FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO



Fatores que influenciam a adoção da *Internet of Things* no contexto dos Incêndios Rurais e da Valorização dos Espaços Florestais

Alexandra Fonseca Santos

Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Orientador: Abílio Pereira Pacheco

Coorientador: José Coelho Rodrigues

15 de Outubro de 2020

© Alexandra Fonseca Santos, 2020

Resumo

O setor florestal é para Portugal um setor de elevada importância, pois este é capaz de promover os três pilares da sustentabilidade: económico, social e ambiental. A nível económico tem uma grande importância, visto que tem um peso significativo nas exportações do nosso país bem como pelo facto de possuir indústrias florestais líderes de mercado. A nível social este setor pode dar origem a vários postos de trabalho, principalmente nas zonas menos povoadas do interior do país, contribuindo também para a atração da população para estas zonas do país. A nível ambiental, a floresta é um dos grandes responsáveis pelo ar puro que respiramos e por muita da água potável que ingerimos, é ainda um potencial aliado no combate às alterações climáticas que se fazem sentir cada vez mais.

No entanto, a floresta Portuguesa encontra-se cada vez mais ao desmazelo, os espaços florestais na maior parte das vezes não são geridos, e quando o são não têm uma gestão adequada, deixando os mesmos cada vez mais expostos a possíveis incêndios, não sendo dado o devido valor aos produtos e subprodutos deles provenientes. Posto isto, serão estudadas as duas áreas com grande influência na realidade florestal, a valorização da floresta e os incêndios rurais.

A presente dissertação tem como objetivo central perceber-se de que forma a *Internet of Things* poderá trazer benefícios para a floresta, mais concretamente no que aos incêndios rurais e à valorização destes espaços diz respeito. Numa primeira fase é apresentado um estudo bibliográfico das tecnologias que existem atualmente nesta área, e posteriormente é realizada uma análise qualitativa, auscultando a opinião de especialistas portugueses, sobre quais as áreas onde a aplicação da IoT poderá ser mais vantajosa, dividindo a análise em 4 áreas de aplicação da IoT: valorização da floresta e prevenção, pré-supressão e supressão de incêndios rurais. Cada uma destas áreas de aplicação dá origem a mais duas categorias.

Para se analisar estas entrevistas e extrair conclusões fidedignas, recorreu-se à implementação do método de *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para que fosse possível avaliar as categorias em estudo de uma forma quantitativa. Com base neste método foi possível identificar para cada uma das áreas de estudo a categoria considerada mais promissora para a adoção da IoT. A "Monitorização da Supressão a Incêndios Rurais" inserida no contexto da pré-supressão e supressão a incêndios rurais foi considerada a categoria que mais beneficiaria com a adoção desta tecnologia, seguida da "Floresta Inteligente" inserida na prevenção dos incêndios florestais e por fim a "Indústria Florestal" inserida na valorização dos espaços florestais.

No final, após a seleção das categorias mais promissoras para a adoção da IoT, foi também realizado um estudo mais aprofundado das tecnologias que podem vir a ser usadas, ou já estão em vias de ser implementadas, relativamente às categorias selecionadas. São dados exemplos concretos de aplicações ou tecnologias utilizadas em projetos, relatados em artigos utilizados ao longo do estudo bibliográfico ou até evidenciadas ao longo das entrevistas realizadas neste trabalho.

Abstract

In Portugal the forest sector is of extreme importance as it simultaneously promotes the three pillars of sustainability: the economical, social and environmental ones. In an economical perspective it means great value, once it represents a significant parcel of the country's exports and because our industries are among the market leaders in this field. Socially, the sector may contribute to employment of the population by creating jobs opportunities, especially in less populated localities in the interior of the country, attracting people to those areas. Environmentally, not only the forest is highly responsible for the quality of the air we breathe and the water we use, it also represents a potential ally against climate changes that are increasingly being noticed.

However, Portuguese forest is increasingly being neglected, the forest spaces most of the times aren't managed and when they are it's not done properly, leaving our forest more vulnerable to possible fires, and thus not value forest's products and subproducts in a correct way. That said, four areas involved in this sector will be studied: valuing of the forest and preventing, pre-fighting, and fighting rural fires, each one originating to two additional categories.

The main goal of the present dissertation is to understand how does the Internet of Things (IoT) may bring benefits for the forest, specifically regarding rural fires and the valorization of those areas. This work is divided in two sections, the first where is presented a bibliographic study on the technologies currently available on this field and the second consisting in a qualitative analysis of the categories in which the Internet of Things might be most profitable. To achieve reliable conclusions, Portuguese experts in the field were consulted and their opinions were considered.

In order to analyze the interviews and come to reliable conclusions, the Analytic Hierarchy Process (AHP) method is implemented so the categories in study are evaluated in a quantitative way. Relying on this method it was possible to identify the most promising category in each field respecting IoT implementation. "Monotoring Firefighting" in the context of pre-fire suppression and fire suppression of rural fires was believed to be the most promising category regarding this technologies employment, followed by "Smart Forest" implemented in forest fires prevention and lastly "Forest Industry" applied in forest spaces promotion.

Finally, after selecting the most promising categories for the adoption of IoT, a more extensive study was conducted concerning the technologies applied and the ongoing projects regarding those previously selected categories. Concrete examples of applications or technologies being used in projects or reported in articles are given. Those examples are used throughout the bibliographic study and even highlighted during the interviews conducted in this work.

Agradecimentos

Em primeiro lugar agradeço ao meu orientador Abílio Pereira Pacheco e ao meu coorientador José Coelho Rodrigues, pela dedicação e por todo o apoio que me deram ao longo do desenvolvimento desta dissertação. Agradeço ainda a motivação e confiança depositada em mim para seguir mais longe com este trabalho. Obrigada!

Quero ainda agradecer ao Doutor João Verde (AGIF) pela sugestão do tema que levou ao desenvolvimento desta dissertação, agradeço a disponibilidade e colaboração ao Eng.º Paulo Bessa (AGIF), ao Eng.º Silvino Sousa (ICNF), à Eng.ª Susana Morais (The Navigator Company), ao Eng.º Jorge Cunha (forestWISE), à Prof.ª Fantina Tedim (FLUP), ao Engº Duarte Dias, ao Eng.º André Sá e ao Eng.º Filipe Neves do INESC TEC, os quais se revelaram fundamentais para o sucesso do meu trabalho, por fim agradeço ainda ao INESC TEC e ao ForestWISE por me receberem e pelas oportunidades que me proporcionaram ao desenvolver esta dissertação.

Sem nunca me esquecer, agradeço à minha mãe, que apesar de não estar aqui para me ver terminar o curso que tanto orgulho lhe dei em começar, será sempre a minha maior força e motivo de orgulho! Um obrigada muito especial!

Em seguida, e não menos importante quero agradecer ao meu pai e à minha irmã, que apesar do desgosto que a vida nos proporcionou, cada um, com o seu jeito me souberam dar a força e o apoio necessários para continuar. Aos meus avós maternos, que juntamente com os meus pais me proporcionaram tudo para que hoje pudesse chegar até aqui. Obrigada! Agradeço ainda o apoio da minha madrinha e restante família.

Ao meu namorado, agradeço todo o apoio e toda a dedicação dada, tanto nesta fase como em todos os bons e maus momentos compartilhados nestes últimos anos.

Termino com um agradecimento à minha amiga Catarina Silva por ter estado sempre presente ao longo desta minha caminhada e a todos aqueles que fizeram parte deste meu percurso pela FEUP, em especial ao Dr. Isidro Pereira e à Dr.ª Rosário Macedo por todo o apoio que me deram.

Alexandra Fonseca Santos

"Nas grandes batalhas da vida, o primeiro passo para a vitória é o desejo de vencer"

Mahatma Gandhi

Conteúdo

1 Introdução **1**
- 1.1 Contexto . . . 1
- 1.2 Motivação . . . 4
- 1.3 Objetivos . . . 5
- 1.4 Estrutura da Dissertação . . . 5

2 Revisão da Literatura **7**
- 2.1 *Internet of Things* . . . 7
  - 2.1.1 Sistema Ciber-Físico e Arquitetura . . . 8
  - 2.1.2 Possíveis Aplicações . . . 10
  - 2.1.3 Desafios à Adoção . . . 11
- 2.2 Valorização dos Espaços Florestais . . . 12
- 2.3 Os Incêndios Rurais . . . 13
  - 2.3.1 Prevenção . . . 15
  - 2.3.2 Pré-Supressão . . . 15
  - 2.3.3 Supressão e Pós-fogo . . . 16
- 2.4 Estudo e Análise de Aplicações IoT neste contexto . . . 17
  - 2.4.1 Indústria Florestal . . . 18
  - 2.4.2 Pragas e Doenças . . . 19
  - 2.4.3 Floresta Inteligente . . . 20
  - 2.4.4 Tratamento e Gestão de Combustíveis . . . 22
  - 2.4.5 Preparação das Comunidades . . . 23
  - 2.4.6 Deteção de Incêndios Rurais . . . 24
  - 2.4.7 Monitorização da Supressão a Incêndios Rurais . . . 26
  - 2.4.8 Segurança e Saúde dos Combatentes . . . 27

3 Métodos **29**
- 3.1 Caracterização dos Espaços Florestais em Portugal . . . 29
- 3.2 *Expert Elicitation* . . . 29
- 3.3 *Multiple Criteria Decision Analysis* (MCDA) . . . 30
  - 3.3.1 *Analytic Hierarchy Process* (AHP) . . . 31
- 3.4 Aplicação prática do caso em Estudo . . . 34
  - 3.4.1 Implementação Hierárquica do Problema . . . 35
- 3.5 Recolha de Dados . . . 36
  - 3.5.1 Questionário . . . 37
  - 3.5.2 *Software Expert Choice* . . . 39

4 Resultados e Discussão **43**
4.1 Entrevistas com Especialistas 43
4.2 Categorias mais Promissoras à Adoção da *Internet of Things* 49
4.3 Discussão dos Resultados 51

5 Conclusão **55**
5.1 Limitações 57
5.2 Trabalho Futuro 57

Referências **59**

A Informação sobre os Artigos Estudados **67**

B Métodos **71**
B.1 *Expert Elicitation* 71
B.2 Métodos de MCDA 77

C Apresentação do Questionário Utilizado para o Método AHP **81**

D Resumos da Informação Recolhida de Especialistas **87**
D.1 Representante da Agência para a Gestão Integrada de Fogos Rurais 87
D.2 Investigador de Engenharia Biomédica 90
D.3 Representante de Proprietários Florestais 94
D.4 Engenheiro Florestal na Área da Investigação Aplicada 97
D.5 Investigador da Aplicação de Robótica na Floresta 100
D.6 Gerente de Desenvolvimento de negócios na Área Florestal 103
D.7 Coordenador de Prevenção Estrutural 109
D.8 Investigador no Centro de Geografia e Ordenamento do Território 112
D.9 Exemplo da Importância da 2º Entrevista 116

E Categorias Consideradas mais Promissora para Adoção IoT **117**

F Exemplos de Projetos Recorrendo à Adoção de IoT **121**
F.1 Bee2FireDetection 121
F.2 GeoForest 122
F.3 BIOTECFOR 123
F.4 GOTECFOR 123

G Contextualização Segundo a Opinião de José Miguel Cardoso Pereira **125**
G.1 Estado Atual da Floresta 125
G.2 Proposta Técnica para um Plano Nacional de Defesa da Floresta contra Incêndios 126
G.3 Os Incêndios em Portugal 128
G.3.1 A Origem dos Incêndios 128
G.3.2 O Pico dos Fogos Florestais 128
G.3.3 A "Preferência" dos Fogos 129
G.3.4 As Diferentes Abordagens na Supressão aos Incêndios 130
G.3.5 O Mito de que o Eucalipto Seca Tudo à sua Volta 131
G.3.6 O Papel da Silvicultura em Portugal 132

Lista de Figuras

1.1 Distribuição por uso e ocupação do solo retirados do IFN6 (ICNF, 2019a) 2
1.2 Tipo de formações florestais retirados do IFN6 (ICNF, 2019a) 2
1.3 Evolução do número de ocorrências e da área ardida desde 2009 (Departamento de Gestão de Fogos Rurais, 2019) 3
1.4 Distribuição da área ardida (ha) por tipo de ocupação do solo desde 2009 (Departamento de Gestão de Fogos Rurais, 2019) 4

2.1 Integração da IoT e CPS (Lin et al., 2017) 8
2.2 Arquitetura baseada em cinco camadas 10
2.3 Distribuição da área ardida em 2017 em diferentes grupos de ocupação do solo . 14
2.4 Distribuição da área florestal ardida em 2017 pelos vários tipos de floresta 15
2.5 Distribuição das oito categorias pelas áreas de estudo 17
2.6 Linha de tendência obtida na relação entre o número de artigos e o ano de publicação 17
2.7 Processo logístico associado à Indústria Florestal 18
2.8 Arquitetura da IoT aplicada à floresta adaptada de Gabrys (2020) 21

3.1 Estrutura hierárquica utilizada na aplicação do método de AHP, retirada do *Software Expert Choice* 36
3.2 Exemplo da comparação entre pares das várias categorias 38
3.3 Exemplo da comparação entre pares dos vários desafios, oportunidades e discordâncias em relação a cada categoria 38
3.4 Escala utilizada no preenchimento do questionário 39
3.5 Comparação entre dois elementos no questionário realizado 40
3.6 Comparação entre dois elementos no *Software Expert Choice* 40

4.1 Pontuação atribuída por cada especialista, análise estatística das respostas e quantidade de vezes que cada pontuação é atribuída a cada categoria 44
4.2 Resultados obtidos para os pesos atribuir aos parâmetros: Desafios, Oportunidades e Discordâncias, associados a uma inconsistência de 4% 49
4.3 Análise individual para cada uma das oito categorias, sendo que a escala à direita diz respeito à Inconsistência e a escala à esquerda aos Desafios, Oportunidades e Discordâncias 50
4.4 Resultados obtidos para os pesos atribuir a cada uma das categorias, com inconsistência apresentada a tracejado (4%) 51

B.1 Associação de valores a palavras probabilísticas (adaptado de (Morgan, 2014)) . 72
B.2 Gama de valores de probabilidade subjetiva (adaptado de (Morgan, 2017)) 74
B.3 Sequência do modelo Delphi adaptada de Wright e Giovinazzo (Wright e Giovinazzo, 2000) 77

B.4 Estrutura hierárquica do método AHP 79

F.1 Ciclo de atuação na agricultura/ floresta retirado de (INESCTEC, 2020) 121

Lista de Tabelas

3.1 Matriz de comparação 32
3.2 Escala fundamental de Saaty baseada em (Saaty, 1994). 33
3.3 Valores de RI consoante o número de critérios ou alternativas (n). 34
3.4 Correspondência entre a escala utilizada no questionário e a escala utilizada no *Software Expert Choice* 40

A.1 Artigos analisados provenientes da dissertação de Mendonça (2019) 68
A.1 Artigos analisados provenientes da dissertação de Mendonça (2019) (cont.) . . . 69
A.2 Artigos analisados não incluídos na dissertação de Mendonça (2019) 70

B.1 Comparação entre o método AHP e MAUT, baseado de (Velasquez e Hester, 2013; Ishizaka e Nemery, 2013; Gass, 2005) 78

D.1 Resumo de todas as entrevistas ao representante da agência para a gestão integrada de fogos rurais 89
D.1 Resumo de todas as entrevistas ao representante da agência para a gestão integrada de fogos rurais (cont.) 90
D.2 Resumo de todas as entrevistas ao investigador de engenharia biomédica 92
D.2 Resumo de todas as entrevistas ao investigador de engenharia biomédica (cont.) . 93
D.2 Resumo de todas as entrevistas ao investigador de engenharia biomédica (cont.) . 94
D.3 Resumo de todas as entrevistas ao representante de proprietários florestais 96
D.3 Resumo de todas as entrevistas ao representante de proprietários florestais (cont.) 97
D.4 Resumo de todas as entrevistas ao engenheiro florestal na área da investigação aplicada 99
D.4 Resumo de todas as entrevistas ao engenheiro florestal na área da investigação aplicada (cont.) 100
D.5 Resumo de todas as entrevistas ao investigador da aplicação da robótica na floresta 102
D.5 Resumo de todas as entrevistas ao investigador da aplicação da robótica na floresta (cont.) 103
D.6 Resumo de todas as entrevistas ao gerente de desenvolvimento de negócios na área florestal 106
D.6 Resumo de todas as entrevistas ao gerente de desenvolvimento de negócios na área florestal (cont.) 107
D.6 Resumo de todas as entrevistas ao gerente de desenvolvimento de negócios na área florestal (cont.) 108
D.7 Resumo de todas as entrevistas ao coordenador de prevenção estrutural 111
D.7 Resumo de todas as entrevistas ao coordenador de prevenção estrutural (cont.) . . 112
D.8 Resumo de todas as entrevistas ao investigador no centro de geografia e ordenamento do território 114

D.8 Resumo de todas as entrevistas ao investigador no centro de geografia e ordenamento do território (cont.) 115

E.1 Compilação de toda a informação reunida em torno da categoria "Monitorização da Supressão a Incêndios Rurais" 118
E.2 Compilação de toda a informação reunida em torno da categoria "Floresta Inteligente" 119
E.3 Compilação de toda a informação reunida em torno da categoria "Indústria Florestal" 120

Abreviaturas e Símbolos

2G	Sistemas de telecomunicações de segunda geração
3G	Sistemas de telecomunicações de terceira geração
4G	Sistemas de telecomunicações de quarta geração
AGIF	Agência para a Gestão Integrada de Fogos Rurais
AHP	*Analytic Hierarchy Process* (Método de Análise Hierárquica)
CPS	*Cyber-Physical Systems* (Sistemas Ciber-Físicos)
CIM's	Comunidades Intermunicipais
COS	Carta de Uso e Ocupação do Solo
CTI	Comissão Técnica Independente
DIR	Deteção de Incêndios Rurais
EPI's	Equipamentos de Proteção Individual
EUA	Estados Unidos da América
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
FI	Floresta Inteligente
ForestWISE	Laboratório Colaborativo para Gestão Integrada da Floresta e do Fogo
GIS	*Geographic Information System* (Sistema de Informação Geográfica)
GPS	*Global Positioning System* (Sistema de Posicionamento Global)
ha	Hectare
ICNF	Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas
IF	Indústria Florestal
IFN6	6º Inventário Florestal Nacional
INESC TEC	Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, Tecnologia e Ciência
IoT	*Internet of Things* (*Internet* das Coisas)
km	Quilómetro
LiDAR	*Light Detection And Ranging*
m	Metro
MAUT	*Multi-Attribute Utility Theory*
MCDA	*Multiple Criteria Decision Analysis* (Análise de Decisão Multi-Critério)
MSIR	Monitorização e Supressão de Incêndios Rurais
OPF	Organizações de Produtores Florestais
PC	Preparação das Comunidades
PD	Pragas e Doenças
PNGIFR	Plano Nacional de Gestão Integrada de Fogos Rurais
REN	Redes Energéticas Nacionais
RFID	*Radio Frequency Identification*
SGIF	Sistema de Gestão de Informação de Incêndios Florestais
SIRESP	Sistema Integrado de Redes de Emergência e Segurança de Portugal
SoA	*Service-oriented Architecture*

SSC	Segurança e saúde dos Combatentes
TEC4AGRO-FOOD	Área de Inovação para os Setores Agrícolas, Agroalimentar e Florestal
TGC	Tratamento e Gestão de COmbustíveis
UAV	*Unmmaned aerichal vehicle*
WSN	*Wireless Sensor Network* (Rede de Sensores sem fios)

Capítulo 1

Introdução

No presente capitulo é apresentada a contextualização do tema desta dissertação, a Floresta. Esta contextualização tem por base fundamental as varias entrevistas de José Miguel Cardoso Pereira disponíveis na Antena 2 Ciência, que estão resumidas para uma melhor compreensão, no apêndice G. São ainda expostos os motivos e objetivos que levam à elaboração desta dissertação, bem como a estrutura da mesma.

1.1 Contexto

Os espaços florestais ocupam cerca de 6,2 milhões de hectares (69,4%) do território nacional continental, sendo o setor florestal responsável pela criação de cerca de 94,3 mil postos de trabalho diretos e indiretos, dos quais 68,7 mil representam postos de trabalho diretos no setor primário e de indústrias transformadoras de base florestal. O setor florestal possui ainda uma grande importância económica, representando desde 2000 cerca de 10% das exportações em Portugal, esta importância económica deve-se às diversas atividades resultantes das fileiras florestais, nomeadamente a fileira da madeira e do mobiliário, a fileira da pasta, do papel e cartão, a fileira da resina, a fileira da cortiça e a fileira da biomassa para energia (ICNF, 2020, 2018).

O Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF) define o termo floresta como um terreno composto por uma área mínima de 0,5 ha e largura mínima de 20 m, com árvores florestais com uma altura mínima de 5 m e um grau de coberto mínimo de 10%, ou com capacidades para atingir esses limiares in situ (ICNF, 2019b). A floresta, a qual engloba terrenos arborizados e temporariamente não arborizados, como zonas ardidas e em regeneração, ou superfícies cortadas, representa segundo as informações retiradas do ultimo Inventário Florestal Nacional o principal uso do solo nacional, cobrindo cerca de 36% do território (Figura 1.1).

Os inventários florestais nacionais detetam desde 1995 uma tendência de diminuição da área florestal, sendo que desde 2015 esta situação vem a ser invertida com o aumento de 60 mil ha (1,9%) face ao ultimo registo (2010). A floresta em Portugal encontra-se distribuída essencialmente em quatro grandes grupos, sendo estes os pinhais, composto por pinheiro-bravo e pinheiro-manso, os montados de sobreiro e azinheira (folhosas perenifólias), os carvalhos e castanheiros

(folhosas caducifólias) e os eucaliptais (folhosas silvo-industriais), como apresentado na figura 1.2. Contudo são os matos e pastagens que representam um aumento continuo desde 1995, representando assim a segunda categoria mais significativa do uso do solo com cerca de 31%.

Com base em cerca de 12 mil pontos de amostragem distribuídos ao longo de todo o território nacional com o objetivo de fazer o levantamento das características do terreno para o 6º Inventário Florestal Nacional (IFN6), é possível verificar quais as categorias mais expressivas por uso e ocupação dos solos como mostra a figura 1.1.

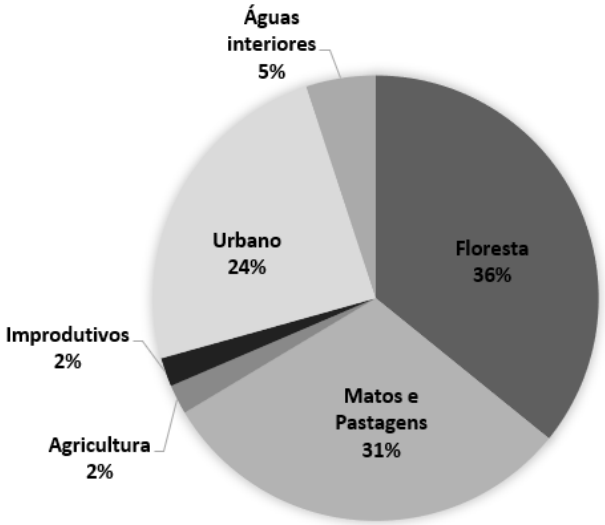


Figura 1.1: Distribuição por uso e ocupação do solo retirados do IFN6 (ICNF, 2019a)

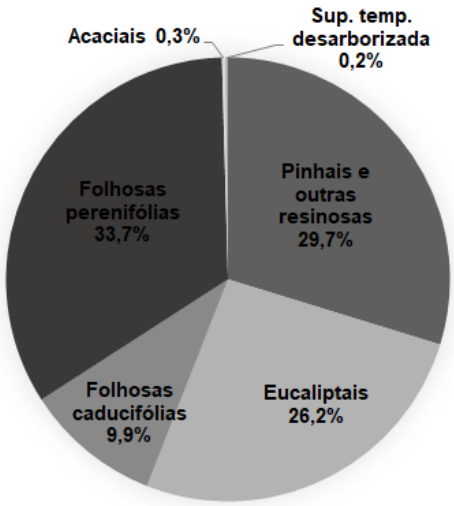


Figura 1.2: Tipo de formações florestais retirados do IFN6 (ICNF, 2019a)

Portugal enfrenta agora grandes desafios, devido às alterações climáticas, ao envelhecimento e ao despovoamento das zonas rurais, é cada vez mais comum o estado de abandono de muitas

propriedades florestais e agrícolas e notória a acumulação de elevada carga de combustível. Todas estas situações tornam propícia a ocorrência de incêndios rurais de grande proporção e de elevada complexidade, sendo que estes representam uma séria ameaça à floresta e consequentemente um dos principais obstáculos para o desenvolvimento sustentável tanto a nível económico como social do país. O ano de 2017 foi aquele em que houve uma maior área de floresta ardida no nosso país, apesar de o numero de ignições estar na sexta posição, no período compreendido entre o ano de 2009 e a atualidade. Segundo o Sistema de Gestão de Informação de Incêndios Florestais (SGIF) registaram-se nesse ano um total de 19 105 ocorrências que resultaram em 537 143 hectares de área ardida de espaços florestais (Departamento de Gestão de Fogos Rurais, 2019).

