidas de como a ferramenta funciona cliquem no botão de “Ajuda” da ferramenta, para que possa ver o manual de utilização da ferramenta (Figura 7.).

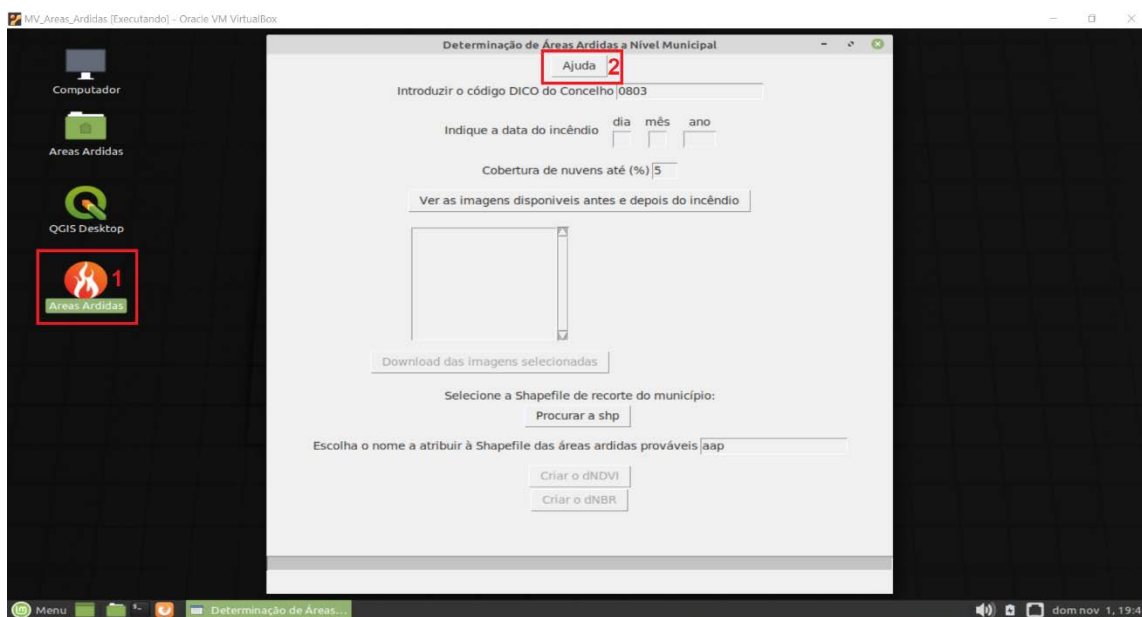


Figura 7. Iniciar a ferramenta de Determinação de Áreas Ardidas a Nível Municipal



## 2. Instalação da Ferramenta de Determinação de Áreas Ardidas a Nível Municipal no sistema operacional Linux Mint

Para os utilizadores que já usam o sistema operacional Linux, e que não pretendem instalar uma máquina virtual, podem configurar o seu sistema operacional para funcionar corretamente com a Ferramenta de Determinação de Áreas Ardidas a Nível Municipal, para tal, é preciso efetuarem o download da pasta “áreas\_ardidas” que contem os códigos da ferramenta e instalar e configurar as livrarias de acordo com os passos abaixo.

### 2.1. Download da pasta áreas\_ardidas com os códigos da ferramenta

Para realizarem o download da pasta das “áreas\_ardidas” com os códigos da Ferramenta de Determinação de Áreas Ardidas a Nível Municipal, devem aceder a <https://drive.google.com/file/d/1XfvKyKHmcDN2IMJtN56nL6CPbgdw7Gzs/view?usp=sharing>. Esta pasta deve ser extraída para a raiz do disco (Figura 8.).



Figura 8. Extrair a pasta das areas\_ardidas para a raiz do disco

### 2.2. Instalação da livraria GDAL para Python3

O GDAL é uma biblioteca de tradução para formatos de dados geoespaciais vetoriais e raster necessária para o funcionamento da ferramenta, para a instalarem basta abrir a consola de linha de comando e escrever o seguinte código: “`sudo apt install python3-gdal`” e em seguida pressionarem a tecla “ENTER”, será pedido para introduzirem a vossa senha e quando lhes for solicitado pressionem a tecla “S” para consentirem a instalação do GDAL (Figura 9.).