No relatório de incêndios rurais referentes a 2019 é possível analisar a evolução do número de ocorrências e da área ardida desde 2009, verificando-se que o ano de 2019, comparando com o histórico dos últimos 10 anos, apresenta o 2º valor mais reduzido do número de ocorrências e verifica-se pela 1º vez uma redução da área ardida em dois anos consecutivos, como descrito na figura 1.3. Observando agora a figura 1.4, conclui-se que nos últimos 3 anos a tendência de que os incêndios consomem mais áreas de matos e pastagens do que floresta vem a ser contrariada, verificando-se um aumento da proporção de floresta ardida (Departamento de Gestão de Fogos Rurais, 2019).

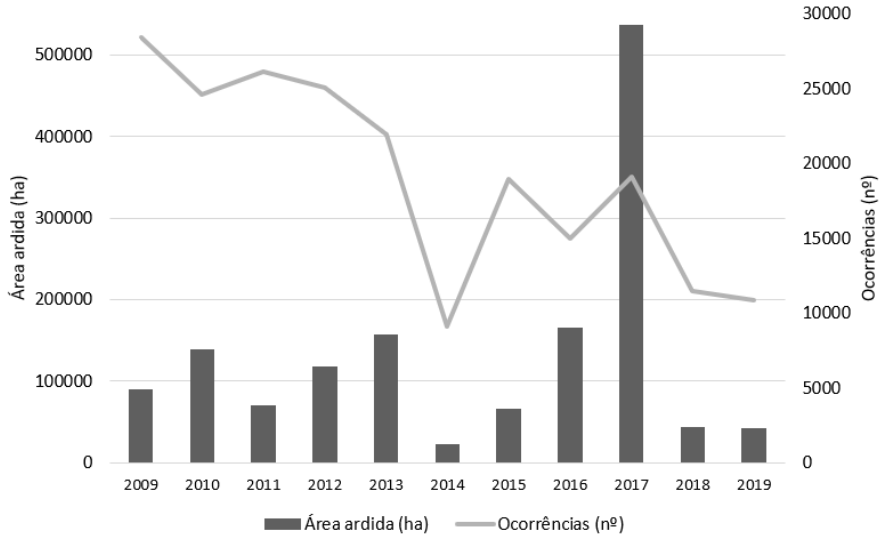


Figura 1.3: Evolução do número de ocorrências e da área ardida desde 2009 (Departamento de Gestão de Fogos Rurais, 2019)

Face à situação que tem vindo a ocorrer, Portugal aprovou recentemente o Plano Nacional de Gestão Integrada de Fogos Rurais (PNGIFR), uma estratégia a dez anos que tem como principal objetivo reduzir para metade a área ardida em Portugal até 2030, o que demonstra a grande preocupação atual com a prevenção de incêndios rurais e consequente valorização dos espaços florestais. Cada vez mais, não só em Portugal como a nível global, a floresta é vista como um símbolo da natureza e biodiversidade e por isso a promoção de modelos inovadores de gestão florestal que permitam gerar actividades económicas a partir dos subprodutos florestais, o incentivo à gestão

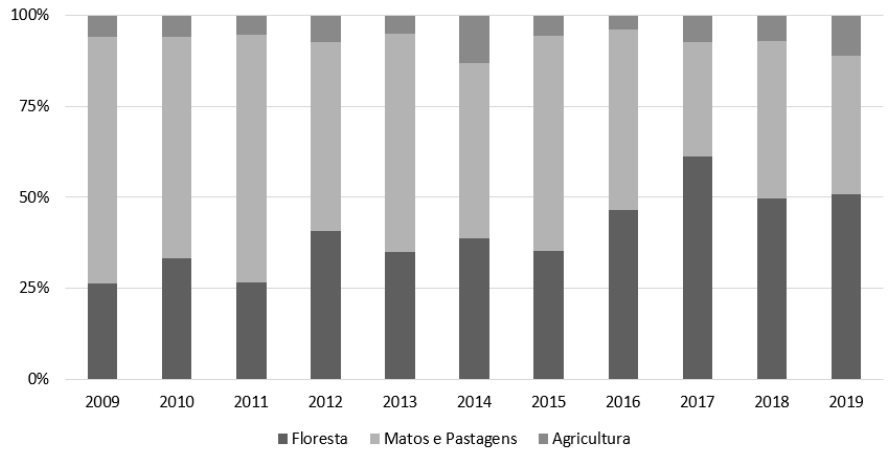


Figura 1.4: Distribuição da área ardida (ha) por tipo de ocupação do solo desde 2009 (Departamento de Gestão de Fogos Rurais, 2019)

florestal conjunta, ou a recuperação da resiliência da floresta através do uso de novas tecnologias, são algumas das hipóteses abordadas para melhorar a valorização e resiliência dos espaços florestais.

1.2 Motivação

Os incêndios florestais são cada vez mais um motivo de grande preocupação na sociedade. Depois do flagelo causado pelos incêndios de 2017 em Portugal, considerado como a catástrofe mais mortal dos últimos anos, fez com que ninguém ficasse indiferente ao estado deplorável em que o país se encontrava. A repetição de situações como esta, com tão graves consequências são completamente inaceitáveis, sendo por isso necessário tomar medidas e alertar a população, a fim de diminuir o risco dos incêndios florestais.

Atualmente, a floresta em Portugal encontra-se cada vez mais numa situação de abandono e a resolução dos incêndios nunca passará apenas pelos meios de supressão, sendo portanto essencial encontrar medidas estratégicas, com a finalidade de alcançar uma possível revitalização das zonas mais abandonadas do país e de uma reordenação da floresta. Este é um desafio que abrange não só instituições publicas e privadas mas também todos os cidadãos em geral.

Tendo em conta este paradigma, é portanto fundamental criar medidas de ação preventiva. Estas remetem-nos para a questão da utilização de tecnologia inovadora neste setor, quer para a prevenção de incêndios, quer para a valorização da floresta. A ideia de conseguir ter tudo interligado, de obter dados em tempo real e a partir destes, tomar decisões poderia vir a ser essencial para os modelos de gestão aplicados à floresta. Por outras palavras este conceito, a *Internet of Things*, compreende uma vasta rede de dispositivos digitais, como por exemplo sensores, capazes de recolher e transmitir dados através da Internet, sendo assim possível gerir e monitorizar operações nas mais diversas áreas.

Neste contexto surge então uma questão fundamental: Será a *Internet of Things* uma mais valia para o setor florestal?

1.3 Objetivos

O tema da presente dissertação surge no seguimento da dissertação Mitigação dos incêndios rurais e valorização dos espaços florestais com recurso à *Internet of Things* realizada por Mendonça (2019), em que é realizado um estudo aprofundado do estado da arte mas onde as conclusões retiradas são pouco objetivas, surgindo assim o interesse em conduzir um estudo mais aprofundado da opinião de especialistas bem como apresentar aplicações concretas da *Internet of Things* no setor florestal e quais as áreas que poderiam beneficiar mais com esta implementação.

O objetivo desta dissertação consiste assim em avaliar de que forma o recurso à *Internet of Things*, também designada por IoT, pode contribuir para atenuar os riscos impactantes provocados pelos fogos rurais e a valorização dos espaços florestais, uma vez que se continua a insistir muito numa ação reativa com foco apenas na supressão e a desprezar uma abordagem preventiva, quando estas duas medidas se deveriam completar paralelamente. Neste enquadramento surge a questão de investigação: Quais as áreas onde a *Internet of Things* poderá ter um maior impacto?

Ao longo deste trabalho foram realizadas diversas entrevistas com especialistas para perceber de que forma a IoT já se encontra presente no setor florestal e de que forma poderíamos introduzir esta realidade no nosso país. Esta recolha de opinião e informação será fundamental para o sucesso do trabalho uma vez que são pessoas que têm uma vasta experiência em diversas áreas deste setor. O recurso à metodologia *Expert Elicitation* foi utilizado como um guião e ponto de partida para a realização destas entrevistas. Sendo que um dos objetivos desta dissertação é perceber qual das áreas estudadas sairá mais privilegiada com a adoção da IoT, recorreu-se à análise de decisão multicritério (*MAUT - Multi-Attribute Utility Theory*), a qual permitiu a parametrização das áreas em estudo e assim perceber aquela que é mais promissora para adoção da *Internet of Things*.

Assim, durante o desenvolvimento da presente dissertação pretende-se encontrar estratégias que, utilizando IoT, permitam fazer uma maior e melhor prevenção dos incêndios rurais, sendo certo que estes nunca acabarão, mas procurar reduzir assim os seus efeitos, para que se possa também valorizar cada vez mais a nossa floresta.

1.4 Estrutura da Dissertação

Este documento é constituído por 5 capítulos. No presente capítulo, é abordado o contexto, bem como a motivação e objetivos que levaram à realização desta dissertação.

No capítulo 2, são retratados os conceitos chave para este trabalho, nomeadamente a *Internet of Things*, a valorização da floresta e a prevenção, a pré-supressão e a supressão a incêndios rurais. Ainda neste capítulo, é apresentada uma análise crítica da aplicação da IoT no contexto dos incêndios rurais e da valorização dos espaços florestais.

No capítulo 3, é apresentada a metodologia utilizada, especificamente a metodologia de *Expert Elicitation* e o método de *Analytic Hierarchy Process*. São apresentadas também todas as fases que envolveram esta dissertação, desde a forma como foram reunidos e tratados os dados aqui utilizados, como todas as decisões tomadas ao longo da sua realização.

No capítulo 4, são apresentados os resultados obtidos aquando da realização das entrevistas e os resultados obtidos depois da aplicação do método de AHP com recurso ao *software Expert Choice*.

Por fim, no capítulo 5, são apresentadas as conclusões do trabalho desenvolvido e são apresentadas as limitações encontradas e eventuais desenvolvimentos futuros.

Capítulo 2

Revisão da Literatura

Neste capítulo são retratados os conceitos base onde o tema desta dissertação se insere, inicialmente é feita uma caracterização da *Internet of Things* e posteriormente é dada uma explicação dos conceitos nos quais a IoT será aplicada, a valorização da floresta, a prevenção, a pré-supressão e a supressão dos incêndios rurais. Para cada uma das áreas em estudo foram ainda desenvolvidas mais duas categorias com o intuito de proporcionar uma melhor e mais detalhada análise. Posto isto é ainda realizada uma análise critica da aplicação da IoT para cada uma das categorias, e uma análise da evolução e da importância deste tema através da literatura usada.

2.1 *Internet of Things*

A fim de perceber o significado da expressão *Internet of Things*, também conhecido pelo acrónimo IoT, nada como inicialmente perceber o sentido literal das palavras que a constituem e o seu significado intrínseco.

A palavra Internet é usada para identificar a relação existente entre duas ou mais redes informáticas interligadas entre si, as quais possibilitam o acesso a toda a espécie de informação, acedida por qualquer tipo de utilizador, enquanto que a *Internet of Things* é caracterizada por uma rede, na qual existe a capacidade de interligar, comunicar com dispositivos ou objetos utilizados no quotidiano, através da Internet e do uso de protocolos de comunicação. Assim, podemos caracterizar a *Internet of Things* como a Internet das coisas, sendo que as "coisas" podem ser designadas de itens que se dividem em substâncias e produtos, portanto a *Internet of Things* é na verdade a Internet das "informações dos produtos", ou seja, a informação que está relacionada com o produto e que flui na rede global partilhada (Huang e Li, 2010).

Hoje em dia esta realidade da IoT, já se encontra representada em veículos, semáforos, eletrodomésticos, câmaras de vigilância entre outros exemplos. A IoT proporciona a interação entre os mais variados dispositivos e objetos, os quais possuem características únicas e identificáveis para que o seu acesso à Internet seja exclusivo. Normalmente estes objetos físicos estão equipados com etiquetas de identificação por radiofrequência (RFID), ou por códigos de barras, os quais podem

ser detectados pelos dispositivos de sensores inteligentes a fim de reunirem uma ampla quantidade de dados (Khan et al., 2012).

O objetivo deste universo IoT é criar uma melhoria continua no mundo que nos rodeia, desenvolvendo serviços automatizados que consigam antecipar atempadamente possíveis incidentes do dia a dia, trazendo de facto melhorias significativas às diferentes atividades do ser humano. No entanto a *Internet of Things* enfrenta grandes desafios nomeadamente na sua implementação e, em especial, no campo da segurança.

2.1.1 Sistema Ciber-Físico e Arquitetura

A *Internet of Things* tem como finalidade a interligação de diversos dispositivos inteligentes com capacidade de colaboração entre si, o que poderá fazer com que um conjunto de sensores funcione como um todo, sendo capazes de atuar diretamente no ambiente em que se encontram. A cooperação entre componentes computacionais e físicos, isto é, o uso de sistemas ciber-físicos (CPS), permite através da IoT, uma forte ligação entre o mundo computacional e o mundo físico envolvente. Contudo, estes dois termos, o CPS e a IoT, são ainda muitas vezes confundidos um com o outro (Lin et al., 2017).

Os sistemas ciber-físicos (CPS) tem como principal objetivo gerir o estado de informação presente nos dispositivos físicos, com o intuito de garantir operações seguras, eficientes e inteligentes nos mesmos. Os CPS's são constituídos por três camadas:

Camada de sensores/atuadores - usada para recolher dados em tempo real e executar comandos;

Camada de comunicação - usada para fornecer dados para à camada superior e comandos à camada inferior;

Camada de aplicação - usada para analisar a informação através dos dados obtidos e tomar decisões;

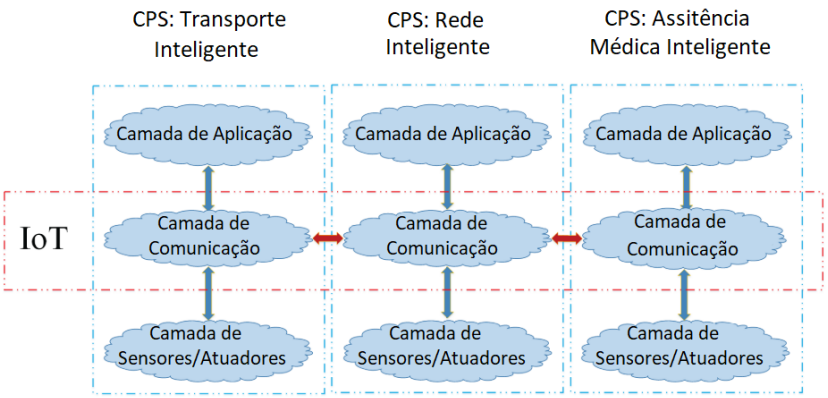


Figura 2.1: Integração da IoT e CPS (Lin et al., 2017)

A figura 2.1 ilustra as três camadas presentes no CPS, verificando-se que este possui uma arquitetura vertical. Por outro lado, a *Internet of Things* é uma arquitetura horizontal, onde são agregadas e interligadas todas as camadas de comunicação de todos os aplicativos CPS. A IoT apresenta-se como uma infraestrutura de rede capaz de interligar um grande número de dispositivos para que a recolha de dados, a partilha, a análise e gestão de recursos possam ser realizadas numa rede heterogénea.

Uma das principais diferenças entre CPS e IoT é que o CPS é considerado como um "sistema" enquanto que a IoT é considerada como a "Internet". Um exemplo representativo que integra o CPS e IoT são as cidades inteligentes, em que os aplicativos CPS operam em simultâneo, sendo exemplos destes os sistemas de transportes inteligentes ou sistemas de assistência médica inteligente em que as camadas de comunicação de todos os sistemas são interligadas a uma rede única para fornecer serviços para as chamadas cidades inteligentes, tal como mostrado na figura 2.1 (Lin et al., 2017).

A *Internet of Things* normalmente apresenta-se como uma arquitetura dividida em três camadas, a camada de aplicação, a camada de rede e a camada de perceção.

Camada de perceção - Esta está implementada na camada inferior da arquitetura IoT, a qual interage com os componentes físicos através de dispositivos inteligentes como RFID, códigos de barras, câmaras, sensores, atuadores entre outros. O principal objetivo desta camada é manter todos os dispositivos conectados à rede IoT, recolher e processar a informação desses mesmos dispositivos e transmitir toda a informação processada para a camada superior com recurso às camadas de interface.

Camada de rede - Na arquitetura IoT, é também conhecida como a camada intermediária, sendo esta camada a mais importante uma vez que nela estão integrados vários dispositivos (*switching*, *getway*, *cloud computing*) e várias tecnologias de comunicação (*Bluetooth*, *Wifi*). A camada de rede é usada para receber as informações processadas na camada de perceção e determinar as rotas para transmitir os dados e informações aos dispositivos ou aplicações através de interfaces, usando várias tecnologias e protocolos de comunicação, garantindo que esta transmissão é feita com segurança.

Camada de aplicação - Esta é a camada superior na arquitetura IoT, pode ser também designada como a camada de negócio uma vez que esta recebe os dados transmitidos pela camada de rede e usa esta mesma informação para fornecer serviços ou operações, com a finalidade de melhorar tanto a qualidade de vida das pessoas como os processos industriais. A camada de aplicação fornece variadas aplicações, cada uma delas com os seus requisitos, por exemplo pode fornecer um serviço de análise de dados capaz de prever o estado futuro dos dispositivos físicos, ou fornecer um serviço de armazenamento de dados capaz de fazer uma cópia em segurança dos mesmos.

A arquitetura da *Internet of Things* tem por base uma estrutura simples assente em três camadas, no entanto, as funções e operações executadas quer na camada de rede quer na camada de

aplicação são consideradas de elevada complexidade. Por exemplo, a camada de rede não determina apenas rotas e transmissão de dados, mas fornece também um serviço de dados, tal como a camada de aplicação não fornece apenas serviços e aplicações aos clientes mas necessita de fornecer serviços de dados. Perante esta necessidade, foi desenvolvida uma arquitetura orientada a serviços, ou *Service-oriented Architecture* (SoA), que pode ser facilmente adaptada à arquitetura IoT formando uma nova camada designada por camada de *middleware*.

A camada *middleware* está localizada entre a camada de rede e a camada de aplicação, sendo responsável por: oferecer serviços para a camada de aplicação, integrar sistemas e comunicações, gerir serviços, processar dados e armazena-los na base de dados, bem como tomar decisões e previsões a partir dos dados armazenados. Além desta camada, a arquitetura IoT baseada em SoA apresenta outra nova camada, a camada de negócio, a qual é extraída da camada de aplicação. A camada de aplicação gere as aplicações inteligentes com base nos dados que foram processados na camada de Middleware, enquanto que a camada de negócio é responsável por gerir todo o sistema IoT, desde as aplicações aos serviços e através dos dados recebidos da camada de aplicação produz modelos de negócio, diagramas com o intuito de determinar ações futuras e novas estratégias de negócio. Desta forma a arquitetura IoT assenta numa estrutura composta por cinco camadas, como apresentado na figura 2.2, sendo que a camada de rede e a camada de perceção mantêm-se com as mesmas funções da arquitetura baseada em três camadas (Lin et al., 2017; Khan et al., 2012).



Figura 2.2: Arquitetura baseada em cinco camadas

Em jeito de conclusão, podemos afirmar que os CPS são essencialmente sistemas computacionais com a possibilidade de interagir com o mundo físico envolvente, sendo que, esta interação é conseguida com recurso à IoT, a qual permite o acesso remoto, uma análise e tratamento de dados em tempo real, disponibilizando um partilha de dados sobre uma rede de sistemas e dispositivos inteligentes.

2.1.2 Possíveis Aplicações

O uso da *Internet of Things* encontra-se cada vez mais representada na nossa vida quotidiana e isto deve-se ao grande potencial que esta realidade tem no desenvolvimento de novas aplicações nas mais diversas áreas. Independentemente do campo de aplicação, estas aplicações possuem

uma vasta capacidade de deteção capazes de proporcionar serviços personalizados, os quais terão um profundo impacto quer na sociedade quer na economia. De seguida são apresentadas algumas das aplicações que se encontram mais relacionadas com as áreas do setor florestal, que é o setor de interesse para este trabalho.

Previsão de desastres naturais - O uso de sensores e respetiva coordenação e simulação autónoma ajudará a prever a ocorrência de possíveis deslizamentos de terra ou outro tipo de catástrofes naturais, a fim de que possam ser tomadas medidas de precaução com antecedência (Khan et al., 2012).

Monitorização de escassez de água - O uso da IoT pode ter um papel fundamental para monitorização do nível das águas, bem como perceber a ocorrência de eventuais despejos de substancias tóxicas que poderão levar a graves implicações (Khan et al., 2012).

Aplicações agrícolas - A utilização de sensores para a agricultura pode trazer grandes benefícios para os agricultores, nomeadamente no controlo de fertilizantes, nas condições dos solos, na presença de eventuais pragas, na monitorização do crescimento das espécies o que levará a práticas mais eficientes e consequentemente aumentará a sua produtividade (Khan et al., 2012).

Silvicultura - A silvicultura desempenha um papel importante no ciclo de carbono e abriga cerca de dois terços das espécies conhecidas mundialmente. A monitorização de sensores na floresta, como por exemplo sensores para detetar os níveis de temperatura, humidade no solo, diferentes níveis de gases, como dióxido de carbono e oxigénio, podem fornecer sistemas de alerta antecipada tanto contra incêndios na floresta como na deteção de pragas e doenças (Elijah et al., 2018).

2.1.3 Desafios à Adoção

A adopção da IoT está sujeita a alguns desafios que poderão ser um entrave à sua implementação, estando o principal desafio relacionado com o facto de existir a necessidade de processar e armazenar uma grande quantidade de dados garantindo a máxima segurança e privacidade dos mesmos.

Interoperabilidade da rede - Para uma interoperabilidade entre dispositivos, é importante que se criem standard's que permitam a integração de diferentes tipos de equipamentos de diferentes fabricantes, criando uma maior facilidade de integração entre sistemas (Khan et al., 2012).

Big data - A informação obtida através dos dispositivos IoT gera dados não estruturados que necessitam de análises adicionais para que se possa extrair toda a informação útil. Perante esta situação, a utilização do *big data* pode ser uma mais valia para a *Internet of Things*. No entanto, a crescente evolução da IoT irá afetar o *big data*, o fluxo contínuo de dados afetará

a capacidade de armazenamento, processamento e análise de dados o que fará com que seja necessário recorrer a centros de dados adicionais para lidar com a carga de dados captada pelas aplicações, uma destas soluções passará por mover os dados para a *cloud*, utilizando esta plataforma como um serviço (Lin et al., 2017).

Privacidade da informação - Os sensores da IoT estão muitas vezes espalhados por uma grande área, estando "abandonados" nestes locais. Como tal, os mesmos poderão estar sujeitos a atos de vandalismo, devendo arranjar-se forma de os mesmos serem instalados da forma mais discreta possível, para passarem despercebidos a quem passa (Khan et al., 2012).

Confidencialidade - A garantia de confidencialidade dos dados recolhidos, também requer uma atenção especial quando se idealiza uma solução IoT. É necessário que se garanta que os dados cheguem desde o sensor até ao local de processamento e armazenamento, sendo apenas acessíveis a quem tem permissões para tal, e garantindo o cumprimento das normas de confidencialidade relativas às pessoas que possam estar a interagir com o sensor (Khan et al., 2012).

Segurança na rede - Para o correto funcionamento dos sistemas IoT, é crucial que exista um espectro Wi-Fi dedicado exclusivamente a estes, o que nem sempre é fácil devido à grande quantidade de dispositivos que se socorrem desta tecnologia nos dias de hoje. Para tal, é necessário que se crie um mecanismo para a alocação de espaço suficiente no espectro, para que todos os sensores se possam ligar corretamente à rede (Khan et al., 2012).

2.2 Valorização dos Espaços Florestais

A valorização dos espaços florestais pode ser encarado como aquilo que é bom ou desejável para a floresta.

Do ponto de vista económico, uma boa gestão florestal determina o quão "boa" é a floresta. Tradicionalmente, a silvicultura era considerada como uma prática lucrativa, no entanto, hoje em dia a designação de uma "boa" silvicultura envolve valores que não estão unicamente relacionados com questões económicas, mas também com questões que trazem vantagens para todas as partes. Numa perspetiva económica, o valor futuro, como é o caso por exemplo do uso recreativo a longo prazo, e o valor presente, aquele que pode ser obtido de momento, por exemplo o aproveitamento da madeira lá existente, desempenham um papel cada vez mais determinante no "verdadeiro" valor da floresta.