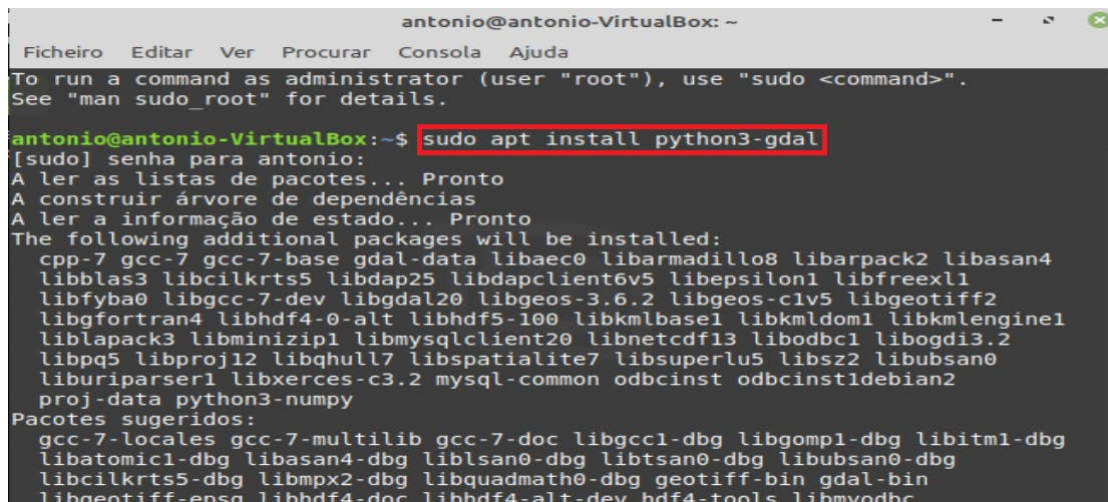
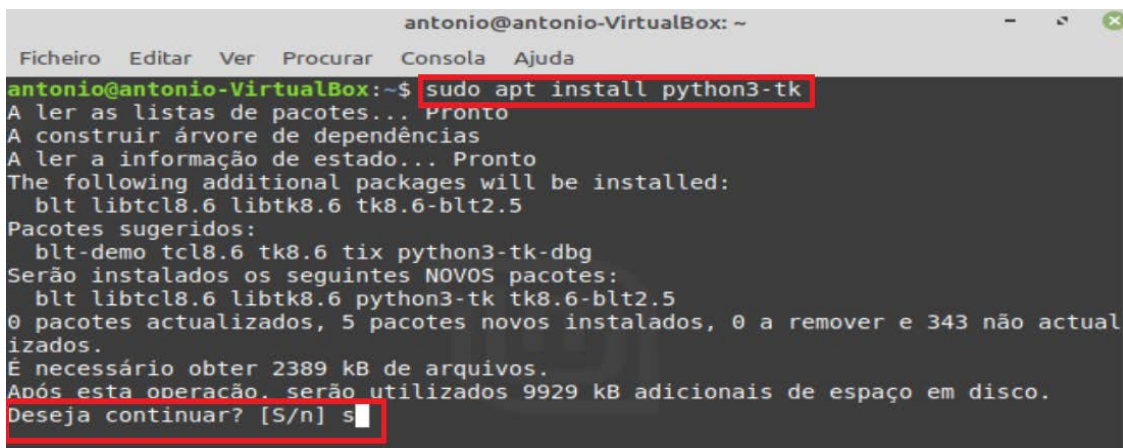


Figura 9. Instalar a livraria GDAL para Python3



### 2.3. Instalação da livreria Tkinter para Python3

Tkinter é uma biblioteca da linguagem Python que permite desenvolverem interfaces gráficas. Esta versão do Linux Mint 19.3 Mate não trás já instalado com o Python3, por isso é preciso instalarem através da consola de linha de comando escreverem “ `sudo apt install python3-tk` ” e em seguida pressionarem a tecla “ENTER” e quando lhes for solicitado pressionem a tecla “S” para consentirem a instalação do Tkinter (Figura 10.).

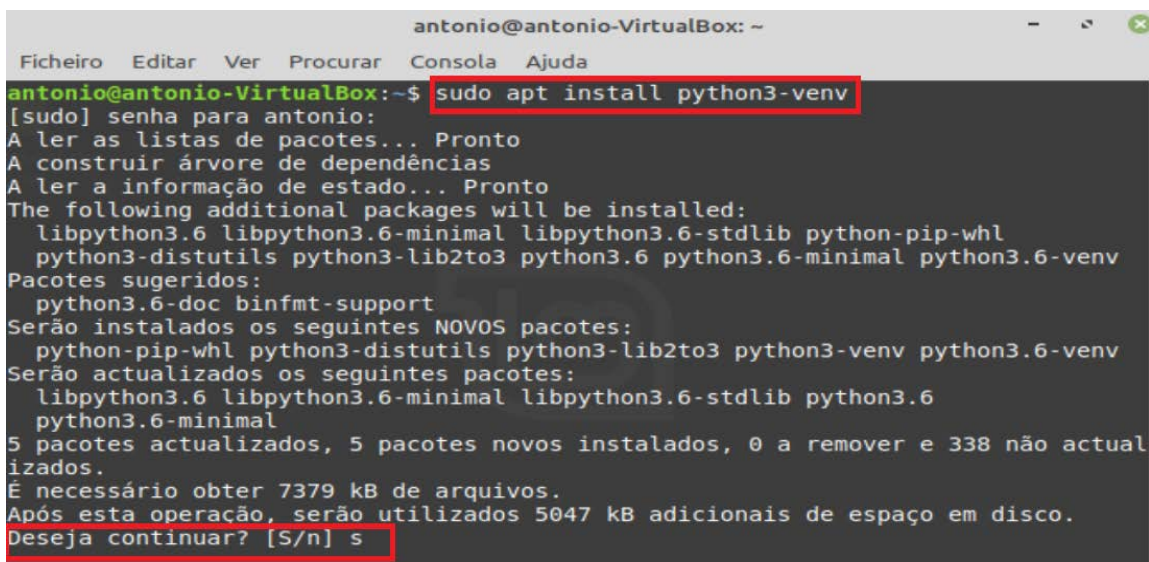


```
antonio@antonio-VirtualBox: ~
Ficheiro Editar Ver Procurar Consola Ajuda
antonio@antonio-VirtualBox:~$ sudo apt install python3-tk
A ler as listas de pacotes... Pronto
A construir árvore de dependências
A ler a informação de estado... Pronto
The following additional packages will be installed:
  blt libtcl8.6 libtk8.6 tk8.6-blt2.5
Pacotes sugeridos:
  blt-demo tcl8.6 tk8.6 tix python3-tk-dbg
Serão instalados os seguintes NOVOS pacotes:
  blt libtcl8.6 libtk8.6 python3-tk tk8.6-blt2.5
0 pacotes actualizados, 5 pacotes novos instalados, 0 a remover e 343 não actualizados.
É necessário obter 2389 kB de arquivos.
Após esta operação, serão utilizados 9929 kB adicionais de espaço em disco.
Deseja continuar? [S/n] s
```

Figura 10. Instalar a livreria Tkinter para Python3

### 2.4. Instalação do módulo de criação de ambientes virtuais venv para Python3

O módulo venv fornece suporte para a criação de “ambientes virtuais” isolados dos directórios de site do sistema, onde cada ambiente virtual tem seu próprio binário Python, para instalarem o modulo através da consola de linha de comando escreverem “ `sudo apt install python3-venv` ” e em seguida pressionem a tecla “ENTER” e quando lhes for solicitado pressionem a tecla “S” para consentirem a instalação do módulo venv (Figura 11.).



```
antonio@antonio-VirtualBox: ~
Ficheiro Editar Ver Procurar Consola Ajuda
antonio@antonio-VirtualBox:~$ sudo apt install python3-venv
[sudo] senha para antonio:
A ler as listas de pacotes... Pronto
A construir árvore de dependências
A ler a informação de estado... Pronto
The following additional packages will be installed:
  libpython3.6 libpython3.6-minimal libpython3.6-stdlib python-pip-whl
  python3-distutils python3-lib2to3 python3.6 python3.6-minimal python3.6-venv
Pacotes sugeridos:
  python3.6-doc binfmt-support
Serão instalados os seguintes NOVOS pacotes:
  python-pip-whl python3-distutils python3-lib2to3 python3-venv python3.6-venv
Serão actualizados os seguintes pacotes:
  libpython3.6 libpython3.6-minimal libpython3.6-stdlib python3.6
  python3.6-minimal
5 pacotes actualizados, 5 pacotes novos instalados, 0 a remover e 338 não actualizados.
É necessário obter 7379 kB de arquivos.
Após esta operação, serão utilizados 5047 kB adicionais de espaço em disco.
Deseja continuar? [S/n] s
```