De uma perspetiva ecológica, uma "boa" floresta determina o quão boa é a sua gestão florestal, neste ponto de vista considera-se como "bom" o que é natural, sendo o valor da floresta conceptualizado a partir dos conceitos de saúde do ecossistema, o qual envolve por exemplo a deteção de pragas e doenças numa determinada espécie e da qualidade da natureza, na qual são considerados fatores como a autenticidade, a sua natureza selvagem e a naturalidade.

A combinação destas duas abordagens, económica e ecológica caracterizam uma noção do valor intrínseco da floresta (Gamborg e Rune, 2004).

Atualmente em Portugal, começamos a ouvir falar cada vez mais sobre este assunto e a dar-lhe mais importância, pois a gravidade dos acontecimentos de 2017 colocaram o nosso país num estado de alerta. Os incêndios referentes ao ano de 2017, mais do que incêndios florestais, foram identificados como incêndios rurais, pois foram afetadas diversas áreas incultas e agrícolas, chegando mesmo a entrar nos espaços verdes urbanos. Os relatórios realizados após os severos incêndios de 2017 mostram as inúmeras debilidades do Sistema de Defesa da Floresta contra Incêndios, entre elas: a fragilidade no domínio da prevenção, na qual existe uma insuficiência na gestão do combustível vegetal, ausência de uma aplicação de mosaicos à escala da paisagem, o predomínio de uma residual gestão ativa de florestas, entre outras. Para dar solução às debilidades encontradas no sistema e diminuir a exposição ao risco, são agora expostas no Plano Nacional de Gestão Integrada de Fogos Rurais o programa de ação para o período de 2020-2030 onde se encontram definidas as orientações estratégicas.

Estas orientações estratégicas enquadram-se num conjunto de soluções que visam proteger o território, as pessoas e os seus bens dos incêndios rurais. Algumas destas estratégias vão ao encontro da referida valorização da floresta, como valorizar os espaços rurais e cuidar dos mesmos.

A valorização dos espaços rurais necessita de instigar na sociedade o reconhecimento do valor presente e futuro dos bens ou serviços gerados nos espaços rurais e naturais para que se tenha noção das perdas diretas e indiretas que os incêndios acarretam. Esta orientação estratégica está relacionada com o ordenamento do território que tem como principal objetivo o desenvolvimento sustentável do uso do solo e potencializar a sua utilidade, no entanto, é necessário explorar a criação de actividades que fomentem a valorização económica do setor florestal e será ainda importante a disponibilização de incentivos jurídicos e financeiros a estas práticas, para que se consiga atingir uma melhor conservação dos recursos florestais.

Uma outra estratégia para valorização da floresta consiste em levar os proprietários ou gestores de um espaço, quer seja uma área com floresta ou agricultura, a cuidar dos seus espaços, cumprindo os deveres e obrigações a que estão sujeitos. Esta obrigação passa por cuidar destes territórios de forma sustentável para as funções a que se destinam, garantindo que estes não são uma ameaça nem apresentam perigos para os proprietários vizinhos ou para a comunidade local (AGIF, 2019).

2.3 Os Incêndios Rurais

Focando novamente nos incêndios de 2017, os quais atingiram proporções de severidade e crueldade nunca antes registadas nem em Portugal, nem noutro país da Europa Ocidental ou do Mediterrâneo. Esta tragédia originou na sociedade a exigência de que situações como esta não se voltem a repetir, dando origem a diversos relatórios e debates públicos acerca desta gravidade (AGIF, 2019). De tal forma que as Comissões Técnicas Independentes (CTI) identificam nos relatórios realizados fragilidades em diferentes domínios como por exemplo:

- Vigilância, deteção e fiscalização - onde existe uma incapacidade de ajustar os recursos face a uma antevisão das necessidades operacionais, não existe uma fiscalização do cumprimento dos planos nem há operacionais de meteorologia aplicada a incêndios rurais;

- Supressão, rescaldo e vigilância pós-incêndio - as populações desconhecem práticas a adotar em caso de incêndios rurais, existe um desconhecimento das áreas de atuação dos diversos agentes e há uma perceção errada da gravidade potencial do fogo;

Em 2017 arderam em Portugal cerca de meio milhão de hectares, o correspondente a cerca de 5,6% do território do continente. Os distritos onde se observaram um maior numero de ocorrências foram os distritos do Porto e Viseu, no entanto, não foram estes os distritos mais afetados pelos incêndios em termos de área ardida. Um número muito limitado de ignições não controladas, cerca de 4%, concentradas em apenas 2 a 3 semanas, deram origem a a cerca de 90% da área ardida, sendo notório que as situações que requerem mais exigência se retêm num curto intervalo de dias no ano, pois é quando a meteorologia condiciona de um modo crucial a ignição e propagação dos incêndios e o sucesso da supressão. As causas mais frequentes nestes incêndios estão associadas sobretudo às queimadas (30.9%), ao incendiarismo (32.5%) e aos reacendimentos com cerca de 18%, sendo que a tendência para a crescente evolução dos reacendimentos é preocupante. Com base no relatório da comissão técnica independente, são agora apresentadas graficamente a distribuição de área ardida pelos grandes grupos de ocupação do solo, figura 2.3 e de seguida pelo tipo de floresta ardida com identificação das espécies mais dominantes, figura 2.4 (Comissão Técnica Independente, 2018).

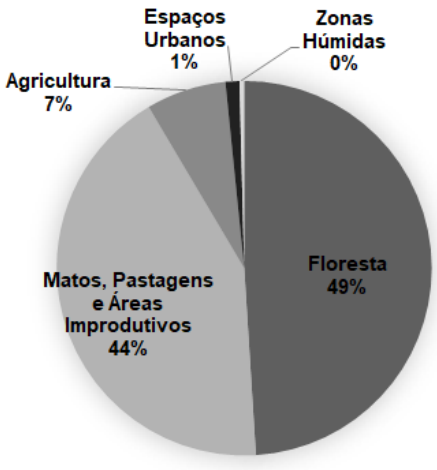


Figura 2.3: Distribuição da área ardida em 2017 em diferentes grupos de ocupação do solo

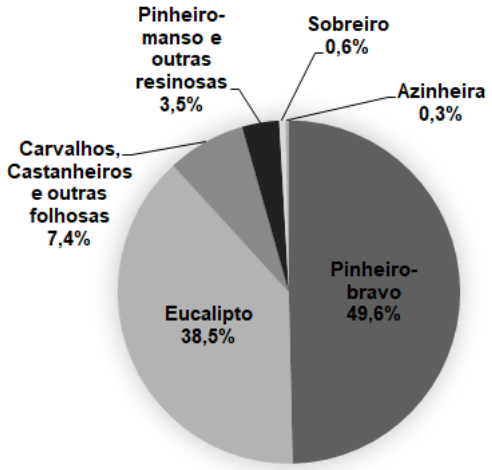


Figura 2.4: Distribuição da área florestal ardida em 2017 pelos vários tipos de floresta

2.3.1 Prevenção

A prevenção dos incêndios florestais revela-se fundamental pois poderá evitar algumas ignições, ou mesmo que estas ocorram, permitirá evitar que estas tomem proporções elevadas.

A prevenção poderá ser feita de várias formas, desde a sensibilização das populações para os riscos dos incêndios, a preparação das mesmas para uma primeira abordagem ao fogo ou incentivar a que estas mantenham os seus terrenos limpos bem como as proximidades das edificações.

As autoridades competentes também têm obrigações preventivas, tais como manter os equipamentos de supressão em condições plenas de funcionamento, fornecer informações atualizadas às populações, bem como definir planos estratégicos de supressão e prevenção. Estas entidades devem ainda estudar atempadamente as zonas mais críticas do seu território, e definir estratégias de atuação para as alturas mais críticas de risco elevado de incêndio que possam surgir.

Algumas medidas que podem ser tomadas em situação de risco elevado de incêndio, serão vedar o acesso a zonas florestais em alturas de risco elevado, encerrando por exemplo estradas e outros acessos a zonas mais suscetiveis a que surjam ignições, criar corredores para a fácil e segura circulação dos bombeiros e colocação de pontos de água suficientes para cobrir toda a área florestal (AGIF, 2019; Martell, 2007).

2.3.2 Pré-Supressão

A pré-supressão a incêndios visa garantir que todos os meios estão prontos a atuar em qualquer instante mal se dê uma ignição.

A pré-supressão assenta em 3 pontos fundamentais, que são fazer-se uma correta análise de risco, percebendo-se quais são as alturas mais críticas devido, por exemplo, a grandes períodos de seca ou dias muito quentes e com intensidades elevadas de vento, e assim que se percebe que um período crítico se avizinha, ser rápido e eficaz a avisar as populações e a por em prática os planos

previamente definidos para situações críticas. As áreas críticas devem estar adequadamente vigiadas através de torres de vigia ou aeronaves de patrulha para uma eficaz deteção de eventuais focos de incêndio nas proximidades, bem como a presença de autoridades policiais que possam dissuadir eventuais incendiários. Uma forma de se fazer uma eficaz pré-supressão consiste no pré posicionamento de meios de supressão em locais estratégicos pré definidos por todas as entidades, que permitirão um rápido ataque às chamas, impedindo que estas tomem proporções descontroladas.

A pré-supressão revela-se então uma estratégia fundamental para que se possa identificar e localizar rapidamente eventuais ignições, e combatê-las o mais rapidamente possível. Para uma correta pré-supressão é necessário que haja um forte entrosamento entre todas as partes, e sejam seguidos protocolos bem conhecidos por todos os envolvidas desde orgãos de vigilância, supressão e autoridades policiais, entre outros (AGIF, 2019; Martell, 2001).

2.3.3 Supressão e Pós-fogo

A supressão às chamas é a fase em que após se dar a ignição, se procura extinguir o mais rápida e eficazmente o incêndio e socorrer as populações afetadas ou que estejam em risco de o ser pela propagação do fogo. Ao longo das atividades de supressão e rescaldo deverá ser dado o devido apoio quer às populações afetadas quer aos operacionais envolvidos.

Após ser detetado o foco de incêndio devem ser accionados os meios de reação rápida para que possam tentar suprimir eficazmente o fogo, se a dada altura se constatar que estes meios são insuficientes dada a proporção do foco de incêndio, deverá ser ampliado o numero de meios e efetivos no terreno. Durante a fase de supressão às chamas deverá ser avaliado em cada instante a necessidade de corte de infraestruturas de transporte, ou eventual deslocalização de populações, com vista à segurança das mesmas. A partir do momento que o fogo esteja dominado, estando numa situação de rescaldo, deverão ser detetados e eliminados os pontos quentes para que se evitem reacendimentos ou falsos alarmes, e não reduzir os meios até que se verifique que efetivamente a probabilidade de reacendimentos é bastante reduzida. Declarada uma reduzida probabilidade de reacendimento, serão avaliadas as condições de segurança para que se poça efetuar o retorno das populações e a reabertura de vias (AGIF, 2019; Pacheco et al., 2014).

Após o incêndio ser dado como extinto, ou ainda no seu decorrer, desde que sejam garantidas todas as condições de segurança, serão investigadas e apuradas as causas que originaram o incêndio em questão. Perante os danos humanos, naturais e/ou materiais, deverá ser prestado o apoio necessário às comunidades para que as suas vidas possam retornar à normalidade progressivamente, atuando na reposição de serviços e na recuperação de infraestruturas. Contudo, é necessário que sejam identificadas as fragilidades ocorridas e sejam implementadas medidas corretivas, com o objetivo de aplicar o conceito de melhoria continua em todo o processo (AGIF, 2019).

2.4 Estudo e Análise de Aplicações IoT neste contexto

Nesta secção, é realizada uma avaliação critica das possíveis aplicações da IoT no contexto da valorização dos espaços florestais e dos incêndios rurais. Uma vez que este trabalho emerge no seguimento do trabalho de Mendonça (2019), seguindo a mesma estrutura, para cada uma das áreas de estudo foram desenvolvidas mais duas categorias. Na figura 2.5 encontram-se descritas as oito categorias criadas em função das quatro áreas de estudo aqui envolvidas.

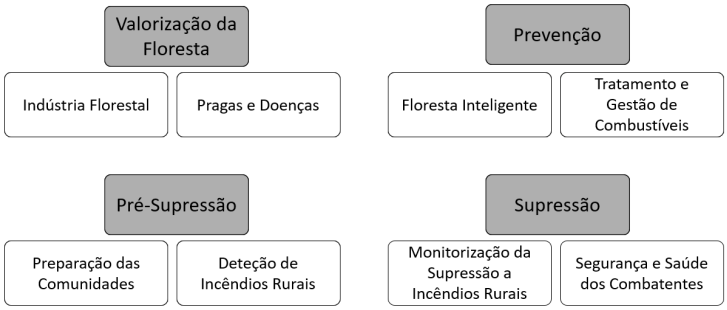


Figura 2.5: Distribuição das oito categorias pelas áreas de estudo

Para este estudo, foi realizada uma intensiva recolha de artigos científicos, onde constam diversas aplicações da IoT neste contexto. Esta recolha tem por base os artigos já recolhidos por Mendonça (2019), os quais foram revistos, e aos quais foram acrescentados novos artigos relevantes para esta análise, tal como demonstrado na tabela existente no apêndice A. Relativamente aos artigos utilizados neste trabalho foi ainda analisada a relação existente entre o número de artigos e o ano da sua publicação, como mostrado na figura 2.6. Esta figura pretende mostrar que ao longo dos anos, o interesse na introdução de novas tecnologias ligadas à IoT têm vindo a aumentar consideravelmente.

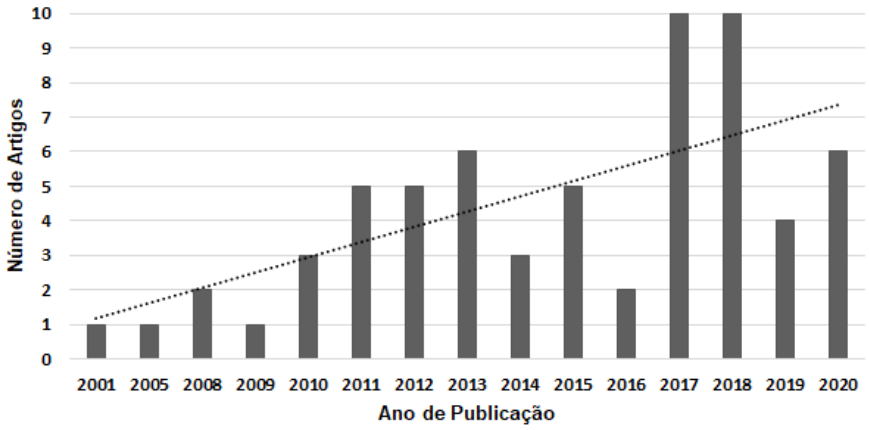


Figura 2.6: Linha de tendência obtida na relação entre o número de artigos e o ano de publicação

2.4.1 Indústria Florestal

As Indústrias de base florestal têm uma importância significativa para o nosso país, contribuindo consideravelmente tanto para a criação de valor como para o Produto Interno Bruto, estando esta categoria representada na área de estudo, Valorização da Floresta.

Atualmente, vivemos numa sociedade onde se verifica uma exploração intensiva da silvicultura, o que faz com que seja crucial que se faça uma boa gestão desta a todos os níveis, desde a logística até à sua sustentabilidade. É nesse sentido, que nesta secção se analisa de que forma a IoT poderá trazer vantagens à indústria florestal.

Na figura 2.7 é apresentado, em forma de diagrama e de acordo com Zhao et al. (2011), todo o processo logístico associado à indústria florestal.

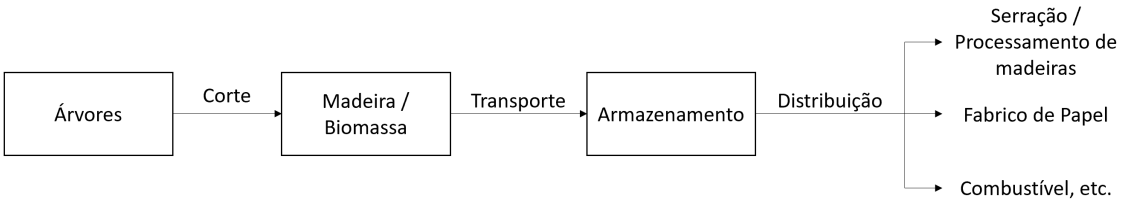


Figura 2.7: Processo logístico associado à Indústria Florestal

A IoT pode revelar-se uma grande ajuda na gestão da silvicultura, apoiada pela identificação através de radiofrequência (RFID) e com recurso a sensores.

A RFID é uma tecnologia que permite de forma autónoma a identificação, através de sinais rádio sem que haja a necessidade de existir um contacto físico entre o leitor e o objeto. Consiste na aplicação de etiquetas únicas para cada objeto que se pretende ser alvo de rastreio e de colocação de equipamentos que fazem a leitura destas etiquetas em locais estratégicos da cadeia, e que posteriormente farão chegar a informação a um posto central onde os dados serão recolhidos e processados (Jia et al., 2012).

Assim, esta é uma tecnologia que associada à IoT se revela muito útil em cadeias logísticas, e em particular aplicando-a à logística associada à silvicultura, uma vez que permite que em tempo real se possa ter uma noção de tudo o que se está a passar na cadeia, e qual o estado dos materiais.

Com vista à monitorização da madeira ao longo de toda a cadeia apresentada na figura 2.7, pode construir-se uma rede IoT com recurso a RFID, códigos de barras, sensores adequados e uma rede sem-fios, que permita que em tempo real se envie para o centro de dados as informações que se necessite para monitorizar o estado da madeira e da biomassa, como por exemplo a sua humidade. As etiquetas RFID quando aplicadas num toro de madeira, conferem também ao mesmo uma identificação única, e quando associadas a sistemas de GPS, permitem que em tempo real se saiba onde se encontram, permitindo não só uma melhor gestão de toda a cadeia, como também ser uma forte ajuda no combate ao comércio ilegal de madeiras (Björk et al., 2011). Este tipo de monitorização permite uma otimização em todo o processo desde o corte da árvore, passando pelo transporte até chegar ao ponto final da cadeia por exemplo a serração, podendo desta forma

reduzir-se o desperdício ao longo de toda a cadeia, que na Europa representa nesta área cerca de 5M€ em cada ano (Bo e Wang, 2011; Müller et al., 2019).

O índice de humidade no interior da madeira é um fator crucial para a indústria florestal, e é medido através do EMC (Wood Equivalent Moisture Content) que depende da análise da humidade relativa e da temperatura ambiente no local onde a madeira se encontra armazenada, este índice permite que se determine o ponto de saturação das fibras de forma a que se possa analisar o seu ponto de maturação para que a madeira possa ser usada para o fim a que se destina. A IoT pode revelar-se uma grande ajuda para que se possa fazer esta análise de uma forma mais rápida e expedita recorrendo a sensores que monitorizem a humidade relativa e a temperatura ambiente, e que forneçam estes dados a uma central de processamento que determinará estes índices e permitirá que se tomem decisões relativas à utilização dos mesmos (Ray, 2015).

Após recolhidos os dados estes ficarão armazenados e poderão ser usados para outros sistemas que poderão trazer vantagens. Assim, Reitz et al. (2019) desenvolveram um trabalho no qual criam uma cópia digital de uma floresta através dos dados recolhidos, por forma a simularem o impacto de uma ação num determinado ecossistema a longo prazo. Dada a sua versatilidade, esta ferramenta poderá também ser usada, por exemplo, para se averiguar a possibilidade de determinadas máquinas florestais de grandes dimensões poderem aceder a determinadas zonas da floresta.

2.4.2 Pragas e Doenças

Nas áreas florestais existem agentes (insetos, ervas daninhas...) que têm efeitos nocivos para a floresta, aos quais é dado o nome de pragas e doenças. Estando as árvores florestais sujeitas a estes factores e os quais podem interferir com o seu ciclo de vida, levando mesmo à morte, procura-se nesta secção avaliar de que forma a IoT poderá ajudar na deteção e combate de pragas e doenças, enquadrada no âmbito da Valorização da Floresta.

Quando estas pragas e doenças surgem, as mesmas não provocam a morte imediata das plantas atingidas, mas vão sim enfraquecendo as mesmas permitindo que se detetem efeitos antes que haja problemas significativos. Assim, a deteção precoce destas maleitas permite que os gestores florestais possam tomar medidas em tempo útil para a sua mitigação, sem que haja uma grande destruição naquela área florestal. Os efeitos provocados pelas pragas e doenças podem ser por exemplo uma alteração nos níveis de clorofila da planta ou da água foliar. A IoT pode ser bastante atrativa para a deteção precoce destas pragas e doenças, pois permite a conjugação de diversos sensores, desde logo sensores ao nível do espectro das plantas que detetem variações na clorofila e os níveis de hidratação das suas folhas. Reunindo esta informação num local central, poderá ser possível detetar se existem variações nestes parâmetros, e caso aconteçam avaliar o problema numa fase inicial (Chen e Meentemeyer, 2016).

Lee et al. (2017a) desenvolveram um trabalho baseado em IoT que consiste num sistema de previsão que através da recolha de dados sobre a meteorologia por meio de sensores instalados no terreno, permite perceber quando se aproxima a época mais propícia ao aparecimento de determinadas pragas, dando ao proprietário informações para que este possa ter uma atitude mais preventiva e não tão reativa quanto ao aparecimento de determinada praga.

Ainda sobre o papel que a IoT pode ter na deteção precoce do aparecimento de pragas e doenças, Potamitis et al. (2017) propõem um sistema de armadilhas com sensores optoelectrónicos instalados nas árvores, que permitem detetar a presença de insetos, e através da frequência do batimento das asas perceber de que inseto se trata. Caso seja alguma espécie transmissora de pragas e doenças, o sistema pode informar o proprietário, e permitir detetar numa fase embrionária a chegada de determinada praga para agir em conformidade antecipadamente.

Foi ainda desenvolvido por Gao et al. (2020) um sistema de deteção de pragas e doenças baseado em IoT com recurso a UAV's. Este sistema permite que se capturem imagens aéreas de zonas florestais que permitem perceber a existência de pragas e doenças, e em caso afirmativo perceber qual o grau de afetação daquela zona. O trabalho desenvolvido estabelece ainda uma correlação entre a meteorologia e o aparecimento de determinadas pragas, efetuando recolha e armazenamento de dados através de sensores, que a longo prazo permitirão estabelecer relações entre as condições meteorológicas que se verificam, e o aparecimento de pragas e doenças, o que à semelhança do proposto em Potamitis et al. (2017) permitirá que se preveja o aparecimento das mesmas antes de estas causarem danos significativos.

2.4.3 Floresta Inteligente

As florestas estão cada vez mais a tornarem-se espaços ricos em tecnologia, desde logo através da existência de sensores, drones que recolhem dados e que após analisados, também com recurso à inteligência artificial, são muito úteis e cada vez mais essenciais a uma boa gestão florestal. Atualmente, os sensores estão cada vez mais associados diretamente à IoT, pois é através desta metodologia que se interligam todos os pontos desta cadeia, desde a recolha de informação, passando pelo tratamento de dados até aos sistemas de apoio à decisão. Toda esta tecnologia desenvolvida em torno da floresta dá origem à categoria Floresta Inteligente, que integra a área da prevenção de incêndios rurais.

À IoT aplicada à floresta foi dado o nome de Internet of Trees (IoTr), baseada na primeira mas aplicada exclusivamente à floresta, seguindo a arquitetura apresentada na figura 2.8 (Gabrys, 2020).

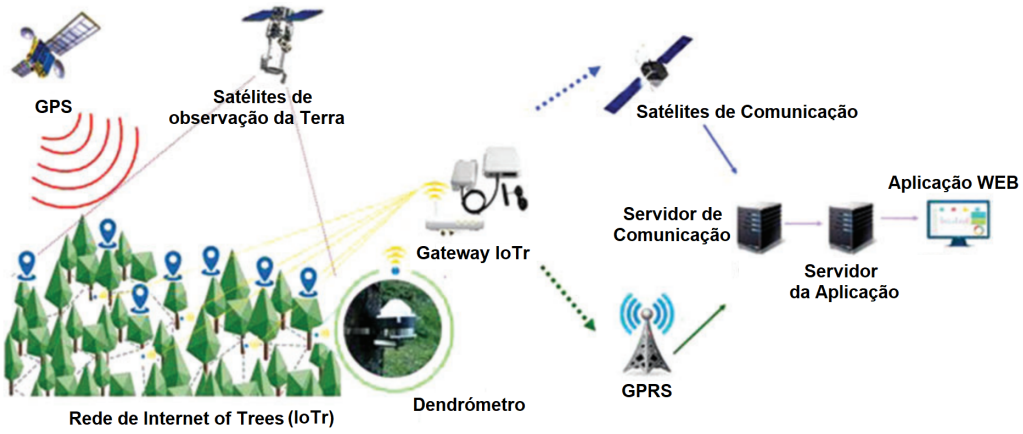


Figura 2.8: Arquitetura da IoT aplicada à floresta adaptada de Gabrys (2020)

Analisando o exemplo de aplicação da IoTr apresentado na figura 2.8, pode perceber-se como o sistema pode ser implementado, e quais os equipamentos que o compõem:

- Sistemas LiDAR detetam variações de espectro para análise de variações anormais na estrutura florestal;
- Machine Learning para automação e deteção e reporte de eventos que aconteçam, como por exemplo fogos florestais;
- Sensores remotos que detetem alterações na cobertura florestal, nomeadamente a desflorestação;
- Dendrómetros para monitorização do volume do tronco das árvores;
- Aplicações web/móveis para controlo do sistema e para dar informações em tempo real tanto para gestores florestais como para, por exemplo, guardas florestais ou sapadores florestais para alerta de incêndios em tempo real.

Gabrys (2020) defende que a floresta inteligente, baseada em IoTr, pode ser uma boa ferramenta para melhorar a gestão florestal mas também uma importante arma no combate aos problemas ambientais, como são as alterações climáticas e a desflorestação do planeta.

Existem já vários trabalhos desenvolvidos no âmbito da IoTr, como por exemplo o de Roy et al. (2016) onde é apresentado um sistema em que os dados recolhidos por sensores são enviados para uma Cloud para um posterior processamento e análise. É ainda proposto um algoritmo de eficiência energética em que sensores individuais transmitem dados à distância mais curta possível, para que a sua autonomia seja maior.

Soliman et al. (2010) propõem uma combinação entre os sensores implementados e redes neuronais artificiais, sendo desenvolvido um sistema sensorial de deteção precoce de fogos florestais.

Em Neumann et al. (2018) é apresentada uma aplicação para ser usada por guardas-florestias e visitantes da floresta que permite a consulta de informação relativa à mesma e com eventuais avisos relativos a condições meteorológicas extremas, e ao aumento do risco de incêndio florestal.

No trabalho desenvolvido por Bagaram et al. (2018) é proposto um sistema baseado em drones que permite fazer a monitorização das copas das árvores e das suas aberturas através do processamento de imagem, e desta forma perceber-se se existem aberturas suficientes para que a vegetação se possa desenvolver em condições normais de existência de luz solar.

Numa área mais embrionária da floresta inteligente, Rambabu et al. (2018) apresenta um robôt autónomo que automaticamente ao detetar um foco de incêndio dá não só informação da sua localização e o alerta para o incêndio, mas funciona também como agente extintor. O robot fornece ainda outras informações através dos seus sensores, como a humidade relativa e a temperatura ambiente do local em que se encontra, permitindo que se recolham dados em vários locais da floresta, reduzindo-se o número de sensores, ao se introduzir um sensor móvel que pode cobrir vários locais.

2.4.4 Tratamento e Gestão de Combustíveis

Para se poder perceber qual o risco de incêndio de uma região, é necessário que se tenha conhecimento do combustível que a constitui para que se possa simular o crescimento e a intensidade do fogo. Este estudo associado ao combustível em cada área é bastante complexo e exige conhecimentos pluridisciplinares. O Tratamento e Gestão de Combusíveis é parte integrante da área Prevenção de Incêndios Rurais. Será então explicado de seguida de que forma a IoT poderá ter um papel importante na gestão e tratamento de combustíveis.

O mapeamento do combustível na floresta é essencial para que se possa calcular o risco de incêndio e simular o crescimento e intensidade do fogo. Este é, no entanto, um processo bastante complexo que requer perícia para várias áreas, desde logo classificação de imagens captadas remotamente, perceber o comportamento do fogo, modelação de combustíveis, ecologia e sistemas de informação geográfica (Keane et al., 2001).

Atualmente o mapeamento florestal é feito recorrendo a trabalho de campo e a análises de imagens aéreas, o que requer um grande dispêndio de tempo tanto no terreno como na análise da informação recolhida. Estes métodos tradicionais são essenciais, mas quando complementados com a IoT poderão revelar-se muito mais eficientes, passando o trabalho de campo a ser mais vocacionado para a validação de dados apresentados pelos sistemas baseados em IoT e não tanto um trabalho exaustivo de levantamento por meios humanos.

A monitorização remota de combustíveis é feita através de vários tipos de sensores conjugados com vários algoritmos já desenvolvidos para o fazer. Existem no entanto, bastantes desafios associadas a esta metodologia, nomeadamente a grande diversidade de tipos de combustível existentes, e a sua elevada variabilidade no espaço e no tempo, no entanto com a grande diversidade de sensores que se dispõe atualmente, conseguem fazer-se mais eficazmente mapas florestais fidedignos (Keane et al., 2001; Arroyo et al., 2008).

Arroyo et al. (2008) apresentam uma análise geral das metodologias convencionais de mapeamento de combustíveis e das novas metodologias que se socorrem de sensorização da floresta. São apresentados como métodos tradicionais o levantamento de campo em que os investigadores vão para o terreno e assinalam em mapas a vegetação existente e a captação de fotografias aéreas e sua

respetiva análise para mapear o combustível que lá exista. Quanto à monitorização com recurso a sensores remotos estes são divididos em duas categorias, sensores passivos, que captam radiações eletromagnéticas de outras fonres (por exemplo o sol ou a terra) e em que se inserem os sensores espectrais e os sensores ativos, que se socorrem da sua própria energia para obter os dados, sendo exemplos destes tipos de sensores os sistemas LiDAR e sensores de microondas.

No trabalho apresentado em García et al. (2011), é proposto um sistema LiDAR, semelhante ao apresentado anteriormente para monitorização de pragas e doenças, conjugado com deteção ótica remota e dados multiespectrais, que quando conjugados permitem fazer uma caracterização pormenorizada da distribuição de combustível da zona em estudo.

Em Petrakis et al. (2018) o sistema proposto usa sensorização remota, sistemas de localização geográfica (GIS) com dados armazenados numa Cloud e assenta em bases estatísticas para a obtenção de resultados. A metodologia consiste em comparar imagens de satélite de um determinado espaço florestal, perceber em que medida os vários tratamentos de combustível influenciam a severidade do fogo obtida por satélite e de que forma é a resposta da vegetação e por fim, determinar as implicações do tratamento de combustível através da comparação de resultados. Por fim retiram-se conclusões quanto à eficácia do uso do fogo controlado e incêndios resultantes de fogos controlados provocados pelo homem, quando comparados com outros tratamentos de combustível.

A floresta e em particular a sua gestão de combustíveis podem ganhar bastante com a introdução da IoT. Salam (2020) faz um estudo do estado da arte relativamente à sensorização da floresta a vários níveis, em particular no que diz respeito às tecnologias usadas para gestão de combustíveis.

2.4.5 Preparação das Comunidades

Numa situação de emergência informações em tempo real sobre o estado da situação e sobre as zonas mais perigosas, poderão ajudar bastante na evacuação de pessoas e na indicação de quais os caminhos a seguir, evitando as zonas de maior perigo, permitindo que se salvaguarde a integridade física das pessoas. Pretende-se na abordagem desta categoria, a Preparação das Comunidades, inserida na pré-supressão de incêndios rurais, estudar a forma mais eficaz de trabalhar com as comunidades rurais com o objetivo de se conseguir mitigar os riscos de danos quer na floresta quer nas próprias comunidades.

Em Yang et al. (2013) é feita uma avaliação da forma como a IoT pode melhorar as operações de emergência e qual o valor estratégico que pode ser adotado deste conceito. Para tal são formuladas duas hipóteses para discussão:

- H1 – A adopção da tecnologia IoT para lidar com os requisitos de informação terá um impacto positivo na determinação do ajuste entre os requisitos de informação e a tecnologia IoT;

- H2 – O encaixe entre os requisitos de informação e a tecnologia IoT terá um impacto na determinação do valor estratégico da tecnologia IoT nas operações de emergência florestal.

Muitas vezes aquando de um desastre, como é o caso dos incêndios florestais, a falha de comunicação entre equipas dificulta uma gestão adequada do teatro de operações. Deste modo, Wellington e Ramesh (2017) propõem um sistema bilateral que interliga todas as equipas no terreno com um posto central de comando, para que todos estejam em sintonia. Estes tipos de sistemas devem ser bem implementados e conhecidos por todos os envolvidos como método de preparação para emergências, para que haja uma boa familiarização com os equipamentos e tecnologias aquando de um cenário de emergência.

Antecipar os problemas é sempre uma boa forma de se abordar estes cenários de crise, planear e gerir os recursos em função do que irá acontecer a seguir é uma boa forma de se abordar este caso particular dos incêndios florestais. Em Kumar et al. (2017) é proposto um algoritmo que programa os recursos por forma a que todas as tarefas sejam realizadas otimizando o tempo de execução, socorrendo-se da IoT e da informação recolhida em tempo real distribui os recursos no terreno de forma ótima sem que haja sobreposições.

Em Zhang e Yu (2013) é desenvolvido um trabalho onde se recorre à IoT como ferramenta de auxílio na logística de produtos de supressão a incêndios, supervisão da qualidade destes mesmos produtos, equipamentos de supressão a incêndios, entre outros. Este tipo de controlo é importante, pois é fundamental que em situação de emergência todos os equipamentos estejam totalmente funcionais e prontos a combater o incêndio.

2.4.6 Deteção de Incêndios Rurais

Uma intervenção rápida pode ser fulcral para que um incêndio não ganhe proporções incontroláveis, por isso, na categoria Deteção de Incêndios Rurais, inserida na pré-supressão de incêndios rurais. Pretende assim apresentar-se algumas das metodologias para deteção de incêndios em que a IoT poderá contribuir positivamente para aumentar a sua eficiência, por forma a que os agentes de decisão possam rapidamente mobilizar meios para o local e atuar de uma forma mais rápida e eficaz.

Nos dias de hoje a deteção de incêndios florestais é feita recorrendo-se sobretudo a meios humanos, tanto em postos de vigia como através de patrulhas pela floresta. Apesar de naturalmente ser uma metodologia com baixa margem de erro, por não se estar dependente de meios tecnológicos, este tipo de abordagem torna-se bastante dispendiosa tanto a nível de recursos humanos como a nível de formação dos mesmos. Outro problema associado a esta deteção é o facto de os trabalhadores não poderem estar em todos os locais em simultâneo, ausentarem-se por momentos do seu posto de vigia, descuido e distração dos mesmos, entre outros problemas.

Outra metodologia de deteção de incêndios rurais cada vez mais usada é a deteção através de imagens recolhidas por satélite, esta é uma tecnologia com algumas vantagens, desde logo pelo facto de permitir fazer a deteção em grandes áreas em simultâneo, no entanto, o processamento das imagens recolhidas para que se consiga detetar incêndios é ainda bastante moroso, o que retira alguma eficiência a este sistema de deteção (Zhang et al., 2008).

A deteção de uma ignição na floresta em tempo útil pode reduzir em muito os danos provocados por um incêndio florestal (ANEPC, 2018). A IoT pode por isso ter um papel fundamental

tanto na otimização das metodologias de deteção de incêndio em uso nos dias de hoje, como no desenvolvimento de novas tecnologias, recorrendo por exemplo a sensores na floresta.

É importante que se consiga perceber não só quando um incêndio tem início, mas também perceber se as condições ambientais indiciam uma grande probabilidade de ocorrência de um fogo. Para tal umas das abordagens poderá ser a inclusão de sensores de humidade, temperatura, fumo e velocidade do vento que possibilitem uma deteção imediata de uma ignição, ou uma alta probabilidade de a mesma acontecer, tal como foi proposto no trabalho apresentado em Yu et al. (2005). Para complementar estes sensores e recorrendo a redes sem-fios para sensores (WSN) poderão ser implementadas câmaras com o objetivo de validar a informação enviada pelos mesmos, e assim prevenir a ocorrência de falsos alarmes, tal como apresentado em Lloret et al. (2009).

No trabalho apresentado em Aslan et al. (2012) é proposto um sistema de sensores interligados através de uma rede de Internet sem-fios própria (WSN). São ainda apresentados alguns dos objetivos que um sistema de deteção de incêndios baseado em IoT deve atingir:

- Eficiência Energética – Para o seu correto funcionamento os sensores necessitam de uma alimentação elétrica, que devido aos locais remotos onde muitos deles são instalados é obtida através de baterias. Por forma a preservar a autonomia destas baterias estes sistemas devem ter um consumo extremamente eficiente, uma vez que as ações de manutenção nos locais onde os sensores se encontram são bastante difíceis, chegando mesmo a ser impossíveis em algumas zonas.

- Rápida deteção e precisão do local: Assim que se dá uma ignição, o sistema deve reportá-la o mais rapidamente possível, informando o posto central do local com a máxima exatidão possível. Esta rápida deteção é fundamental, dada a forma exponencial como um incêndio cresce. A informação do local com precisão, permite que as equipas de supressão sejam mobilizadas para o local num curto espaço de tempo.

- Capacidade de Previsão: A capacidade de prever a forma como um incêndio vai evoluir, revela-se fundamental para que se possam mobilizar os meios antecipadamente para os locais que o fogo irá atingir, bem como evacuar populações nas zonas próximas.

- Alta robustez: Este tipo de sensores atendendo às condições onde irá operar, bem como ter uma manutenção muito reduzida, levam a que tenham uma alta resistência bem como durabilidade elevada.

Uma outra metodologia que pode ser usada na deteção de fogos florestais é o recurso a UAV's que capturam imagens aéreas da floresta, processam as mesmas e em caso de suspeita alertam o posto central enviando imagens do local para verificar se não se trata de um falso alarme. Este sistema, devido à sua mobilidade, poderá também auxiliar na validação de alertas despoletados pelos sensores espalhados pela floresta (Sudhakar et al., 2020).

De acordo com Kalatzis et al. (2018) o processamento de imagens pode ser feito individualmente por cada drone, ou em fog, quando existem vários drones conectados entre si e cooperantes

entre todos, que autonomamente promovem o armazenamento, processamento e envio da informação ao posto central, permitindo uma maior eficiência no processo de envio dos alertas (González e Rodero-Merino, 2014).

2.4.7 Monitorização da Supressão a Incêndios Rurais

Nesta categoria, a Monitorização da Supressão a Incêndios Rurais, analisa-se a forma como a IoT poderá trazer vantagens como ferramenta de auxílio na coordenação e supressão a incêndios rurais, fornecendo informações em tempo real do que se passa no teatro de operações, sendo que aquando de um incêndio a principal preocupação consiste na proteção das pessoas e bens essenciais. Assim, esta categoria enquadra-se na área da Supressão a Incêndios Rurais.

No trabalho apresentado em Toledo-Castro et al. (2017) é proposto um sistema que auxilia na gestão de emergências, apoiando a supressão em três fases distintas:

- Recolha de dados através de sensores - sensores atmosféricos e de monitorização de gases poluentes;
- Processamento e análise dos dados e realização de previsões com base nessa análise;
- Envio de resultados processados para os organismos decisores.

Em Vijayalakshmi e Muruganand (2017) é apresentado um sistema de monitorização baseado em redes de sensores sem fios, que recolhem informação das condições onde o incêndio ocorre, nomeadamente as informações atmosféricas do local tais como temperatura, velocidade do vento, gases poluentes, entre outras mediante o que se pretender monitorizar. Essas informações depois de recolhidas e processadas são passadas aos agentes de decisão, para que mais facilmente possam tomar decisões quanto ao planeamento das operações. Poderão ainda ser usadas bases de dados de acontecimentos anteriores, para que se possam tomar decisões em função de acontecimentos passados.

Feese et al. (2013), realizaram testes numa equipa de bombeiros que consiste na utilização de uma aplicação de smartphone com sensores interligados com o casaco dos bombeiros, com vista à monitorização dos indicadores de desempenho, tais como a sua localização no terreno, a localização de todos os membros da equipa, a distância entre equipas, entre outros dados que se revelem proveitosos para os agentes de decisão. Este tipo de equipamento poderá ser ainda usado para avaliar o treino das equipas, com vista à melhoria destes processos.

O recurso a imagens aéreas pode também trazer bastantes benefícios para a monitorização de incêndios, tal como no trabalho apresentado em Kim et al. (2016). É proposto um sistema baseado em deep-learning que utiliza imagens recolhidas através de UAV's com sensores ópticos, cujo o objetivo é reduzir os estragos provocados pelo incêndio treinando a rede de aprendizagem com informações de desastres que aconteceram no passado para reconhecer o cenário atual, e dar assim aos agentes decisores a possibilidade de se tomar medidas prevendo o que irá acontecer a seguir.

2.4.8 Segurança e Saúde dos Combatentes

Devido às condições extremas em que operam, os bombeiros são muitas vezes confrontados com situações de isolamento pela perda de contacto visual e/ou auditivo provocado pelo calor do local, chamas, fumo e todo o ruído em seu redor. Esta dificuldade em comunicar pode trazer problemas ao nível da gestão das operações, pois torna-se bastante complicado tanto para os organismos de comando, pois perdem a capacidade de perceber onde se localizam as equipas, como para o pessoal do terreno pois torna-se difícil receber ordens e perceber como devem agir. Esta dificuldade de comunicação pode em certas situações impedir o pedido de auxílio das equipas em caso de emergência, ou a dificuldade em serem localizados no terreno em situações adversas. Assim sendo, a IoT pode ter aqui também um papel fundamental nas duas vertentes, tanto ao nível da monitorização do estado de saúde dos combatentes como ao nível da sua segurança e comunicação com as equipas no terreno (INESC TEC, 2017). Assim, a Segurança e Saúde dos Combatentes constitui uma categoria pertencente à área da supressão a Incêndios Rurais.

Hong et al. (2018) propõe um sistema com três funções principais:

- Um sistema composto por uma pulseira que recebe informações de vários sensores, fornecendo ao bombeiro dados em tempo real, sobre a sua localização e as zonas de maior risco em seu redor;
- Uma plataforma centralizada que recolhe, processa e armazena, as informações de todas as pulseiras das equipas que se encontram no terreno, e permite a sua consulta em tempo real pelo posto de comando das operações;
- Software baseado em inteligência artificial, instalado na plataforma, que perante os dados recolhidos envia aos bombeiros informações, como ferramenta de apoio às suas tomadas de decisão.

Como referido, é essencial que se saiba o estado de saúde dos combatentes, dadas as condições extremas a que estão sujeitos. Por essa razão, estes Homens utilizam equipamentos de proteção individual, com o propósito de os proteger das altas temperaturas e dos gases tóxicos a que estão sujeitos. Assim, a adoção da IoT para os combatentes poderá passar por adaptar os equipamentos "vestíveis" que os combatentes já utilizam, tornando-os em "equipamentos inteligentes" sensorizando-os sempre com o objetivo de não afetar as condições gerais dos mesmos, para que passem despercebidos aos utilizadores. Este vestuário inteligente poderá por exemplo monitorizar os sinais vitais dos combatentes em tempo real, usar RFID para que cada combatente seja facilmente identificado entre outros. Existem já vários estudos nesta área, entre eles os desenvolvidos por Lee et al. (2017a); Florea et al. (2013); Talavera et al. (2012) em que a metodologia é a mesma, diversificando apenas a forma de implementação. A título de exemplo, no caso de Florea et al. (2013) o sistema é composto por:

- Colete equipado com sensores integrados e um sensor instalado no tornozelo do combatente;
- Aquisição dos dados recolhidos pelos sensores através de hardware de processamento;

- Dispositivo de monitorização remota que recebe toda a informação recolhida;

Os sensores instalados no colete recolhem dados como a frequência cardíaca e a temperatura corporal que permitem calcular os níveis de stress térmico a que o combatente está sujeito. Os dados recolhidos são então processados pelo hardware de processamento e posteriormente enviados para o dispositivo de monitorização remota para posterior consulta e análise pelos organismos de comando. O dispositivo de monitorização remota tem ainda a capacidade de enviar alertas para o terreno que informem o bombeiro se se aproximar de zonas mais críticas que o possam colocar em perigo, ou se os seus sinais vitais tiverem valor que possam por em causa a sua saúde.

Tal como referido anteriormente, um dos fatores bastante importante na sensorização dos equipamentos dos bombeiros, é que estes passem praticamente despercebidos uma vez que os equipamentos por si só já são desconfortáveis. É tendo por base este princípio que em Tartare et al. (2018) é apresentado um sistema semelhante ao descrito por Florea et al. (2013), no entanto com a particularidade de ser totalmente desenvolvido em tecido têxtil, uma vez que os próprios fios condutores estão incorporados no tecido, tornando assim o equipamento mais confortável para o combatente. Esta é uma tecnologia que é cada vez mais adoptada, para tornar estes fatos mais confortáveis para quem os usa.

Neste sentido, verifica-se que a IoT apresenta um potencial interessante no auxilio da valorização da floresta e na prevenção e supressão a incêndios rurais, sendo no entanto uma área ainda pouco estudada, havendo por isso todo o interesse em estudar, de entre todos os vários cenários possíveis de aplicação, quais aqueles onde a utilização da IoT poderá trazer um maior impacto, e, portanto, quais aqueles em que há mais interesse em desenvolver a utilização da IoT.

Capítulo 3

Métodos

Neste capítulo, são abordadas as metodologias utilizadas ao longo das várias fases desta dissertação, é explicada a forma como foram reunidos e tratados os dados utilizados e ainda as várias decisões que foram tomadas no decorrer do trabalho.

3.1 Caracterização dos Espaços Florestais em Portugal

Portugal, de seu nome oficial, República Portuguesa, encontra-se localizado no extremo Sudoeste da Europa continental, mais precisamente na zona ocidental da Península Ibérica. Para além do território continental com 89 102,14 km^2, Portugal ainda integra o arquipélago dos Açores com 2 321,96 km^2 e o arquipélago da Madeira com 801,51 km^2, um total de 92 225,61 km^2. A 31 de Dezembro de 2019 foi estimado que a população residente em Portugal era de 10 295 909 pessoas, mais 0,19% do que no ano de 2018 (Instituto Nacional de Estatística, 2020).

Segundo o último inventário Florestal Nacional, os espaços florestais em Portugal (floresta, matos e terrenos improdutivos) ocupam cerca de 6 321,5 mil hectares, ou seja aproximadamente 68,5% do território português. Em termos estruturais, os tipos de espécies predominantes na floresta em Portugal continental, são sobretudo os povoamentos de pinheiro-bravo e pinheiro-manso, os montados de sobreiro e azinheira, carvalhos, castanheiros e eucaliptos (ICNF, 2019a).

De forma a se conseguir perceber onde é que a *Internet of Things* poderá ser benéfica no contexto florestal, foi auscultada a opinião de vários especialistas portugueses envolvidos nesta temática, uma vez que se pretendem tirar conclusões no caso particular de Portugal. No entanto, a metodologia usada tem por base bibliografia universal, que poderá ser aplicada em outros estudos.

3.2 *Expert Elicitation*

Atualmente e com alguma frequência, a sociedade pretende obter respostas e encontrar soluções para assuntos onde predomina muitas vezes a incerteza devido a dados insuficientes. O uso de modelos de simulação, engenharia ou outras ferramentas semelhantes, apesar de serem relevantes, não fornecem informações suficientes para que sejam tomadas decisões eficazes. Nesta situação,

e tal como proposto por Morgan et al. (1990), uma vez que a ciência e as estatísticas tradicionais não oferecem todos os insumos necessários para um modelo ou uma análise política, não restam grandes alternativas aos analistas de decisão a não ser recorrer a especialistas.

O recurso à opinião de especialistas permite assim quantificar a incerteza sobre parâmetros desconhecidos, recorrendo a diferentes métodos, tais como perguntar a um único especialista qual o seu melhor palpite, realizar um levantamento informal de vários especialistas ou seguir um processo estruturado e formalizado a fim de obter e combinar julgamentos probabilísticos. A este ultimo método designamos por *Expert Elicitation* (Colson e Cooke, 2018).

Desde há muito tempo que os agentes de decisão utilizam *Expert Elicitation* por meio de julgamentos quantitativos de especialistas na forma de distribuições de probabilidade subjetiva, no entanto a utilização deste método em decisões do setor público é uma prática ainda pouco comum. Quando realizado devidamente, o uso deste método pode trazer valiosas contribuições para uma tomada de decisão consciente. Contudo, se mal executado, pode levar a resultados inúteis ou até mesmo falaciosos, fazendo com que sejam desviadas possíveis decisões, afastados os especialistas ou desvalorizada a abordagem utilizada, erradamente.

Posto isto, serão abordados segundo Morgan (2014) alguns aspectos inerentes ao uso de *Expert Elicitation* os quais podem ser analisados no apêndice B.1. Para a correta aplicação deste método é crucial que existam especialistas com conhecimentos comprovados na área e com ideias bem fundamentadas no tema em estudo.