Figura 11. Instalar o módulo venv para Python3





## 2.7. Utilização da Ferramenta de Determinação de Áreas Ardidas a Nível Municipal

Para utilizar a Ferramenta de Determinação de Áreas Ardidas a Nível Municipal existem duas possibilidades:

### 2.7.1. Abrir a ferramenta através da consola da linha de comandos

Este procedimento de abertura da ferramenta, pode ser usado pelos utilizadores que gostam de ver os processos realizados pela ferramenta, na consola da linha de comandos. Para isso, abrem a consola de linha de comandos e escrevam os seguintes códigos (Figura 14.):

“`cd areas_ardidas`” para acederem à pasta da ferramenta;

“`source env/bin/activate`” para ativarem o ambiente virtual;

“`python -m sentinel`” para abrirem a ferramenta.

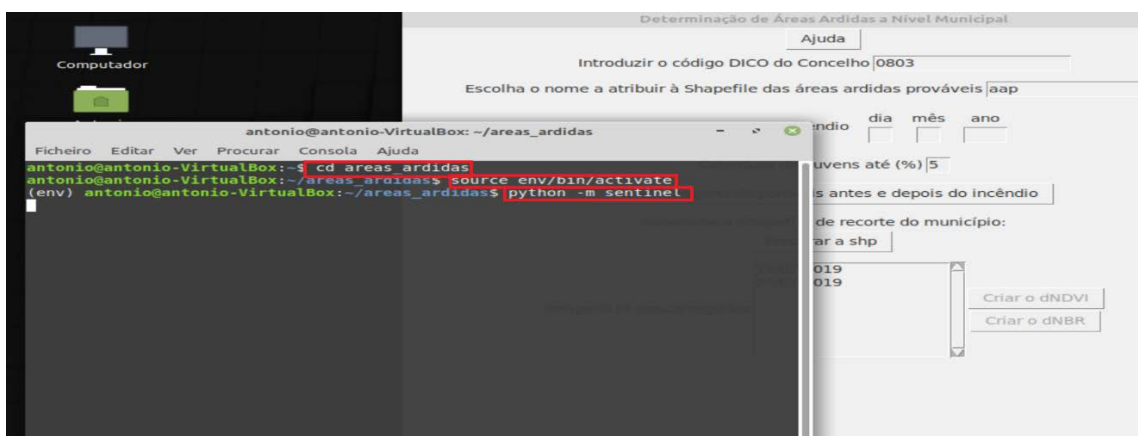


Figura 14. Abrir a ferramenta através da consola da linha de comandos

### 2.7.2. Abrir a ferramenta ao pressionarem o ícone do aplicativo no ambiente de trabalho

Para abrirem a ferramenta através de clicarem no ícone do aplicativo criado no ambiente de trabalho é preciso configurar, para que a ferramenta funcione, para isso, realizem os seguintes passos:

1. Crie um documento novo no ambiente de trabalho (Figura 15.);

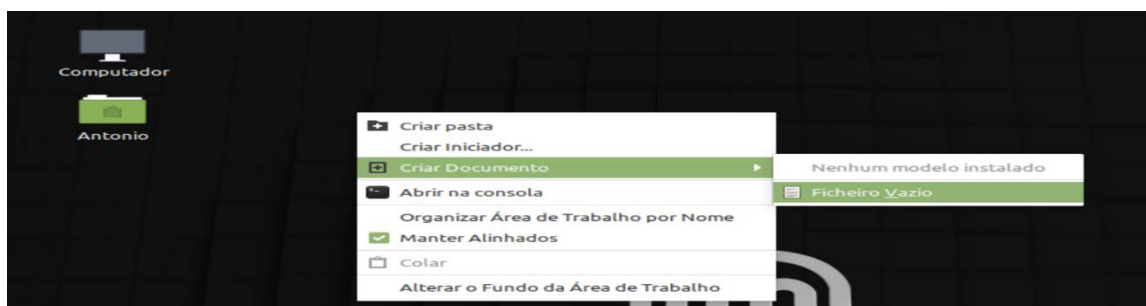


Figura 15. Criar um documento novo no ambiente de trabalho

2. Abram o documento criado e cole o seguinte código (Figura 16.), substituindo o nome do PC, neste exemplo o PC chama-se “antonio” e guarde e feche o documento:

[Desktop Entry]

Name=Areas Ardidas

Type=Application



Exec=/home/antonio/áreas\_ardidas/env/bin/python -m sentinel

Icon=

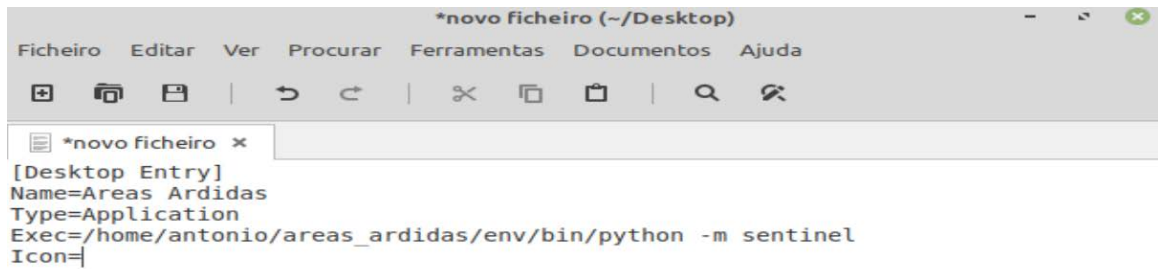


Figura 16. Código para criar um ícone executável

3. Em seguida modifiquem a extensão para .desktop do nome ao documento “Areas Ardidas” (Figura 17.);



Figura 17. Atribuir o nome "Areas Ardidas" e mudar a extensão para desktop

4. Agora é preciso mudarem o arquivo para abrirem como aplicativo, para tal, têm de aceder as propriedades do documento e na aba Permissões marcar “Permitir executar o ficheiro como um programa” (Figura 18.);

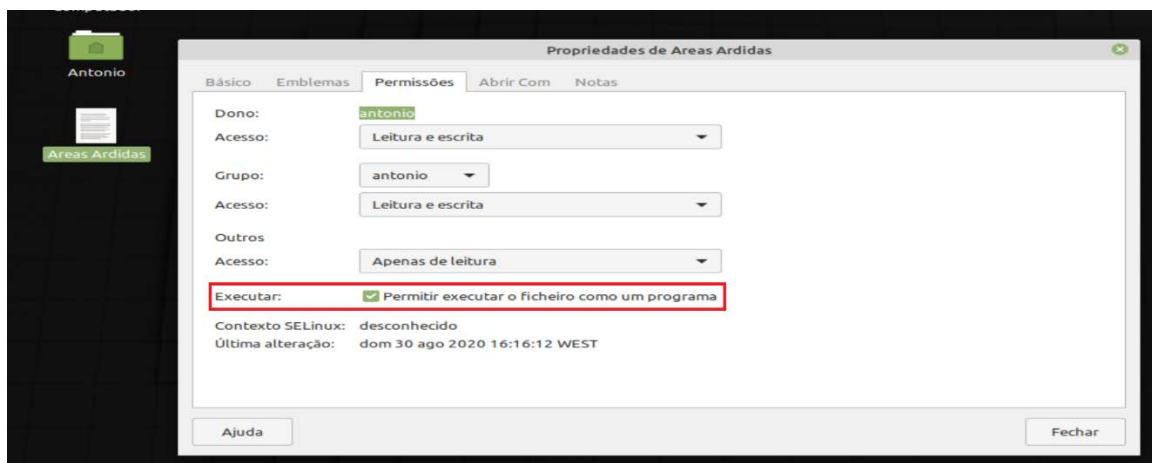


Figura 18. Permitir executar o ficheiro como um programa

5. Agora para que fique mas apelativo vão adicionar uma imagem ao ficheiro, para isso, na aba Básico, cliquem sobre a imagem (Figura 19.) e naveguem até à pasta das “areas\_ardidas” e selecionar a imagem areas\_ardidas.jpg.