3.3 *Multiple Criteria Decision Analysis* (MCDA)

No final da década de 60 e inícios da década de 70 do século passado, surgem as noções básicas da análise de decisão multicritério (*MCDA - Multiple Criteria Decision Analysis*) com o objetivo de conseguir dar respostas aos problemas existentes no mundo real, para os quais os métodos clássicos de investigação operacional não foram capazes de alcançar soluções (Greco et al., 2016).

Esta ferramenta é usada inúmeras vezes, ainda que de forma inconsciente, pelo ser humano. A ponderação de diferentes escolhas ou vias de ação torna-se um problema de tomada de decisão de múltiplos critérios quando vários desses critérios entram em conflito de forma substancial. Cada decisão tomada no nosso dia a dia exige o equilíbrio de vários factores (critérios), por exemplo, o simples facto de decidirmos a roupa que vamos vestir pela manhã envolve ponderar as actividades a realizar durante o dia, o estado do tempo, a impressão que se quer criar, entre outras. Sendo esta uma actividade recorrente no dia a dia, muito provavelmente ninguém sentiu a necessidade de construir um modelo formal para analisar esta questão, uma vez que os impactos negativos são de baixa importância e facilmente podem ser corrigidos, no entanto, muitas vezes deparámo-nos com situações onde assim não acontece e as decisões a tomar têm consequências significativas, com impactos a longo prazo e em várias pessoas, não sendo até possível reparar eventuais erros. Neste contexto o recurso a métodos de análise de decisão multicritério deve ser colocado em prática, com o objetivo de ajudar os decisores a organizar e sintetizar o problema de tal forma que se sintam

mais preparados para tomar decisões, com a certeza de que todos os critérios envolvidos foram tidos em conta, minimizando assim a probabilidade de arrependimento na decisão tomada.

Assim a expressão MCDA, Multiple Criteria Decision Analysis, é definida como um termo geral para descrever um conjunto de abordagens formais que procuram ter em consideração de forma explicita os múltiplos critérios para ajudar indivíduos ou grupos a explorar decisões importantes. Neste contexto foram desenvolvidas várias metodologias de apoio à análise de decisão multicritério (MCDA), sendo que estes modelos podem ser classificados em três grandes categorias: modelos de medição de valor (*Value measurement models*), modelos de objetivos, aspirações ou níveis de referência (*Goal, aspiration or reference level models*) e modelos superiores (*Outranking models*) (Belton e Stewart, 2002). No apêndice B encontram-se descritos de forma mais detalhada os modelos aqui referidos.

Como já referido no ponto 1.3, neste trabalho recorre-se à análise de decisão multicritério com o objetivo de se conseguir parametrizar as várias categorias em estudo. Para isso, irá utilizar-se um dos modelos de medição de valor, o método de AHP - *Analytic Hierarchy Process*. A opção por este método, tem por base as comparações apresentadas no apêndice B.1, realçando o facto de o mesmo suportar a adição de novos especialistas, o que pode vir a ser uma mais valia na utilização de *Expert Elicitation*, como neste caso. Outro fator não menos importante resume-se ao facto de apesar de todos os especialistas envolvidos neste estudo terem um amplo conhecimento e experiência na área florestal podem não ter o mesmo grau de conhecimento no que diz respeito à análise de decisão multicritério.

3.3.1 *Analytic Hierarchy Process* (AHP)

Os fundamentos teóricos do AHP foram desenvolvido por Thomas Saaty na década de 1970. Saaty (2004) foi ainda o co-desenvolvedor do software Expert Choice e do software Super Decisions, os quais implementam problemas multicritério com recurso o AHP.

Este método estrutura o problema de forma hierárquica, agregando vários critérios num critério integrado, onde as preferências dos elementos de decisão são comparadas aos pares em relação ao elemento que precede na hierarquia (Ananda e Herath, 2009).

O AHP tem a particularidade de permitir dividir problemas complexos em problemas de menor importância, os quais serão analisados separadamente para depois serem agregados e darem origem à solução final do problema de maior complexidade. No topo da hierarquia encontra-se a descrição geral, ou seja o objetivo do problema, nos níveis a seguir encontram-se descritos os vários critérios, os quais podem ser ainda subdivididos em subcritérios e assim sucessivamente, por fim, no último nível encontram-se as alternativas do estudo em questão.

Uma das fases mais importantes na tomada de decisão e que tem um efeito significativo no resultado é a modelação do problema. Segundo Saaty (1994) o principio básico a seguir na criação da estrutura hierárquica é verificar se existe resposta para a seguinte questão:

- É possível comparar os elementos de um nível inferior utilizando alguns ou todos os elementos do nível superior seguinte como critérios dos elementos inferiores?

Uma hierarquia bem construída, apesar de apresentar vantagens, não é uma ferramenta suficientemente poderosa na tomada de decisão, é necessário aferir o peso com que os elementos de um nível inferior atuam sobre os elementos do um nível superior, bem como o peso relativo entre os níveis. Para isso é utilizada a escala de prioridades do AHP, onde os pesos relativos atribuídos, denominado de prioridades, estabelecem o nível de importância dos vários critérios (Saaty, 2001).

A utilização da referida escala de prioridades requer que o tomador de decisão tenha a perceção de que um julgamento ou comparação neste contexto é a representação numérica de uma relação entre dois elementos que partilham o mesmo pai. O conjunto de todos os julgamentos pode ser representado numa matriz quadrada na qual os vários elementos são comparados entre si. Cada julgamento apresenta a prevalência de um elemento na coluna mais à esquerda com um elemento da linha do topo da matriz, refletindo a seguinte questão:

- Qual dos dois elementos é mais importante em relação a um critério de nível superior e com que intensidade?

Na tabela 3.1 encontra-se uma representação da chamada matriz de comparações, descrita acima, onde os valores representados na diagonal da matriz correspondem à comparação entre os próprios critérios, além disso, é de salientar que apenas metade da tabela necessita de ser construída, pois a outra metade, a parte inferior esquerda da matriz é preenchida em função do valor recíproco da parte superior direita correspondente. Por exemplo se $a_{ij} = 5$ então $a_{ji} = 1/5$, assim é possível concluir que $a_{ji} = 1/a_{ij}$.

Tabela 3.1: Matriz de comparação

Critérios	**Critério 1**	**Critério 2**	**Critério 3**	**Critério n**
Critério 1	1	a_{12}	a_{13}	a_{1n}
Critério 2	a_{21}	1	a_{23}	a_{2n}
Critério 3	a_{31}	a_{32}	1	a_{3n}
Critério n	a_{n1}	a_{n2}	a_{n3}	1

Para preencher a respetiva matriz é utilizada a escala recomendada por Saaty (1994), a qual está compreendida entre os valores de 1 a 9, onde cada valor numérico tem associado uma expressão descritiva. Outra particularidade da tabela desenvolvida por Saaty (1994) é o facto de esta poder ser usada em critérios na forma quantitativa ou qualitativa. A escala aqui descrita encontra-se representada na tabela 3.2, onde 1 representa a indiferença de importância de um critério em relação a outro e 9 representa a máxima importância dada a um critério em relação a outro.

Tabela 3.2: Escala fundamental de Saaty baseada em (Saaty, 1994).

Importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Pequena importância de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra
5	Grande importância ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra
7	Importância muito forte	Uma atividade é favorecida muito fortemente em relação à outra
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação a outra com o mais alto grau de certeza
2, 4, 6, 8	Valores Intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições

Depois do preenchimento da matriz de comparações é necessário recorrer à sua análise para verificar a consistência da matriz. Quando uma matriz apresenta um elevado grau de inconsistência, por norma os julgamentos realizados foram feitos de forma aleatória, por esse motivo, os mesmos devem ser refeitos ou submetidos a uma melhoria de consistência. Um dos exemplos dados por Saaty (1994), onde são comparados os benefícios do utente com os benefícios institucionais e com os benefícios sociais, obtemos os respetivos julgamentos, 3 e 5. Este exemplo pode ser representado da seguinte forma: $x = 3y$ e $x = 5z$ portanto, poderíamos concluir que $3y = 5z$ e que $y = 5z/3$. Se os julgamentos realizados forem coerentes, o valor atribuído ao julgamento entre os benefícios institucionais e os benefícios sociais deveria ser de $5/3$, caso este valor não se verifique a matriz é considerada inconsistente. Saaty (2004) expressa ainda que a inconsistência pode ser considerada um erro tolerável quando este valor é de uma ordem de grandeza inferior a 10%, portanto, o índice de inconsistência (CI) considerado aceitável é de 0,1.

Para obter o índice de inconsistência é necessário recorrer à chamada matriz de comparações, (tabela 3.1) depois de esta estar devidamente preenchida através, dos vários julgamentos baseados em comparações de pares de elementos fundamentados na escala numérica de Saaty. Posto isto, recorre-se à normalização da matriz através da divisão de cada elemento de uma determinada coluna pela soma dessa mesma coluna, o valor normalizado pode ser expresso por:

$$w_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} a_{ij}} \tag{3.1}$$

Este processo permite obter uma nova matriz, na qual serão calculados o valor médio para cada

linha, obtendo assim a importância relativa dos vários critérios ou alternativas. Para avaliar a conformidade dos resultados obtidos, a soma das importâncias relativas deve ser igual a 1.

Após alcançar estes valores, é possível determinar o índice de consistência (CI), o qual é obtido através da seguinte expressão:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \tag{3.2}$$

- λ_{max} representa o máximo valor próprio da matriz de comparações, o qual pode ser obtido através da multiplicação da matriz de julgamentos ou comparações (tabela 3.1) pelo vetor coluna da importância relativa (W), o vetor obtido é depois dividido pelo vetor coluna da importância relativa (W). O vetor coluna resultante permite então chegar ao valor de λ_{max}.
- n representa o número de critérios ou alternativas avaliados na matriz.

Depois de calculado o índice de consistência (CI) é ainda possível calcular a razão de consistência (RC), a qual é obtida pela seguinte equação:

$$RC = \frac{CI}{RI} \tag{3.3}$$

- *RI* representa o índice aleatório, este valor pode ser obtido em função do número de critérios ou alternativas (n) da matriz em análise, como apresentado na tabela 3.3.

Tabela 3.3: Valores de RI consoante o número de critérios ou alternativas (n).

n	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
RI	0.00	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

3.4 Aplicação prática do caso em Estudo

Nesta secção são descritas todas as etapas envolvidas na execução desta dissertação. Este trabalho tem por base a dissertação realizada pelo Rui Mendonça (Mendonça, 2019), como tal as entrevistas por ele realizadas foram tidas em conta, servindo de ponto de partida para a realização do mesmo. Esta dissertação assenta essencialmente em duas fases distintas, numa primeira fase recorreu-se à realização de entrevistas, e numa segunda fase procedeu-se à implementação do método de AHP.

Após um estudo cuidado da informação proveniente das entrevistas realizadas pelo Rui Mendonça, foi preparado e elaborado um guião com os tópicos a abordar durante a realização das primeiras entrevistas. Foi ainda elaborado um termo de consentimento onde foi pedida a autorização para gravar as referidas entrevistas e para poder utilizar a informação recolhida no âmbito desta dissertação. A realização destas entrevistas, que depois de realizadas foram todas elas transcritas,

teve como finalidade complementar a informação proveniente da revisão da literatura acerca das oito categorias envolvidas neste estudo, procurando perceber de que forma a *Internet of Things* poderá vir a ser uma mais valia ou quais as restrições à sua utilização. Através da informação recolhida, esta foi organizada em três parâmetros distintos, nomeadamente: Desafios à adoção da IoT, Oportunidades para adoção da IoT e Discordâncias à adoção da IoT.

3.4.1 Implementação Hierárquica do Problema

Depois de concluído todo o trabalho qualitativo relativo às oito categorias envolvidas neste estudo surge a necessidade de lhes atribuir valores. Apesar de todas as categorias terem sido classificadas em três parâmetros como já referido, não implica por exemplo, que os desafios colocados à categoria "Tratamento e Gestão de Combustíveis" tenham o mesmo peso que os desafios colocados à "Deteção de Incêndios Rurais". Contudo, ainda existe a possibilidade de para a mesma categoria, o impacto que os desafios, ou oportunidades possam ter seja diferente de pessoa para pessoa. Desta forma, a adoção de uma metodologia revela-se uma mais valia para a seleção das categorias mais promissoras para a adoção da *Internet of Things*, bem como para compreender qual a importância que está por de trás de cada oportunidade, desafio e discordância.

Posto isto, procedeu-se à modelação do problema aplicando o método de AHP. Aquando da definição dos critérios pretendeu-se fazê-lo de forma cuidadosa para não saturar o decisor, neste caso os oito especialistas já mencionados, e procurar proporcionar-lhes uma visão do problema de forma simples e clara. Para isso o problema, o chamado objetivo principal foi fragmentado em dois "pequenos problemas".

A implementação do método do AHP utilizado nesta dissertação, consiste numa estrutura hierárquica assente em três níveis. No primeiro nível encontra-se descrito o objetivo a avaliar, designado como "Factores que influenciam a adoção da IoT", no segundo nível encontram-se os critérios, os quais são compostos pelas oito categorias e por fim, no terceiro nível, encontram-se os três parâmetros a avaliar para cada categoria, desafios, oportunidades e discordâncias. A figura 3.1 apresenta o esquema visual para a hierarquia aqui descrita.

Visto o problema desta forma, e como foram definidos oito critérios, consequentemente serão construídas oito matrizes (3 x 3) onde são comparados (aos pares) os graus de importância estabelecidos entre cada elemento do terceiro nível (um dos três parâmetros) para cada elemento do segundo nível da hierarquia (cada uma das 8 categorias), resultando assim num conjunto de 8 x 3 = 24 comparações. Foi ainda necessário estabelecer a comparação par a par de cada elemento do segundo nível hierárquico em função do objetivo principal, por outras palavras, as oito categorias aqui definidas como critérios foram comparadas entre si duas a duas, perfazendo um total de 28 comparações. Deste modo será necessário realizar 52 comparações para poder dar seguimento à execução do método de AHP. Verificando a relação existente entre níveis é possível aferir que estes podem ser facilmente relacionados entre si, sem causar incertezas ou incompreensão por parte dos especialistas.

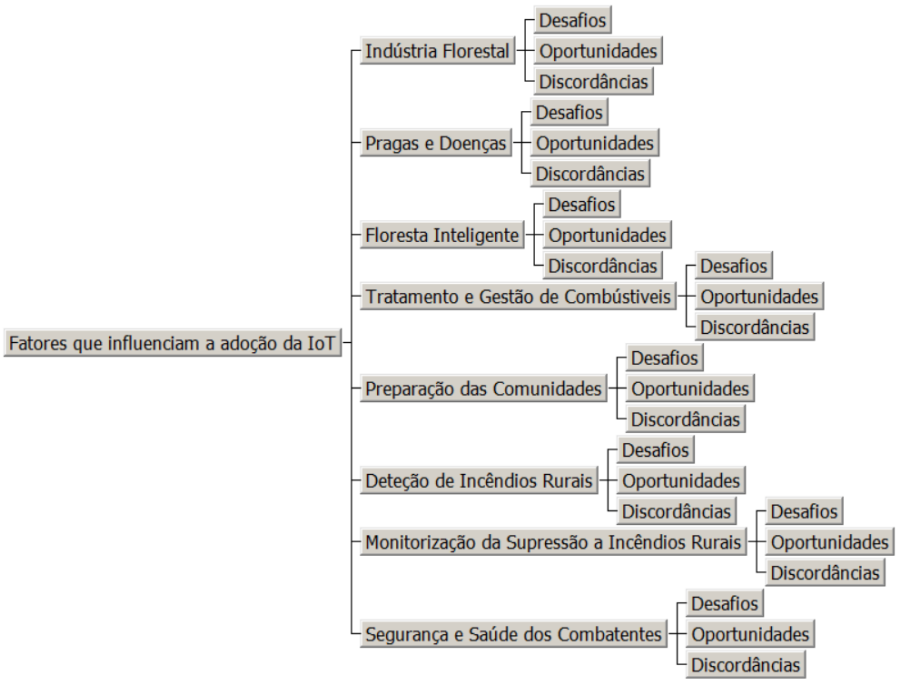


Figura 3.1: Estrutura hierárquica utilizada na aplicação do método de AHP, retirada do *Software Expert Choice*

3.5 Recolha de Dados

Com o objetivo de que os dados recolhidos representem uma análise que abranja todas as áreas em estudo, foram seleccionados para ser entrevistados especialistas portugueses envolvidos em diferentes áreas ligadas ao setor florestal, com um amplo conhecimento e trabalho reconhecido nesta área.

As entrevistas realizadas foram segmentadas em duas fases distintas, inicialmente e tendo por base os conhecimentos de *Expert Elicitation* como descrito no apêndice B.1, foram colocadas perguntas abertas para que o especialista se sinta completamente à vontade para fazer os seus próprios julgamentos, abordar os seus conhecimentos sobre o tema em questão e não se sentir de certa forma influenciado com demasiada informação. No entanto, atendendo às entrevistas realizadas pelo Rui Mendonça foram analisados alguns dos tópicos por ele abordados para verificar até que ponto os entrevistados se mantinham convictos das suas anteriores afirmações. Ainda na primeira fase das entrevistas foi pedido aos especialistas que ordenassem as categorias abordadas, sendo que a primeira seria aquela onde no seu entender tinha mais experiência ou mais conhecimento, para verificar se todas as categorias estavam a ser cobertas de forma adequada. Posto isto, foram selecionados 8 especialistas.

Já na segunda fase de entrevistas foi apresentada uma tabela sintetizada com toda a informação recolhida para verificar eventuais equívocos e onde foi possível aprofundar com mais detalhe alguns tópicos abordados na entrevista anterior. Durante esta entrevista foi ainda explicado o

recurso à análise de decisão multicritério, nomeadamente ao método AHP para explorar a categoria mais promissora para adoção da IoT. Para tal, foi solicitado o preenchimento de um questionário online, onde foram garantidas todas as abordagens necessárias para a implementação de AHP. A aplicação prática deste método foi realizada através do software de tomada de decisão *Expert Choice*.

3.5.1 Questionário

No decorrer da segunda entrevista, não sendo os métodos de análise de decisão o ponto forte da maior parte dos especialistas aqui envolvidos, foi feita uma pequena apresentação onde foi explicado os princípios fundamentais do método AHP para que assim todos os intervenientes tivessem os conhecimentos necessários para avançar à próxima fase, a resposta ao questionário. Ainda nesta apresentação foi feita uma pequena contextualização das oito categorias e dos três parâmetros em estudo: desafios, oportunidades e discordâncias. Foi também explicada a estrutura do inquérito, bem como o seu devido preenchimento.

No apêndice C encontra-se a apresentação do questionário aqui mencionado. Esta apresentação pretendeu essencialmente procurar garantir que todos os especialistas partiam da mesma situação base, isto é, com o mesmo grau de conhecimento acerca de como responder ao que lhes era perguntado (com base no seu conhecimento).

Nas figuras 3.2 e 3.3 são algumas das possíveis respostas dadas às duas perguntas colocadas ao longo do questionário. Estas perguntas são o ponto de partida para o devido preenchimento das matriz descritas no ponto 3.4.1.

No primeiro exemplo da figura 3.2 são feitas as comparações entre pares das várias categorias, sendo para isso colocada a seguinte questão aos oito especialistas:

- Perante a apresentação das 8 categorias, estabeleça a relação existente entre estas, do ponto de vista do seu potencial para a adoção da *Internet of Things*. O potencial associado a cada categoria, representa o seu potencial de utilização (tem potencial para ser aplicada), bem como viabilidade económica (tem potencial de interesse).

No segundo e ultimo exemplo, na figura 3.3 são realizadas as comparações par a par entre os vários desafios, oportunidades e discordâncias em relação a cada uma das 8 categorias. A questão colocada aos especialistas para esta fase foi a seguinte:

- Focando-se na categoria **Indústria Florestal**, estabeleça a relação existente no que diz respeito aos seus eventuais desafios, oportunidades e discordâncias apresentados à adoção de novas tecnologias com recurso à *Internet of Things*.

As respostas dadas a estas questões têm por base a escala fundamental de Saaty, a qual foi ligeiramente alterada com o objetivo de tornar o questionário mais compreensível pelos especialistas. Os valores considerados intermédios na escala de Saaty foram ignorados, a escala usada é na mesma compreendida entre 1 e 9, no entanto o nível 5 representa a igualdade entre dois elementos,

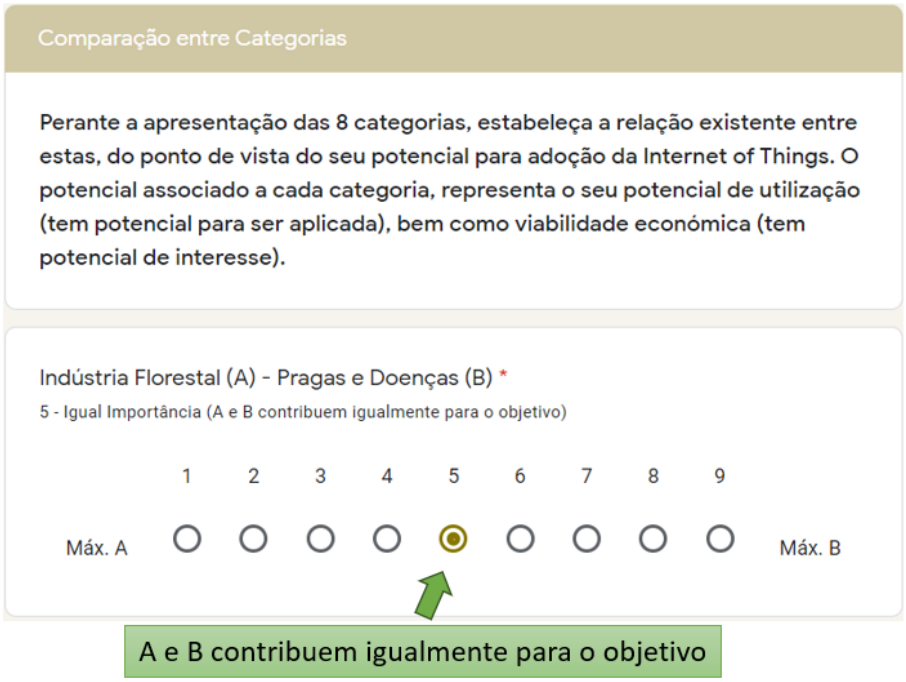


Figura 3.2: Exemplo da comparação entre pares das várias categorias

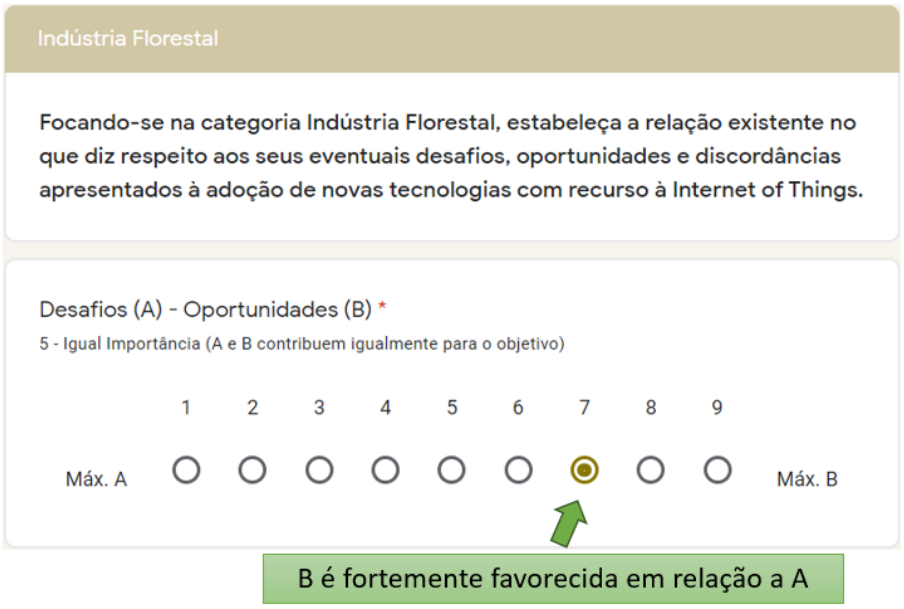


Figura 3.3: Exemplo da comparação entre pares dos vários desafios, oportunidades e discordâncias em relação a cada categoria

sendo que, à medida que a escala se aproxima de 1 é dada a máxima importância ao elemento "A", quando se aproxima de 9 é dada a máxima importância a "B", tal como demonstrado na figura 3.4.

Este questionário foi elaborado através do Google Forms, o qual foi enviado depois da ultima

Nível de Importância	Definição	Explicação
1	Importância absoluta	**A** é favorecida com o mais alto grau de certeza em relação a **B**
2	Importância muito forte	**A** é extremamente favorecida em relação a **B**
3	Grande importância ou essencial	**A** é fortemente favorecida em relação a **B**
4	Pequena importância de uma sobre a outra	**A** é levemente favorecida em relação a **B**
5	Igual importância	**A** e **B** contribuem igualmente para o objetivo
6	Pequena importância de uma sobre a outra	**B** é levemente favorecida em relação a **A**
7	Grande importância ou essencial	**B** é fortemente favorecida em relação a **A**
8	Importância muito forte	**B** é extremamente favorecida em relação a **A**
9	Importância absoluta	**B** é favorecida com o mais alto grau de certeza em relação a **A**

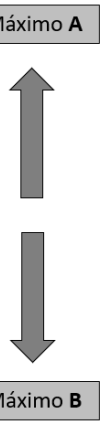


Figura 3.4: Escala utilizada no preenchimento do questionário

entrevista. Para cada especialista, aquando do envio do questionário foi enviado também uma tabela que resume as suas respostas às entrevistas anteriores (apêndice D) para servir de auxílio à sua resposta bem como a apresentação que lhe foi feita onde é explicado o preenchimento do questionário. Para salvaguardar eventuais submissões com respostas em branco, o questionário apenas foi entregue depois de garantidas todas as respostas.

3.5.2 *Software Expert Choice*

Primeiramente, tal como descrito na apresentação do método AHP, foi efetuada a estruturação do problema, foram definidas as 8 categorias como critérios e os três parâmetros como alternativas. Após obter por parte de alguns especialistas a sua resposta ao questionário, tendo em conta que a recolha destes dados não foi toda realizada na mesma altura, foi utilizada a informação reunida até ao momento para iniciar o tratamentos de dados no programa *Expert Choice*.

Esta ferramenta permitiu que, à medida que os vários especialistas foram submetendo as suas respostas, os dados pudessem ser introduzidos no problema, facilitando assim todo o processo.

O questionário neste trabalho faz a ponte para a introdução dos dados no programa. A recolha de informação obtida através do questionário foi transferida para a folha de calculo de Excel, através das funcionalidades do Google Forms, tendo sido ajustados para que os dados obtidos pudessem ser introduzidas no software. Estes ajustes deveram-se ao facto de a escala utilizada para responder ao questionário ser ligeiramente diferente da escala utilizada no software.

Nas duas figuras abaixo (3.5 e 3.6) é apresentada a forma como são estabelecidas as comparações entre dois elementos tanto no questionário como no programa *Expert Choice*, respetivamente. Apesar de a escala utilizada ser diferente, ela é facilmente convertida uma na outra. Como referido no ponto 3.5.1 os pontos intermédios, ou seja 2, 4, 6 e 8 da escala utilizada na figura 3.6 são ignorados. Desta forma a pontuação 9 mais à esquerda da figura 3.6 corresponde à pontuação 1 na figura 3.5, enquanto que a pontuação 9 mais à direita da figura 3.6 corresponde à pontuação 9 na

figura 3.5. A pontuação intermédia, a qual estabelece um termo de comparação equivalente para ambos os elementos é definida por 5 na figura 3.5 e 1 na figura 3.6, ambos centrados nas respetivas escalas.

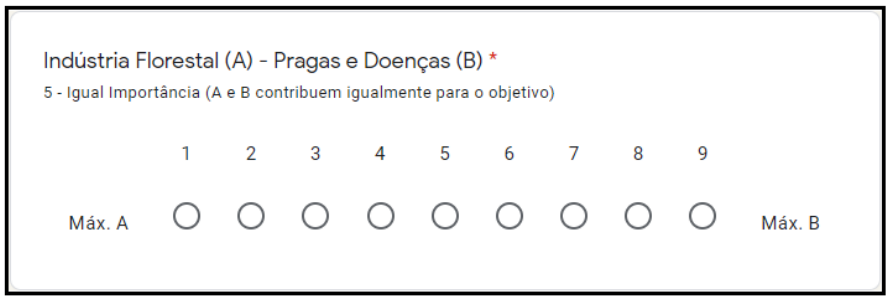


Figura 3.5: Comparação entre dois elementos no questionário realizado

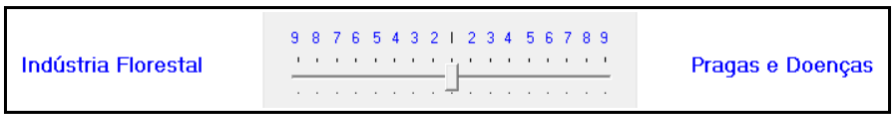


Figura 3.6: Comparação entre dois elementos no *Software Expert Choice*

Seguindo esta lógica as restantes correspondências podem ser observadas na tabela 3.4, onde os valores atribuídas no programa *Expert Choice* à direita do ponto intermédio são representadas a vermelho (pontuação negativa) e a verde os valores à esquerda, sendo o valor intermédio representado a preto.

Tabela 3.4: Correspondência entre a escala utilizada no questionário e a escala utilizada no *Software Expert Choice*

Questionário	***Expert Choice***
1	9
2	7
3	5
4	3
5	1
6	-3
7	-5
8	-7
9	-9

Esta conversão das escalas, foi aplicada na transformação dos dados através da função PROCV,

ou em inglês VLOOKUP, da folha de cálculo de Excel. Depois desta modificação dos dados, os mesmos foram introduzidos no *Software Expert Choice* para posterior análise.

Este modelo foi corrido no "modo ideal" uma vez que se procura obter de entre as várias alternativas a melhor, sem existir relação de dependência entre elas. Outra opção seria utilizar o "modo distributivo", o qual não se aplica pois é aplicado apenas quando existe dependência entre as alternativas, ou seja quando se procura encontrar uma alternativa que é melhor em relação a outras.

Capítulo 4

Resultados e Discussão

Neste capitulo são apresentadas as principais conceções referentes a cada uma das categorias estudadas segundo os oito entrevistados ao longo deste trabalho. São ainda apresentados os resultados obtidos depois da execução do método de AHP. Tendo em conta os resultados aqui obtidos, são também apresentadas aplicações ou tecnologias que recorrendo à IoT poderão ser adotadas no âmbito das categorias consideradas mais promissoras.

4.1 Entrevistas com Especialistas

No âmbito das entrevistas realizadas, foi pedido a cada especialista que ordenasse as 8 categorias por ordem de familiarização com a mesma, com o objetivo de se perceber se existiam especialistas familiarizados com todas as categorias em estudo. Para tal foi-lhes apresentada uma escala de resposta em que 1 significa "totalmente familiarizado" e 8 significa "nada familiarizado". Foi definido como critério para uma adequada distribuição dos especialistas, que cada categoria cumprisse pelo menos um dos seguintes requisitos: pelo menos um especialista que atribuísse a classificação de 1 ou dois especialistas que atribuíssem a classificação 2 ou 3. Tendo em conta que alguns dos especialistas não se sentem familiarizados com várias categorias, foi-lhes pedido que atribuíssem a pior pontuação às mesmas, neste caso 8. Nesta perspectiva quanto menor for a pontuação obtida melhor será a familiarização dos decisores com as respectivas categorias.

Analisando a figura 4.1 verifica-se que os requisitos acima mencionados foram cumpridos, obtendo assim para as categorias FI (Floresta Inteligente), TGC (Tratamento e Gestão de Combustíveis), PC (Preparação das Comunidades), MSIR (Monitorização da Supressão a Incêndios Rurais) e SSC (Segurança e Saúde dos Combatentes) pelo menos uma pessoa que se identifica por completo, dando a classificação de "1". Enquanto que as restantes categorias IF (Indústria Florestal), PD (Pragas e Doenças) e DIR (Deteção de Incêndios Rurais) têm pelo menos dois especialistas com classificação de "2" ou "3".

Relativamente às entrevistas realizadas, são agora expostas as ideias principais reunidas em torno das oito categorias, realçando para cada uma delas os principais desafios, oportunidades e discordâncias na adoção da IoT, de acordo com os entrevistados. Estas entrevistas podem ser

		Categorias							
		IF	PD	FI	TGC	PC	DIR	MSIR	SSC
Respostas dos especialistas	Esp. 1	8	8	8	1	2	2	1	8
	Esp. 2	5	8	3	8	6	4	2	1
	Esp. 3	3	4	1	2	8	8	8	8
	Esp. 4	2	8	1	3	8	8	8	8
	Esp. 5	8	2	1	1	8	3	8	8
	Esp. 6	4	2	1	3	8	5	7	6
	Esp. 7	5	2	8	1	6	3	3	7
	Esp. 8	8	8	8	8	1	2	8	8
Análise Estatística	Soma	43	42	31	27	47	35	45	54
	Mímino	2	2	1	1	1	2	1	1
	Máximo	8	8	8	8	8	8	8	8
	Mediana	5	6	2	3	7	4	8	8
	Moda	8	8	1	1	8	2 8 3	8	8
	Média	5,4	5,3	3,9	3,4	5,9	4,4	5,6	6,8
Quantas vezes é obtida cada pontuação	1	0	0	4	3	1	0	1	1
	2	1	3	0	1	1	2	1	0
	3	1	0	1	2	0	2	1	0
	4	1	1	0	0	0	1	0	0
	5	2	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	0	2	0	0	1
	7	0	0	0	0	0	0	1	1
	8	3	4	3	2	4	2	4	5

Figura 4.1: Pontuação atribuída por cada especialista, análise estatística das respostas e quantidade de vezes que cada pontuação é atribuída a cada categoria

consultadas com maior detalhe no apêndice D, onde se encontra um resumo e uma tabela com as ideias chave para cada entrevista realizada.

Indústria Florestal

Relativamente à Indústria Florestal é referido que a monitorização de toda a cadeia de valor, desde a árvore que é cortada na floresta até ao produto final a que se destina, é sem duvida uma mais valia. Conhecer o grau de humidade ao longo da cadeia logística é fundamental não só para a questão da cortiça mas também para a madeira ou mesmo a biomassa. Tal como referido por vários entrevistados, o grande problema associado à biomassa é a questão do transporte e o qual pode ser solucionado com o controlo dos níveis de humidade para assim se perceber qual a melhor altura para ser transportada ou criar locais estratégicos onde se pudesse acumular estes subprodutos florestais, para mais tarde serem destroçados e posteriormente encaminhados para as centrais. É realçada ainda a necessidade de se criarem cadeias sustentáveis na floresta, com vista à valorização dos produtos e subprodutos florestais. Exemplo disso, é a biomassa, um subproduto florestal não valorizado que agora começa a ser encarado como uma receita complementar, podendo até nas zonas de maior procura deste produto, nas proximidades das centrais termoelétricas, ser encarado como uma solução viável para reduzir o risco de incêndio.

São ainda apresentados alguns desafios relativamente à Indústria Florestal, desde logo a necessidade de se seleccionar a biomassa recolhida uma vez que não tem toda a mesma utilidade. O facto de muitas vezes se enviarem troncos de madeira para serem queimados no lugar de subprodutos florestais é apontado por vários especialistas como algo que não deveria acontecer, uma vês que desvirtualiza a real função para a qual se criaram as centras a biomassa. É ainda referido como desafio a falta de meios humanos para trabalharem na recolha desta biomassa, motivado pelo facto da pouco interesse das pessoas trabalharem em contexto florestal. Por fim, é apontado como desafio o facto de poder existir uma variação do preço a pagar pela madeira tanto no sentido de aumentar como no de diminuir.

Pragas e Doenças

Quando se abordou os especialistas sobre a questão da prevenção de pragas e doenças na floresta, e de que forma a IoT poderia ser importante nesta situação, referem que tudo o que possa ser feito para detetar o possível aparecimento de uma praga antes mesmo da árvore em si ser afetada, torna-se-á uma mais valia. A solução mais comum apresentada pelos vários entrevistados consiste num dispositivo que através de ferormonas atrai os insetos e através de câmaras captura as imagens do inseto, imagens estas que posteriormente serão enviadas ao gestor florestal para que este analise através do processamento de imagens e assim perceber de que inseto se trata e se este poderá ser um vetor de alguma doença para a floresta, de forma a que se possa antecipar a chegada de um problema e possam ser tomadas medidas em tempo útil. Outra solução também mencionada foi a utilização de sensores metabolómicos nas plantas, os quais permitem medir as alterações no metabolismo das mesmas de forma a que se consiga perceber se cada planta foi infetada com alguma doença e assim tomar uma posição mais preventiva.

Os especialistas apresentam ainda alguns desafios à adoção da IoT nomeadamente a possbilidade de todo o investimento ser destruído à passagem de um incêndio, o facto de nas soluções atuais ainda serem necessárias deslocações ao local. O preço de aquisição destes equipamentos são elevados, o que os torna pouco atrativos, e no caso de alguns insetos os especialistas dizem que devido às suas dimensões reduzidas poderá ser difícil deteta-los.

Floresta Inteligente

Relativamente à floresta inteligente são sugeridas pelos especialistas algumas tecnologias tais como a monitorização constante de condições atmosféricas como é o caso da humidade, temperatura, vento, presença de oxigénio, entre outros. Apontam ainda como fundamental conhecer-se o que existe a cada momento na floresta, desde logo através de câmaras fixas de alta resolução ou câmaras móveis acopladas a drones, por exemplo, que permitam fazer uma monitorização da vegetação e do que se passa na floresta, bem como perceber de que forma está a evoluir. Foram ainda mencionados os sensores biodegradáveis, ainda que sejam pouco eficientes, que se decompõe ao fim de algum tempo, reduzindo assim o impacto ambiental da solução implementada. Grande

parte dos especialistas defende que a sensorização da floresta apenas pode ser aplicada em zonas específicas, uma vez que sensorizar toda a floresta obrigaria a uma enorme quantidade de sensores e a uma rede de comunicações muito boa, o que não é possível neste momento. São ainda apontados outros desafios como o roubo ou vandalismo dos sensores, e a grande quantidade de dados que é gerada pelos sensores, e que torna difícil o seu tratamento. É também defendido que os sensores devem ser o mais "user friendly" possível e que é necessário que os proprietários entendam bem as vantagens de os usarem, para que venham a investir na sensorização.

Tratamento e Gestão de Combustíveis

No que diz respeito ao tratamento e gestão dos combustíveis, a maior parte dos entrevistados refere que a melhor forma de avaliar o problema complexo dos combustíveis, nomeadamente a forma como estes se encontram distribuídos, ou a carga que possuem passa pela utilização de soluções como o LiDAR, imagens de satélites, ou vídeos aéreos, pois são ferramentas que facilmente conseguem cobrir uma vasta área. A possibilidade de adquirir imagens em diferentes espectros permite que seja possível identificar os diferentes constituintes do solo, no entanto não é descartada a possibilidade de terem de ser feitas deslocações ao terreno para ter uma melhor perceção do que existe num determinado local. Existem ainda ferramentas terrestres que através de laser retiram informações sobre a vegetação que existe num determinado local como o volume, a carga de combustível ou a continuidade do combustível, podendo ser úteis para eventuais deslocações ao terreno. Ainda assim é mencionada a possibilidade de serem introduzidos sistemas autónomos robotizados capazes de efectuar limpezas nas florestas, reduzindo assim o esforço físico e a quantidade de operadores necessários nestas intervenções. Contudo são apresentadas algumas limitações à utilização destes sistemas, como a presença de pedras ou inclinações onde estas máquinas não sejam capazes de operar, portanto o problema não se concentra propriamente na dificuldade em distinguir o que seria para corte ou não, concentra-se na solução mecânica propriamente dita e na dificuldade de locomoção em áreas irregulares. Apesar disso, existe a necessidade de dar utilidade ao material proveniente da limpeza das florestas, pois se este não tiver um proveito associado à utilização destas máquinas apenas é visto como um custo para o proprietário e não como uma mais valia.

Preparação das Comunidades

O principal objetivo na Preparação das Comunidades é garantir que, em caso de incêndio se consegue dar o alertar de forma precoce à população e aos meios de socorro, tirando-se partido da IoT por forma a otimizar este alerta, de forma que ele seja rápido e eficaz. Relativamente à comunicação estabelecida entre as várias entidades, alguns entrevistados não vêm a IoT como uma possibilidade, afirmando que existem muitas zonas do país onde a topografia existente não permite a passagem de sinal com a atual cobertura das redes de comunicação móvel. Estes entrevistados reforçam ainda que a atual rede de comunicação utilizada nos teatros de operações, a rede SIRESP,

apesar das falhas apresentadas é a melhor opção, destacando que já existem soluções robustas para combater estas falhas. Contudo, outra parte dos entrevistados refere que o meio de comunicação preferencial estabelecido durante as comunicações no teatro de operações assenta no 2G, 3G ou 4G que, no entanto, pode falhar sendo necessário haver soluções redundantes. Neste contexto, a IoT poderá ser introduzida como um complemento às atuais redes. São propostas várias soluções, como carrinhas que possuem grandes mastros com baterias próprias capazes de criar uma rede de comunicação com um largo raio de alcance, balões de telecomunicações a grande altitude que reforcem a rede na zona do incêndio, redes de comunicações enterradas, ou até mesmo drones capazes de fazer chegar comunicações às pessoas. Focando mais na população, existe a necessidade de que a partilha de informação que circula entre as várias entidades envolvidas no teatro de operações, seja disponibilizada à população em geral. Devendo existir transparência na informação para que as comunidades saibam interpretar o comportamento do fogo e saibam como atuar durante um incêndio. Mas para que tudo isto funcione é também necessário instruir a população para que esta saiba interpretar a informação disponibilizada pelas equipas no terreno.

Deteção de Incêndios Rurais

Relativamente à deteção de Incêndios Rurais, procurou-se perceber perante os entrevistados a sua opinião relativamente à implementação de sistemas que, com recurso à IoT, permitam uma deteção precoce dos incêndios rurais e consequentemente uma transmissão em tempo real dessa informação. Pode-se afirmar que todos os entrevistados vêm este tipo de soluções, tais como os sistemas de deteção automática de incêndios, a utilização de drones, câmaras de videovigilância ou até tecnologias microssatélites, como uma mais valia para a deteção de incêndios rurais. Por exemplo, os sistemas automáticos de videovigilância podem solucionar as deteções tardias nas zonas normalmente menos povoadas, além disso podem ainda funcionar como meios complementares de videovigilância para os tradicionais postos de vigia, permitindo um acompanhamento em tempo real e com elevada qualidade de vídeo. Apesar de serem considerados como uma mais valia, são reforçadas algumas observações relativamente à adoção deste tipo de sistemas. Alguns dos entrevistados referem que estes não podem substituir a intervenção humana ou os tradicionais postos de vigia, pois a presença humana é essencial e fundamental na deteção de incêndios e no alerta aos serviços de emergência. Por outro lado a implementação deste tipo de abordagens apenas se justificaria para zonas estratégicas que sejam mais propícias à ocorrência de incêndios, ou numa perspectiva associativa, como organizações de Produtores Florestais. Além disso, em relação aos sistemas de deteção, são apresentados alguns entraves, dois dos entrevistados referem mesmo que têm conhecimento de soluções que não tiveram grande sucesso, uma vez que ainda se encontram numa fase muito experimental, o que não permite dar a segurança necessária para que estas soluções sejam eficazes.

Monitorização da Supressão a Incêndios Rurais

Na opinião dos vários especialistas auscultados, este é um ponto onde a IoT poderá trazer vantagens em vários aspetos. Desde logo a medição de fatores meteorológicos como o vento, a temperatura ou a humidade, permitirão ajudar a prever a forma como o fogo está a evoluir, e assim gerir melhor as equipas no terreno. Já quanto à melhoria da comunicação nos teatros de operações são sugeridas algumas tecnologias, como o uso de carrinhas equipadas com antenas que expandam o sinal móvel, ou o uso de redes mesh entre os combatentes na linha de água, à semelhança do que é feito com os barcos no mar. É ainda sugerido como reforço das redes de comunicação o recurso a balões de comunicações a grande altitude. A sensorização dos combatentes e dos meios de supressão, permite de uma forma expedita que o comando das operações saiba em tempo real quantos meios estão no terreno e onde estão, sendo isto uma ferramenta fundamental para uma boa gestão da supressão ao fogo e dos operacionais no terreno, além de permitir saber as condições dos meios, como o nível de água nos tanques, o combustível dos veículos ou os níveis das botijas de oxigénio dos combatentes. Na opinião de vários especialistas, o recurso a técnicas de previsão com base em acontecimentos passados, também seria um grande auxílio na gestão dos fogos, uma vez que permite que se evitem erros cometidos, ou se consiga prever melhor a evolução do fogo. O uso de meios aéreos autómomos, drones, também é visto como uma boa solução tanto na monitorização como na própria supressão ao terem capacidade para recolher imagens termográficas para ajudar a perceber onde se encontram os pontos quentes, mas também ao expelirem substâncias químicas em locais estratégicos, que possam ajudar na supressão às chamas. É ainda sugerido por um dos especialistas um sistema já em uso na Finlândia, que consiste em equipar os voos comerciais e de aprendizagem com sistemas LiDAR também para monitorização dos pontos quentes. É visto de uma forma positiva o desenvolvimento de sensores robustos com capacidade de resistir às condições dos incêndios, pois permitiria ter noção do que se está a passar no "interior"do foco de incêndio. Por último, foi referido por vários especialistas que seria bastante proveitoso o desenvolvimento de sistemas que fossem capazes de detetar reacendimentos, pois é considerado um dos grandes inimigos dos incêndios atualmente. Relativamente aos desafios do uso da IoT neste ponto, os especialistas apontam para o facto de a quantidade de dados gerados ser muito grande podendo tornar-se difícil geri-los num curto período de tempo, sendo que na sua opinião o problema da sensorização estará mais na partilha da informação do que na própria recolha da mesma. É necessário que a informação transmitida aos órgãos de decisão seja bastante fidedigna para que não dê origem a falsos alarmes, e consequentemente ao desperdício de meios. Existem ainda algumas discordâncias à adoção da IoT apontadas por alguns dos especialistas, desde logo o facto de as redes mesh não poderem ser usadas de forma autónoma, dependendo sempre de comunicações móveis para envio da comunicação até ao posto central, bem como a necessidade de se ter uma rede de comunicação robusta, caso contrário os sensores não poderão partilhar os dados.

Segurança e Saúde dos Combatentes

Relativamente à segurança dos operacionais envolvidos na supressão às chamas, todos os entrevistados referem que o uso de equipamentos sensorizados capazes de fornecer uma maior segurança aos bombeiros é de extrema importância, porque acidentes dentro do teatro de operações não só desmotiva toda a restante equipa como a desmobiliza. Por isso, na opinião dos entrevistados é perfeitamente plausível adaptar e acomodar dentro daquilo que já é o equipamento utilizado, o uso de pequenos dispositivos que através de câmaras ou sensores consigam reter informações cruciais, como a monitorização dos dados vitais, saber se o bombeiro está desidratado, a temperatura ao seu redor, quais os níveis de oxigénio existentes, ter uma noção da proporção do fogo e de como este está a evoluir, porque no fundo, através dos bombeiros é possível retirar informações relativas à frente de incêndio. Outro fator extremamente importante é a localização, ter a localização de cada bombeiro no meio de um teatro de operações pode ser uma mais valia caso alguém se desoriente ou perca os sentidos. Obviamente toda esta monitorização de dados dariam suporte não só à gestão das equipas no terreno, como poderia estar associada a uma rede de alerta às equipas médicas para que em caso de necessidade, estas pudessem intervir de imediato. Apesar de todas estas vantagens, existem alguns obstáculos como a certificação deste tipo de equipamentos, a falta de conhecimento por parte do público alvo, das potencialidades que estes equipamentos podem ter e sobretudo o custo associado à implementação deste tipo de tecnologias. Além disso, é reforçada por vários entrevistados a necessidade de estes equipamentos serem extremamente fáceis de usar e colocar, porque em situações de emergência simplesmente não há tempo para acomodar mais coisas além das essenciais.

4.2 Categorias mais Promissoras à Adoção da *Internet of Things*

Os resultados obtidos depois da aplicação do AHP através do *software Expert Choice* são agora apresentados nesta secção. Na figura 4.2 encontram-se os resultados diretamente obtidos depois da introdução dos dados fornecidos pelos oito especialistas.

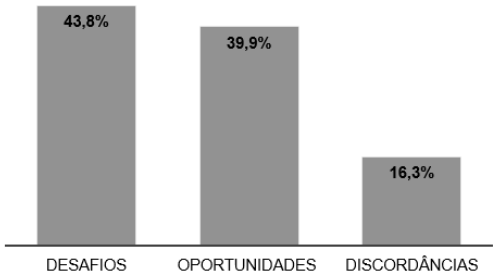


Figura 4.2: Resultados obtidos para os pesos atribuir aos parâmetros: Desafios, Oportunidades e Discordâncias, associados a uma inconsistência de 4%

Entre os três parâmetros estabelecidos, Desafios, Oportunidades e Discordâncias, no geral os entrevistados consideram que aplicação da IoT no contexto dos Incêndios Rurais e da Valorização dos Espaços Florestais apresenta muitos desafios, bastantes oportunidades e existem poucas discordâncias no que diz respeito à sua implementação.