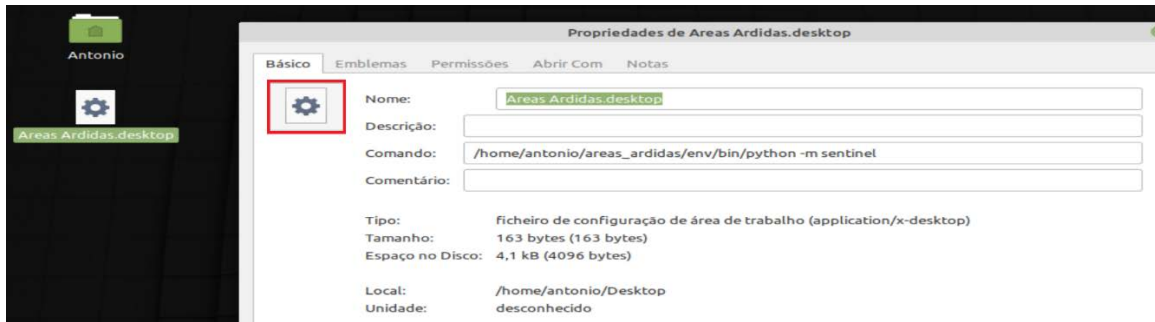


Figura 19. Adicionar uma imagem ao ícone da aplicação da ferramenta

6. Agora é só clicarem no ícone que acabaram de criar para abrir a Ferramenta de Determinação de Áreas Ardidas a Nível Municipal e se tiverem dúvidas de como a ferramenta funciona cliquem no botão de “Ajuda” da ferramenta, para que possam ver o manual de utilização da ferramenta (Figura 20.).

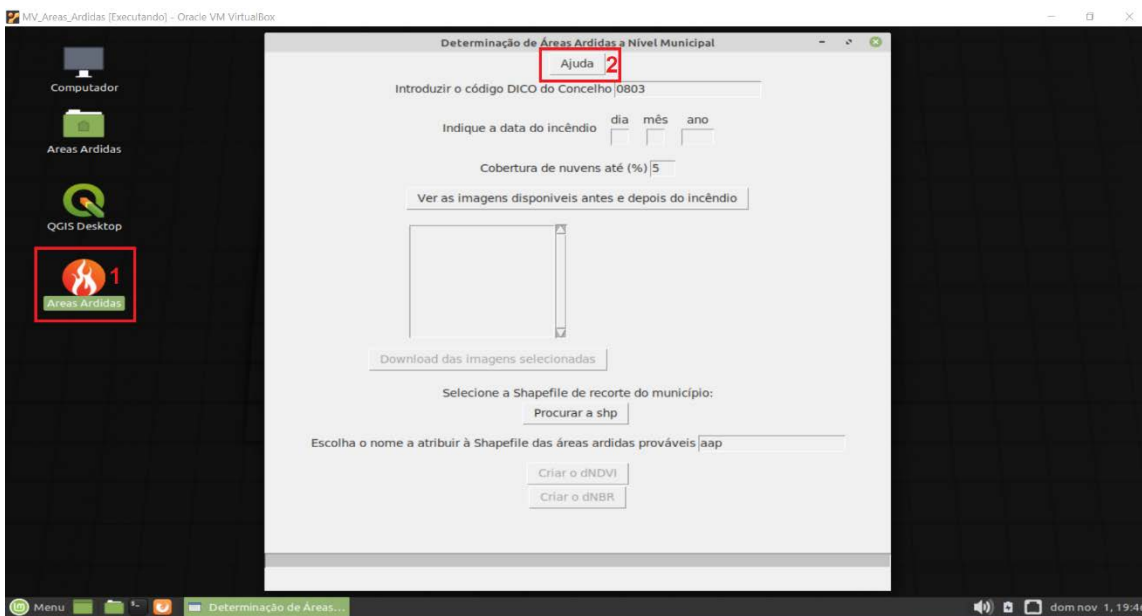


Figura 20. Abrir a ferramenta de Determinação de Áreas Ardidas a Nível Municipal através do ícone criado no ambiente de trabalho