Relativamente aos pesos a atribuir aos três parâmetros acima, estes podem ser ainda analisados individualmente para cada uma das oito categorias definidas. Na figura 4.3 são apresentados os pesos atribuídos aos desafios, oportunidades e discordâncias para cada categoria individualmente, bem como a inconsistência associada. São ainda apresentadas 4 linhas horizontais, as quais remetem para os resultados descritos acima como referência geral.

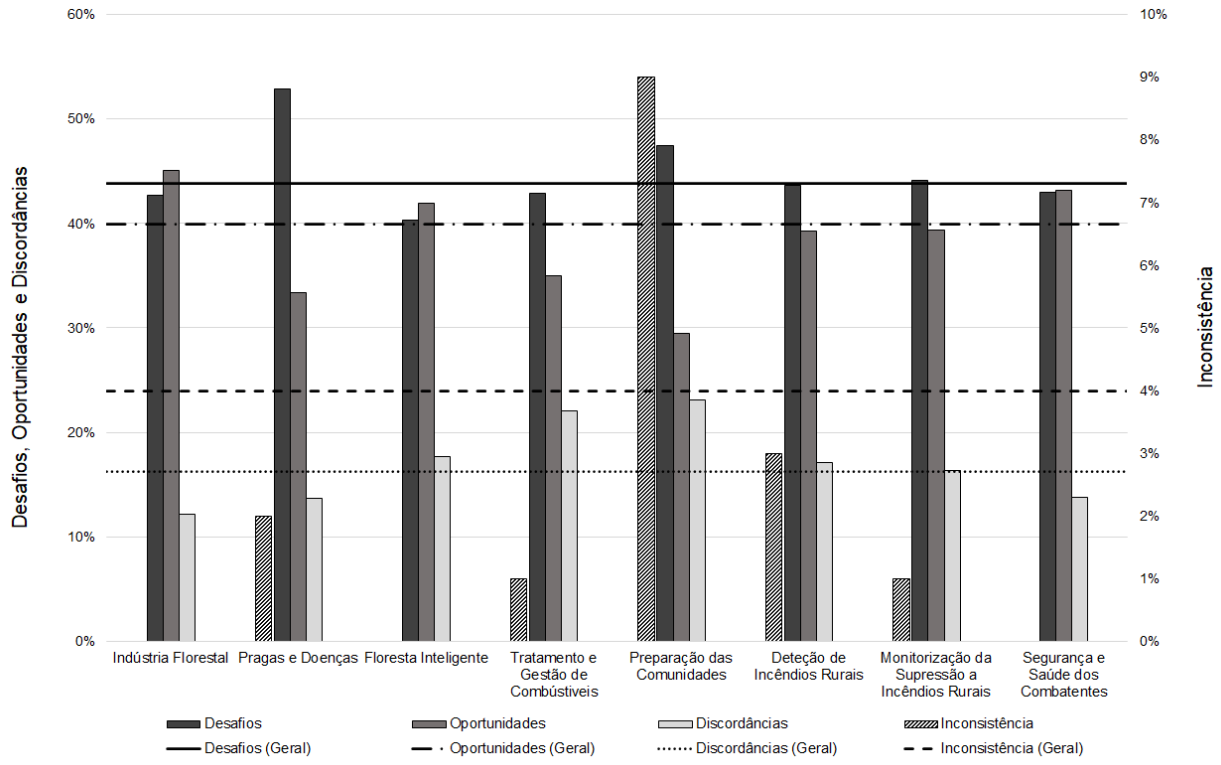


Figura 4.3: Análise individual para cada uma das oito categorias, sendo que a escala à direita diz respeito à Inconsistência e a escala à esquerda aos Desafios, Oportunidades e Discordâncias

Observando a figura 4.3, verifica-se que em todas as categorias a importância associada aos Desafios e Oportunidades é mais elevada do que a importância associada à Discordância da adoção da IoT. É possível ainda perceber que todas as categorias têm uma inconsistência associada inferior ao limite máximo admissível de 10%. Ainda relativo à inconsistência, verifica-se que exceto a categoria "Preparação das Comunidades", todas as outras categorias se encontram com valores abaixo da inconsistência geral.

Relativamente ao grau de importância estabelecido par a par em função das oito categorias, foram alcançados os resultados que se encontram expostos na figura 4.4.

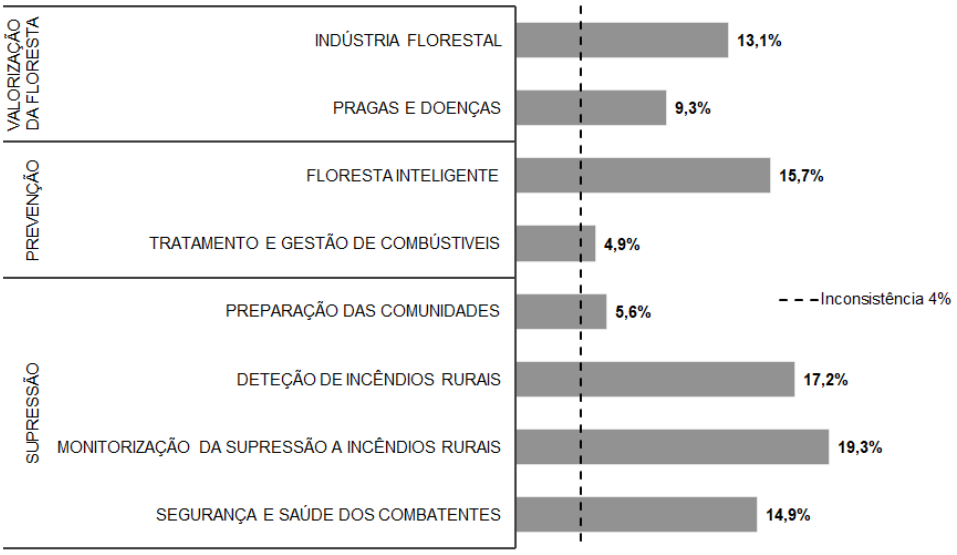


Figura 4.4: Resultados obtidos para os pesos atribuir a cada uma das categorias, com inconsistência apresentada a tracejado (4%)

Tendo como referência os resultados obtidos, procedeu-se à determinação das três categorias mais promissoras para a adoção da *Internet of Things*. Tal como referido no ponto 2.4 estas categorias encontram-se agrupadas em quatro áreas de estudo, nomeadamente Valorização da Floresta, Prevenção, Pré-Supressão e Supressão aos Incêndios Rurais. No entanto para a seleção das categorias mais promissoras, entendeu-se que as áreas de estudo "Pré-Supressão" e "Supressão", estando ambas relacionadas com as várias fases da supressão aos incêndios rurais, fossem interpretadas como uma só. Posto isto, procurou-se encontrar qual a categoria com maior pontuação para cada uma das três áreas de estudo, nomeadamente "Valorização da Floresta", "Prevenção" e "Supressão", como observado na figura 4.4.

4.3 Discussão dos Resultados

Analisando os resultados expostos na secção 4.2, nomeadamente a figura 4.4, facilmente se percebe que as categorias que na opinião dos oito especialistas são vistas como tendo maior potencial para a adoção da *Internet of Things* são a "Monitorização da Supressão a Incêndios Rurais" referente à área de estudo "Supressão", seguida da "Floresta Inteligente", inserida na "prevenção" e por último a "Indústria Florestal" que representa a área de estudo "Valorização da Floresta".

A introdução de novas tecnologias em qualquer uma das categorias requer por parte do utilizador novos conhecimentos e competências, por outro lado existe ainda a necessidade de se criarem sistemas de apoio à decisão focados em esclarecer a relação de custo-benefício com a adoção de novas tecnologias. Outro aspeto não menos importante, é criar soluções que sejam de fácil

utilização, para tal é necessário estabelecer uma relação de co-criação entre as equipas de desenvolvimento e os seus potenciais utilizadores. Uma vez que estamos a falar de novas tecnologias relacionadas com a *Internet of Things*, o acesso à Internet de banda larga torna-se por isso crucial, por outro lado o custo de aquisição e o custo de manutenção são questões inevitáveis.

São agora apresentados alguns exemplos de tecnologias que poderão ser aplicadas ou replicadas no contexto florestal, no caso particular das 3 categorias consideradas mais promissoras para a adoção da IoT. As várias oportunidades aqui apresentadas, são exemplo de alguns dos pontos de vista fornecidos pelos diversos entrevistados, os quais podem ser observados nas tabelas referentes ao apêndice E e podem ser fundamentadas e apoiadas por artigos ou projetos analisados ao longo desta dissertação.

Monitorização da Supressão a Incêndios Rurais

A monitorização da Supressão a Incêndios Rurais consiste essencialmente na partilha de informação em tempo real relativamente à gestão e planeamento estratégico na supressão a incêndios rurais. Nos parágrafos seguintes serão apresentados alguns exemplos deste tipo de tecnologias.

Estimar-se a propagação e comportamento do fogo, através do histórico de ocorrências de incêndios, constitui um grande apoio na gestão eficiente dos meios e ajuda a perceber as zonas onde se deve atuar. Um exemplo do uso desta metodologia é o projeto Bee2FireDetection, o qual consiste num sistema de deteção automática de ignições numa fase inicial, com a capacidade não só de prever a forma como o fogo vai evoluir, mas também sugerir o local onde atuar em primeiro lugar. Este projeto encontra-se descrito em maior detalhe no ponto F.1 do apêndice F.

O levantamento dos fatores ambientais, como por exemplo a temperatura, a velocidade do vento e a quantidade de gases poluentes na posição da frente de incêndio, são dados que quando recolhidos e processados, serão uma mais valia nas tomadas de decisão relativamente à monitorização e planeamento das operações, tal como apresentado por Vijayalakshmi e Muruganand (2017).

É importante perceber-se em tempo real, a localização quer dos meios de supressão quer de toda a equipa que se encontra no ativo durante o decorrer do incêndio. Em Feese et al. (2013) é relatado como a utilização de uma aplicação de smartphone incluída no equipamento de cada bombeiro permitiu identificar a localização de todos os membros da equipa, e respetivos distanciamentos, a fim de melhorar a capacidade logística envolvida nestes processos.

Para esta categoria são apontados alguns desafios à adoção tais como a dificuldade em gerir uma quantidade elevada de dados num espaço de tempo reduzido, encontrarem-se formas eficientes de se transmitir a informação e garantir que esta informação é fidedigna e não causará falsos alarmes.

Por fim, apresentam-se algumas discordâncias em relação a esta categoria, tendo em conta as condições adversas em que operam os equipamentos, o que poderá levar a falhas de Internet inviabilizando o sistema, bem como o facto de as redes Mesh só poderem ser usadas no teatro de

operações, estando sempre dependentes das restantes redes de comunicação para fazer chegar a informação ao devido local.

Floresta Inteligente

A floresta inteligente resume-se à capacidade de desenvolver florestas sensorizadas, capazes de recolher e analisar dados de forma permanente e em tempo real. Alguns casos de uso desta realidade podem ser encontrados nos parágrafos seguintes.

O projeto GeoForest é uma plataforma colaborativa que tem como objetivo visualizar toda a informação geográfica relativa aos espaços florestais, envolvendo todas as questões relacionadas com a defesa da floresta contra incêndios, traduzindo-se assim num conjunto de ferramentas de apoio à decisão capazes de proporcionar uma melhor e mais fácil gestão destes espaços. Este projeto pode ser analisado com maior detalhe no ponto F.2 do apêndice F. Segundo Gabrys (2020), uma boa gestão florestal, ou até mesmo uma forma de combater os problemas ambientais, passa por possuir uma floresta inteligente, onde através da adoção de IoT se consiga interligar todos os pontos da cadeia, desde a recolha da informação, passando pelo tratamento dos dados até aos sistemas de apoio à decisão.

A recolha de imagens frequentes seria uma mais valia para se perceber a evolução da floresta, o que até poderia dar origem a um inventário florestal constantemente atualizado. Bagaram et al. (2018) apresenta assim um sistema baseado em processamento de imagem, que através de um conjunto de drones permite fazer uma monitorização das copas das árvores e desta forma saber se existem aberturas suficientes para que estas se possam desenvolver em condições normais.

A adoção de soluções robóticas com sensores em movimento, pode ser uma mais valia na recolha de informação nas diversas vertentes da floresta, em Rambabu et al. (2018) é dado o exemplo de um robô capaz de detetar, alertar e funcionar como agente extintor em caso de incêndio, sendo ainda capaz de através dos seus sensores fornecer dados sobre a humidade relativa e a temperatura ambiente. Sendo um sensor móvel, permite com a mesma quantidade de sensores, varrer vários locais da floresta. Ainda relacionado com robótica, o projeto BIOTECFOR, apresentado no ponto F.3 do apêndice F, é um exemplo da valorização dos recursos florestais, neste caso a biomassa, onde com recurso a soluções robóticas se procede à recolha e processamento de biomassa, que dará origem a materiais compósitos (plásticos) destinados à industria do setor automóvel.

Existem relativamente a esta categoria alguns desafios a apontar, começando pelo facto de os sensores instalados poderem ser furtados ou danificados no decorrer de um incêndio e o seu uso em grandes áreas ser de difícil implementação. Outro dos entraves é o facto de os proprietários não terem interesse em investir nas suas propriedades devido aos custos extra. Muitas vezes os dados gerados também constituem um problema, uma vez que não são de fácil análise, e podem trazer problemas como o big data, dificuldade de transmissão e armazenamento dos mesmos. A recolha de imagens aéreas nem sempre são as mais precisas, e não fornecem todas as informações necessárias, como é o caso do diâmetro do tronco das árvores.

Indústria Florestal

A categoria indústria florestal consiste na possibilidade de se aplicar tecnologias de IoT, especialmente em processos logísticos, associados à floresta. Alguns exemplos da aplicação deste tipo de tecnologias encontram-se descritos abaixo. O projeto GOTECFOR tem como objetivo avaliar a possibilidade de se utilizar os resíduos florestais no aquecimento de estufas, neste caso biomassa em forma de estilha, com o objetivo de reduzir os custos associados ao aquecimento destes espaços industriais e valorizar os subprodutos que saem da floresta, resultando assim em soluções inovadoras que permitam uma gestão sustentável dos espaços florestais e consequentemente diminuir os possíveis riscos de incêndios. Este projeto encontra-se explicado com maior detalhe no ponto F.4 do apêndice F.

A utilização de uma rede IoT com recurso a RFID, códigos de barras ou sensores, permite que seja feita uma monitorização em tempo real de todo o processo logístico associado à Indústria Florestal. A possibilidade de identificar os toros de madeira permite uma melhor gestão de toda a cadeia e permite ainda combater o comércio ilegal de madeira. Assim, é possível otimizar todo o processo desde o corte da árvore, passando pelo transporte até chegar ao fim a que se destina, reduzindo-se possíveis desperdícios (Bo e Wang, 2011; Müller et al., 2019; Björk et al., 2011).

A Determinação do grau de humidade ao longo da cadeia logística pode vir a aumentar o grau de eficiência de todo o processo, nomeadamente ao nível do peso do transporte, uma vez que este tem um impacto significativo nos lucros associados, por exemplo na exploração de biomassa. Neste caso, segundo Ray (2015) a IoT pode revelar-se extremamente importante, para que se possa fazer uma análise mais rápida e expedita, capaz de monitorizar a humidade relativa e a temperatura ambiente, permitindo que se tomem decisões mais assertivas.

As dificuldades no transporte da biomassa implicam que esta só seja viável numa certo raio em torno da central, tornando-se fora deste pouco atrativa. Outro fator desafiante são as tipologias de biomassa existentes, levando a que seja necessário que se selecione a biomassa recolhida mediante as suas características. Muitas das vezes estas centrais não estão a cumprir o seu propósito, uma vez que estão a ser queimados troncos de árvores, por serem economicamente mais vantajosos, no lugar de suprodutos florestais, que era o objetivo principal destas centrais. Como noutras categorias, a falta de mão de obra humana na floresta constitui um problema para esta indústria. A adoção da IoT na indústria florestal terá impacto no preço da madeira, o que poderá tornar a industria da biomassa menos atrativa.

As centrais de biomassa já se encontram fortemente implementadas no nosso país, pelo que o setor já se econtra bastante saturado, o que leva a que novas centrais possam tornar-se pouco lucrativas.

Capítulo 5

Conclusão

Ao longo desta dissertação foi estudada a forma como a *Internet of Things* poderia trazer um maior proveito ao setor florestal, nomeadamente na supressão dos incêndios rurais e na valorização dos espaços florestais. Foram analisados os vários fatores que poderiam influenciar a adoção da IoT nas áreas categorizadas como "Indústria Florestal", "Pragas e Doenças", "Floresta Inteligente", "Tratamento e Gestão de Combustíveis", "Preparação das Comunidades", "Deteção de Incêndios Rurais", "Monitorização da Supressão de Incêndios Rurais" e "Segurança e Saúde dos Combatentes". Esses fatores procuram representar os aspetos promissores da implementação de IoT, como também alertar para as dificuldades ou mesmo incompatibilidades existentes. Para tal procurou-se caracterizar toda a informação recolhida através dos vários profissionais entrevistados neste estudo em "Oportunidades", "Desafios" e "Discordâncias" na adoção da IoT.

Após análise de todas as observações feitas pelos especialistas envolvidos neste trabalho e de aplicada a análise de decisão multicritério, recorrendo ao método de AHP, foi possível perceber qual a importância atribuída às oportunidades, desafios e discordâncias, mas também obter uma classificação para todas as categorias envolvidas neste estudo.

Ao contrário do que seria expectável, o fator que obteve um maior peso foi o parâmetro "Desafios" sendo-lhe atribuída uma percentagem de 43,8%, seguida das "Oportunidades" com 39,9% e por último as discordâncias com 16,3%. Ao longo do decorrer deste estudo verificou-se que as discordâncias apresentadas foram sempre uma pequena minoria, podendo até afirmar-se que a maior parte dos entrevistados considera não existir discordâncias na adoção da IoT, isto é, apesar dos desafios inerentes à sua implementação estes não representam nenhuma incompatibilidade, no entanto os desafios e oportunidades são as principais abordagens feitas por estes. Apesar das palavras "Oportunidades" e "Desafios" fora deste contexto poderem estar associadas a uma valorização das "oportunidades" sobre os "Desafios", aqui verificou-se o contrário, o que leva a concluir que apesar das dificuldades encontradas, da necessidade de serem ainda ultrapassados vários obstáculos foi lhes atribuída uma maior importância. Ainda que a diferença entre estes dois parâmetros seja reduzida, é já visível que, apesar da determinação demonstrada em querer melhorar e inovar no setor florestal, ainda se prevêem muitos desafios que podem refrear a adoção da IoT..

Em resposta à questão de investigação colocada na secção 1.3, procurou-se perceber quais as

categorias mais promissoras para a adoção da IoT mediante as várias áreas de estudo. Nos resultados obtidos é possível verificar que as cinco categorias que obtiveram maior peso foram: a "Monitorização da Supressão a Incêndios Rurais" com 19,3%, a "Deteção de Incêndios Rurais" com 17,2%, a "Floresta Inteligente" com 15,7%, a "Segurança e Saúde dos Combatentes" com 14,9% e a "Indústria Florestal" com 13,1%, verificando-se que as duas categorias com maior peso são relativas à mesma área, e, por isso, optou-se por aprofundar a análise apenas para a categoria com maior peso em cada uma das três áreas de estudo em análise no trabalho, correspondendo assim à primeira, terceira e quinta categorias já mencionadas. No que diz respeito à pré-supressão e supressão de incêndios rurais destaca-se em primeiro lugar a categoria "Monitorização da Supressão a Incêndios Rurais", de seguida, na área da prevenção destaca-se a categoria "Floresta Inteligente" e em terceiro lugar referente à valorização da floresta destaca-se a "Indústria Florestal". Indiscutivelmente todas estas categorias apresentam barreiras na adoção da *Internet of Things*, no entanto é necessário começar por estas questões e reunir esforços para conseguir desenvolver soluções plausíveis, capazes de contornar as dificuldades encontradas.

Numa das entrevistas foi realçado um pequeno exemplo, que embora aplicado no ambiente agrícola, pode ser interpretado como um ponto de partida também para setor florestal. Este exemplo consiste na substituição da tradicional tesoura de poda por tesouras de poda elétricas. Esta pequena alteração veio reduzir não só o esforço físico causado no utilizador mas ao mesmo tempo tornar esta prática mais rápida e eficiente, realçando que o investimento feito foi compensado pela eficácia e eficiência da sua utilização. À semelhança do que tem vindo a ser feito na agricultura é necessário não deixar estagnar a nossa floresta e isso passa um pouco pela adesão às novas tecnologias e consequentemente à introdução da *Internet of Things*. O desenvolvimento de robótica e a utilização de sensores no contexto florestal aliados à IoT e com recurso a sistemas de apoio à decisão, têm sido uma das grandes apostas nas instituições de investigação e desenvolvimento.

Pode concluir-se que existe uma necessidade de desenvolver soluções tecnológicas que venham a inovar o setor florestal e torná-lo mais resiliente na supressão aos incêndios rurais. Existe também uma enorme vontade em encontrar novas formas de valorizar a floresta, incluindo grandes oportunidades para a adoção da IoT. Contudo, há que estar ciente dos desafios associados a esta implementação, é importante por exemplo conseguir transmitir estas ideias e projetos a fabricantes, a prestadores de serviços, a proprietários florestais, porque muitas vezes a utilização de novas tecnologias não é vista com bons olhos, daí a necessidade de lhes explicar a relação custo-beneficio destas. Outro aspecto muito importante consiste na co-criação de soluções adequadas à realidade das florestas portuguesas, e para isso nada melhor que a colaboração entre as equipas de desenvolvimento e os diferentes agentes do setor florestal. Outro desafio muito abordado ao longo de toda a recolha de informação é a grande quantidade de dados obtida, e a necessidade de gerir e tomar decisões num pequeno intervalo de tempo daí a introdução de sistemas de apoio à decisão se tornarem cada vez mais importantes.

A *Internet of Things* é por isso uma tecnologia, que juntamente com a robótica e a aquisição de dados pode contribuir para tornar os processos mais eficientes, levar à criação de novos modelos de negócio e conseguir ainda prever e antecipar acontecimentos.

5.1 Limitações

Relativamente às limitações deste trabalho, estas assentam essencialmente nas diferentes metodologias que poderiam ter sido utilizadas nesta dissertação. A abordagem de entrevistas em grupo foram vistas como um aspeto interessante embora não o mais adequado perante a situação epidemiológica no qual o país de encontra devido à COVID-19, sendo que, caso este processo fosse realizado poderiam ter sido aplicados o Método de Delphi ou o método de *focus groups*.

Além disso, para a implementação do método de Delphi seria ainda necessário recorrer à implementação de questionários, que embora pudessem trazer vantagens, exigiria que os mesmos fossem realizados em larga escala, sendo para tal necessário garantir que os mesmos eram respondidos pelas pessoas desejadas, em tempo útil para a realização deste trabalho, o que se revelou ser difícil de garantir.

Outra das limitações consiste em terem sido apenas consultados alguns agentes deste setor em Portugal, o que não é necessariamente representativo de todo o setor. Este estudo poderia ser alargado de forma a que se tenha uma perceção mais aproximada da sensibilidade geral do setor à IoT, utilizando por exemplo alguns dos métodos aqui mencionados.

5.2 Trabalho Futuro

Para trabalho futuro, poderia ser interessante analisar e obter uma maior perceção da utilização da IoT nas três categorias que obtiveram uma maior pontuação, independentemente da área de estudo onde se integram, além disso poderá ser feito um estudo mais intensivo das soluções já existentes relativamente a estas categorias. Ainda relativamente a estas três categorias seria interessante identificar qual o modelo de negocio adequado e quais os custos envolvidos numa possível implementação das várias abordagens referidas.

Apesar da inconsistência obtida ao longo da implementação do método de AHP estar dentro das especificações técnicas consideradas admissíveis, e esta não comprometer os resultados obtidos, poderiam ainda ter sido estabelecidos outros critérios na análise da questão da familiarização dos entrevistados com as categorias estudadas. Em vez de ter pelo menos um especialista que se sinta completamente familiarizado ou ter pelo menos dois especialistas que se classifiquem nas próximas pontuações (2 e 3), poderia ser utilizada por exemplo a média das pontuações como referência e definir que apenas se avançaria para a aplicação do método AHP depois de ser atingida um determinado limite, podendo ser necessária a inclusão de mais especialistas.

Referências

Agência para a Gestão Integrada de Fogos Rurais AGIF. Plano nacional de gestão integrada de fogos rurais 2020-2030. Report, Ministro do Ambiente e da Ação Climática, Dezembro 2019 2019. URL https://www.consultalex.gov.pt/ConsultaPublica_Detail.aspx?Consulta_Id=117.

Hussain Al-Aqrabi, Richard Hill, Phil Lane e Hamza Aagela. Securing manufacturing intelligence for the industrial internet of things. In *Fourth International Congress on Information and Communication Technology*, páginas 267–282. Springer, 2020.

Jayanath Ananda e Gamini Herath. A critical review of multi-criteria decision making methods with special reference to forest management and planning. *Ecological Economics*, 68(10): 2535–2548, 2009. ISSN 0921-8009. doi: https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.05.010. URL http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800909002201.

Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil ANEPC, 2018.

L. Arroyo, C. Pascual e J. A. Manzanera. Fire models and methods to map fuel types: The role of remote sensing. *Forest Ecology and Management*, 256:1239–1252, 2008.

Y. Aslan, I. Korpeoglu e Ö. Ulusoy. A framework for use of wireless sensor networks in forest fire detection and monitoring. *Comput. Environ. Urban Syst.*, 36:614–625, 2012.

P Azevedo, F Marques, JM Fernandes, JH Amorim, J Valente, AI Miranda, C Borrego e JPS Cunha. A wearable system for firefighters smoke exposure monitoring. *Parte: http://hdl. handle. net/10316.2/34013*, 2014. ISSN 9892608844.

Saeed Azfar, Adnan Nadeem e Abdul Basit. Pest detection and control techniques using wireless sensor network: A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 3(2):92–99, 2015.

Martin B. Bagaram, D. Giuliarelli, G. Chirici, Francesca Giannetti e A. Barbati. Uav remote sensing for biodiversity monitoring: Are forest canopy gaps good covariates? *Remote. Sens.*, 10:1397, 2018.

Valerie Belton e Theodor Stewart. *Multiple criteria decision analysis: an integrated approach*. Springer Science & Business Media, 2002. ISBN 079237505X.

Bionegócios e Tecnologia para a valorização eficiente dos recursos florestais endógenos no Norte de Portugal e Galiza BIOTECFOR. Biotecfor promove a bioeconomia e a economia circular, 2020. URL https://biotecfor.com/project/. Acedido em: 2020-09-02.

A. Björk, M. Erlandsson, J. Häkli, K. Jaakkola, Åsa Nilsson, K. Nummila, Ville Puntanen e A. Sirkka. Monitoring environmental performance of the forestry supply chain using rfid. *Comput. Ind.*, 62:830–841, 2011.

Yifan Bo e Haiyan Wang. The application of cloud computing and the internet of things in agriculture and forestry. *2011 International Joint Conference on Service Sciences*, páginas 168–172, 2011.

Gang Chen e Ross Meentemeyer. *Remote Sensing of Forest Damage by Diseases and Insects*, páginas 145–162. CRC Press, 2016. ISBN 978-1-4987-0072-6. doi: 10.1201/9781315371931-9.

Murtaza Cicioğlu e Ali Çalhan. Internet of things based firefighters for disaster case management. *IEEE Sensors Journal*, 2020. ISSN 1530-437X.

A. R. Colson e R. M. Cooke. Expert elicitation: Using the classical model to validate experts' judgments. *Review of Environmental Economics and Policy*, 12(1):113–132, 2018. ISSN 1750-6816. doi: 10.1093/reep/rex022. URL <GotoISI>://WOS:000424991400007.

CTI Comissão Técnica Independente. Avaliação dos incêndios ocorridos entre 14 e 16 de outubro de 2017 em portugal continental. Report, Assembleia da República Portuguesa, Março 2018 2018. URL https://www.parlamento.pt/Documents/2018/Marco/RelatorioCTI190318N.pdf.

COMPTA Compta Emerging Business. Bee2firedetection, 2020. URL https://www.ceb-solutions.com/pt-pt/produtos/bee2firedetection/. Acedido em: 2020-09-02.

N. Dalkey e O. Helmer. An experimental application of the delphi method to the use of experts. *Management Science*, 9(3):458–467, 1963. ISSN 0025-1909. doi: 10.1287/mnsc.9.3.458. URL <GotoISI>://WOS:A1963CBG1200008.

DGFR Departamento de Gestão de Fogos Rurais. 8º relatório provisório de incêndios rurais. Report, ICNF - Sistema de Gestão de Informação de Incêndios Florestais, 16 Outubro 2019 2019. URL http://www2.icnf.pt/portal/florestas/dfci/Resource/doc/rel/2019/2019-10-16-RPIR-08-01jan-15out.pdf.

Chunquan Du e Shunbing Zhu. Research on urban public safety emergency management early warning system based on technologies for the internet of things. *Procedia Engineering*, 45: 748–754, 2012. ISSN 1877-7058.

Vinay Dubey, Prashant Kumar e Naveen Chauhan. Forest fire detection system using iot and artificial neural network. In *International Conference on Innovative Computing and Communications*, páginas 323–337. Springer, 2019.

O. Elijah, T. A. Rahman, I. Orikumhi, C. Y. Leow e M. N. Hindia. An overview of internet of things (iot) and data analytics in agriculture: Benefits and challenges. *Ieee Internet of Things Journal*, 5(5):3758–3773, 2018. ISSN 2327-4662. doi: 10.1109/jiot.2018.2844296. URL <GotoISI>://WOS:000450251900050.

S. Feese, B. Arnrich, G. Tröster, M. Burtscher, B. Meyer e K. Jonas. Coenofire: monitoring performance indicators of firefighters in real-world missions using smartphones. In *UbiComp '13*, 2013.

GHEORGHE Florea, RADU Dobrescu, D Popescu e MATEI Dobrescu. Wearable system for heat stress monitoring in firefighting applications. In *Recent Advances in Computer Science and Networking: Proceedings of the 2nd International Conference on Information Technology and Computer Networks*, páginas 129–134, 2013.

Jennifer Gabrys. Smart forests and data practices: From the internet of trees to planetary governance. *Big Data & Society*, 7, 2020.

C. Gamborg e F. Rune. Economic and ecological approaches to assessing forest value in managed forests: Ethical perspectives. *Society & Natural Resources*, 17(9):799–815, 2004. ISSN 0894-1920. doi: 10.1080/08941920490493792. URL <GotoISI>://WOS:000223843400003.

Demin Gao, Quan Sun, Bin Hu e Shuo Zhang. A framework for agricultural pest and disease monitoring based on internet-of-things and unmanned aerial vehicles. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 20, 2020.

M. García, D. Riaño, E. Chuvieco, J. Salas e F. Danson. Multispectral and lidar data fusion for fuel type mapping using support vector machine and decision rules. *Remote Sensing of Environment*, 115:1369–1379, 2011.

Saul I Gass. Model world: The great debate—maut versus ahp. *Interfaces*, 35(4):308–312, 2005. ISSN 0092-2102.

Associação Florestal de Entre Douro e Tâmega GeoForest. A floresta inteligente começa aqui, 2020. URL http://www.geoforest.com.pt/. Acedido em: 2020-09-02.

L. V. González e Luis Rodero-Merino. Finding your way in the fog: Towards a comprehensive definition of fog computing. *Computer Communication Review*, 44:27–32, 2014.

Tecnologia para a mobilização e aproveitamento de Biomassa Florestal na agroindústria GOTECFOR. Gotecfor valoriza a biomassa florestal e diminui custos para a agroindústria, 2020. URL https://gotecfor.pt/project/. Acedido em: 2020-09-02.

Salvatore Greco, Jose Figueira e Matthias Ehrgott. *Multiple criteria decision analysis*. Springer, 2016. ISBN 1493930931.

Anton Herutomo, Maman Abdurohman, Novian Anggis Suwastika, Sidik Prabowo e Catur Wirawan Wijiutomo. Forest fire detection system reliability test using wireless sensor network and openmtc communication platform. In *2015 3rd International conference on information and communication technology (ICoICT)*, páginas 87–91. IEEE, 2015. ISBN 1479977527.

Sang Gi Hong, Kyo-Hoon Son, Hyesun Lee, Myungnam Bae e Kang Bok Lee. Augmented iot service architecture assisting safe firefighting operation. In *2018 Global Internet of Things Summit (GIoTS)*, páginas 1–6. IEEE, 2018. ISBN 1538664518.

Y. Huang e G. Li. A semantic analysis for internet of things. In *2010 International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation*, volume 1, páginas 336–339, 2010. ISBN null. doi: 10.1109/ICICTA.2010.73.

Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas ICNF. Fileiras florestais - importância económica, 2020. URL http://www2.icnf.pt/portal/florestas/fileiras/econ.

Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas ICNF. Fileiras florestais. Report, ICNF, 2018. URL http://www2.icnf.pt/portal/florestas/fileiras/resource/doc/import-economica/2019-09-02-Esquema-fileirassilvoindustriais-ICNF.pdf.

Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas ICNF. 6º inventário florestal nacional (ifn6). Report, ICNF, 21 Novembro 2019 2019a. URL http://www2.icnf.pt/portal/florestas/ifn/resource/doc/ifn/ifn6/1_IFN6_Introducao.pdf.

Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas ICNF. Ifn6 - termos e definições. Report, ICNF, Novembro 2019 2019b. URL http://www2.icnf.pt/portal/florestas/ifn/resource/doc/ifn/ifn6/3.2_IFN6_Termos_definicoes.pdf.

Ahmed Imteaj, Tanveer Rahman, Muhammad Kamrul Hossain, Mohammed Shamsul Alam e Saad Ahmad Rahat. An iot based fire alarming and authentication system for workhouse using raspberry pi 3. In *2017 International conference on electrical, computer and communication engineering (ECCE)*, páginas 899–904. IEEE, 2017. ISBN 1509056270.

Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores Tecnologia e Ciência INESC TEC, 2017. URL https://www.inesctec.pt/pt/clipping/sensores-que-podem-salvar-bombeiros-19730#intro.

Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores Tecnologia e Ciência INESCTEC. Tec4agro-food, 2020. URL https://www.inesctec.pt/pt/inovacao/tec4agro-food#negocio. Acedido em: 2020-09-02.

INE Instituto Nacional de Estatística. Anuário estatístico de portugal: 2019. Report 0871-8741, INE, 2020. URL https://www.ine.pt/xurl/pub/444301590.

Alessio Ishizaka e Philippe Nemery. *Multi-criteria decision analysis: methods and software*. John Wiley & Sons, 2013. ISBN 1118644913.

X. Jia, Q. Feng, T. Fan e Quanshui Lei. Rfid technology and its applications in internet of things (iot). *2012 2nd International Conference on Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet)*, páginas 1282–1285, 2012.

Daniel Kahneman, Stewart Paul Slovic, Paul Slovic e Amos Tversky. *Judgment under uncertainty: Heuristics and biases*. Cambridge university press, 1982. ISBN 0521284147.

Nikos Kalatzis, Marios Avgeris, Dimitrios Dechouniotis, Konstantinos Papadakis-Vlachopapadopoulos, I. Roussaki e S. Papavassiliou. Edge computing in iot ecosystems for uav-enabled early fire detection. *2018 IEEE International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP)*, páginas 106–114, 2018.

R. Keane, R. Burgan e J. Wagtendonk. Mapping wildland fuels for fire management across multiple scales: Integrating remote sensing, gis, and biophysical modeling. *International Journal of Wildland Fire*, 10:301–319, 2001.

R. Khan, S. U. Khan, R. Zaheer, S. Khan e Ieee. *Future Internet: The Internet of Things Architecture, Possible Applications and Key Challenges*. 10th International Conference on Frontiers of Information Technology. Ieee, New York, 2012. ISBN 978-0-7695-4927-9; 978-1-4673-4946-8. doi: 10.1109/fit.2012.53. URL <GotoISI>://WOS:000317192600044.

Seonghyun Kim, Wonjae Lee, Young-Su Park, Hyun-Woo Lee e Yong-Tae Lee. Forest fire monitoring system based on aerial image. *2016 3rd International Conference on Information and Communication Technologies for Disaster Management (ICT-DM)*, páginas 1–6, 2016.

Marileena Koskela. Expert views on environmental impacts and their measurementin the forest industry. *Journal of Cleaner Production*, 19(12):1365–1376, 2011. ISSN 0959-6526.

J. Sathish Kumar, Mukesh A. Zaveri e Meghavi Choksi. Task based resource scheduling in iot environment for disaster management. *Procedia Computer Science*, 115:846–852, 2017.

Mikko Kurttila, Mauno Pesonen, Jyrki Kangas e Miika Kajanus. Utilizing the analytic hierarchy process (ahp) in swot analysis — a hybrid method and its application to a forest-certification case. *Forest Policy and Economics*, 1(1):41–52, 2000. ISSN 1389-9341. doi: https://doi.org/10.1016/S1389-9341(99)00004-0. URL http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389934199000040.

Mihai T Lazarescu. Design of a wsn platform for long-term environmental monitoring for iot applications. *IEEE Journal on emerging and selected topics in circuits and systems*, 3(1):45–54, 2013. ISSN 2156-3357.

Heamin Lee, Aekyung Moon, Kiyeong Moon e Youngjae Lee. Disease and pest prediction iot system in orchard: A preliminary study. *2017 Ninth International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN)*, páginas 525–527, 2017a.

Hyesun Lee, Myungnam Bae, Dong Beom Shin, Sangyeoun Lee, Seung-Il Myeong, Sang Gi Hong, Hoesung Yang, Jinchul Choi, Kyo-Hoon Son e Kang Bok Lee. Athena: Distributed iot systems providing salient features for safety of firefighters in infra-less fire environments. In *2017 International Conference on Platform Technology and Service (PlatCon)*, páginas 1–6. IEEE, 2017b. ISBN 1509051406.

J. Lin, W. Yu, N. Zhang, X. Y. Yang, H. L. Zhang e W. Zhao. A survey on internet of things: Architecture, enabling technologies, security and privacy, and applications. *Ieee Internet of Things Journal*, 4(5):1125–1142, 2017. ISSN 2327-4662. doi: 10.1109/jiot.2017.2683200. URL <GotoISI>://WOS:000412362300003.

I Linkov e J Steevens. Appendix a: Multi-criteria decision analysis. *Advances in experimental medicine and biology*, 619:815, 2008. ISSN 0065-2598.

J. Lloret, Miguel Garcia, D. Bri e Sandra Sendra. A wireless sensor network deployment for rural and forest fire detection and verification. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 9:8722 – 8747, 2009.

David L Martell. *Forest fire management*, páginas 527–583. Elsevier, 2001.

David L Martell. *Forest fire management*, páginas 489–509. Springer, 2007.

Rui Filipe Soeiro Ferreira Costa Mendonça. *Mitigação dos incêndios rurais e valorização dos espaços florestais com recurso à Internet of Things*. Thesis, FEUP, 2019. URL https://hdl.handle.net/10216/122510.

M. G. Morgan. Use (and abuse) of expert elicitation in support of decision making for public policy. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111 (20):7176–7184, 2014. ISSN 0027-8424. doi: 10.1073/pnas.1319946111. URL <GotoISI>://WOS:000336168100017.

M Granger Morgan. *Theory and practice in policy analysis*. Cambridge University Press, 2017. ISBN 1107184894.

M Granger Morgan, Baruch Fischhoff, Ann Bostrom e Cynthia J Atman. *Risk communication: A mental models approach*. Cambridge University Press, 2002. ISBN 0521802237.

Millett Granger Morgan, Max Henrion e Mitchell Small. *Uncertainty: a guide to dealing with uncertainty in quantitative risk and policy analysis*. Cambridge university press, 1990. ISBN 0521427444.

Fabian Müller, Dirk Jäger e Marc Hanewinkel. Digitization in wood supply - a review on how industry 4.0 will change the forest value chain. *Comput. Electron. Agric.*, 162:206–218, 2019.

Guilherme Borba Neumann, Vitor Pinheiro de Almeida e M. Endler. Smart forests: fire detection service. *2018 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC)*, páginas 01276–01279, 2018.

A. P. Pacheco, J. Claro e T. Oliveira. Simulation analysis of the impact of ignitions, rekindles, and false alarms on forest fire suppression. *Canadian Journal of Forest Research*, 44 (1):45–55, 2014. ISSN 0045-5067. doi: 10.1139/cjfr-2013-0257. URL <GotoISI>://WOS:000329812300006.

R. Petrakis, Miguel L. Villarreal, Zhuoting Wu, Robert Hetzler, B. R. Middleton e Laura M. Norman. Evaluating and monitoring forest fuel treatments using remote sensing applications in arizona, u.s.a. *Forest Ecology and Management*, 413:48–61, 2018.

Krzysztof Piotrowski, Anna Sojka e Peter Langendoerfer. Body area network for first responders: a case study. In *Proceedings of the Fifth International Conference on Body Area Networks*, páginas 37–40, 2010.

I. Potamitis, P. Eliopoulos e I. Rigakis. Automated remote insect surveillance at a global scale and the internet of things. *Robotics*, 6:19, 2017.

k. Rambabu, S. Siriki, D. Chupernechitha e Ch. Pooja. Monitoring and controlling of fire fighthing robot using iot. *International Journal of Engineering Technology Science and Research*, 5(3), 2018. ISSN 2394-3386. URL http://ijetsr.com/images/short_pdf/1521290553_552-557-ieteh180_ijetsr.pdf.

Partha Pratim Ray. Internet of things based smart measurement and monitoring of wood equilibrium moisture content. *2015 International Conference on Smart Sensors and Systems (IC-SSS)*, páginas 1–5, 2015.

Francisco Rego, Paulo Fernandes, Joaquim Silva, João Azevedo, José Moura, Emanuel Oliveira, Rui Cortes, Domingos Viegas, Duarte Caldeira e Filipe Santos. *Redução do risco de incêndio através da utilização de biomassa lenhosa para energia*. Assembleia da República, 2020.

Jan Reitz, Michael Schluse e J. Rossmann. *Industry 4.0 beyond the Factory: An Application to Forestry*, páginas 107–116. Springer Berlin Heidelberg, 2019. ISBN 978-3-662-59316-5. doi: 10.1007/978-3-662-59317-2_11.

Sandip Roy, Rajesh Bose e Debabrata Sarddar. Self-servicing energy efficient routing strategy for smart forest. *Brazilian Journal of Science and Technology*, 3:1–21, 2016.

Thomas L Saaty. *Fundamentals of the analytic hierarchy process*, páginas 15–35. Springer, 2001.

Thomas L. Saaty. Decision making — the analytic hierarchy and network processes (ahp/anp). *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 13(1):1–35, 2004. ISSN 1861-9576. doi: 10.1007/s11518-006-0151-5. URL https://doi.org/10.1007/s11518-006-0151-5.

Thomas L Saaty. How to make a decision: the analytic hierarchy process. *Interfaces*, 24(6):19–43, 1994. ISSN 0092-2102.

George E Sakr, Rafik Ajour, Areej Khaddaj, Bahaa Saab, Alaa Salman, Ola Helal, Imad H Elhajj e George Mitri. Forest fire detection wireless sensor node. *Parte: http://hdl. handle. net/10316.2/34013*, 2014. ISSN 9892608844.

Abdul Salam. *Internet of Things for Sustainable Forestry*, páginas 147–181. Springer, Cham, 2020. ISBN 978-3-030-35290-5. doi: 10.1007/978-3-030-35291-2_5.

Stephen H Schneider e R Moss. Uncertainties in the ipcc tar: Recommendations to lead authors for more consistent assessment and reporting. *Unpublished document*, 1999.

Yun Shi, Zhen Wang, Xianfeng Wang e Shanwen Zhang. Internet of things application to monitoring plant disease and insect pests. In *2015 International conference on Applied Science and Engineering Innovation*. Atlantis Press, 2015. ISBN 9462520941.

H. Soliman, Komal Sudan e A. Mishra. A smart forest-fire early detection sensory system: Another approach of utilizing wireless sensor and neural networks. *2010 IEEE Sensors*, páginas 1900–1904, 2010.

Maja Stula, Damir Krstinic e Ljiljana Seric. Intelligent forest fire monitoring system. *Information Systems Frontiers*, 14(3):725–739, 2012. ISSN 1387-3326.

S. Sudhakar, V. Vijayakumar, C. Kumar, V. Priya, L. Ravi e Subramaniyaswamy Vairavasundaram. Unmanned aerial vehicle (uav) based forest fire detection and monitoring for reducing false alarms in forest-fires. *Comput. Commun.*, 149:1–16, 2020.

Guillermo Talavera, Renat Martin, Aitor Rodríguez-Alsina, Joan Garcia, Francesc Fernández e Jordi Carrabina. Protecting firefighters with wearable devices. In *International Conference on Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence*, páginas 470–477. Springer, 2012.

Guillaume Tartare, Xianyi Zeng e Ludovic Koehl. Development of a wearable system for monitoring the firefighter's physiological state. In *2018 IEEE industrial cyber-physical systems (ICPS)*, páginas 561–566. IEEE, 2018. ISBN 153866531X.

P. Thokala e A. Duenas. Multiple criteria decision analysis for health technology assessment. *Value Health*, 15(8):1172–81, 2012. ISSN 1098-3015. doi: 10.1016/j.jval.2012.06.015.

Josué Toledo-Castro, Iván Santos-González, Candelaria Hernández-Goya e Pino Caballero-Gil. Management of forest fires using iot devices. In *Proceedings of the 11th International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies (UBICOMM 2017)*, 2017.

A. Tversky e D. Kahneman. Judgment under uncertainty - heuristics and biases. *Science*, 185(4157):1124–1131, 1974. ISSN 0036-8075. doi: 10.1126/science.185.4157.1124. URL `<GotoISI>://WOS:A1974U124400009`.

M. Velasquez e Patrick T. Hester. An analysis of multi-criteria decision making methods. *International Journal of Operations Research*, 2013.

SR Vijayalakshmi e S Muruganand. Internet of things technology for fire monitoring system. *Int. Res. J. Eng. Technol*, 4(6):2140–2147, 2017.

Vrince Vimal e Madhav Ji Nigam. Forest fire prevention using wsn assisted iot. *Internation Journal of Engineering & Technology*, 2018.

T. S. Wallsten, D. V. Budescu, A. Rapoport, R. Zwick e B. Forsyth. Measuring the vague meanings of probability terms. *Journal of Experimental Psychology-General*, 115(4):348–365, 1986. ISSN 0096-3445. doi: 10.1037/0096-3445.115.4.348. URL <GotoISI>://WOS:A1986F038500003.

Hong Wang, Ruiliang Pu, Qi Zhu, Liliang Ren e Zhenzhen Zhang. Mapping health levels of robinia pseudoacacia forests in the yellow river delta, china, using ikonos and landsat 8 oli imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 36(4):1114–1135, 2015. ISSN 0143-1161.

Jerry Wellington e Periyasamy Ramesh. Role of internet of things in disaster management. *2017 International Conference on Innovations in Information, Embedded and Communication Systems (ICIIECS)*, páginas 1–4, 2017.

James T. C. Wright e Renata Alves Giovinazzo. Delphi - uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. *Caderno de Pesquisas em Administração*, 1(12):54–65, 2000. ISSN 1516-7747.

Xiaopei Wu, Robert Dunne, Qingyang Zhang e Weisong Shi. Edge computing enabled smart firefighting: opportunities and challenges. In *Proceedings of the Fifth ACM/IEEE Workshop on Hot Topics in Web Systems and Technologies*, páginas 1–6, 2017.

L. Yang, S. Yang e L. Plotnick. How the internet of things technology enhances emergency response operations. *Technological Forecasting and Social Change*, 80:1854–1867, 2013.

Liyang Yu, N. Wang e Xiaoqiao Meng. Real-time forest fire detection with wireless sensor networks. *Proceedings. 2005 International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2005.*, 2:1214–1217, 2005.

J. Zhang, Wenbin Li, N. Han e J. Kan. Forest fire detection system based on a zigbee wireless sensor network. *Frontiers of Forestry in China*, 3:369–374, 2008.

Y. Zhang e J. Yu. A study on the fire iot development strategy. *Procedia Engineering*, 52:314–319, 2013.

Chen Zhao, Xi Sheng Li e Jun Song Chen. Study on the application of internet of things in the logistics in forest industry. *Applied Mechanics and Materials*, 97-98:664 – 668, 2011.

Nana Zhu e Hongyan Zhao. Iot applications in the ecological industry chain from information security and smart city perspectives. *Computers & Electrical Engineering*, 65:34–43, 2018. ISSN 0045-7906.

Apêndice A

Informação sobre os Artigos Estudados

Neste apêndice pretende-se explicar de forma sintetizada quais os artigos estudados na presente dissertação. Como já referido, este trabalho tem por base os artigos mencionados em Mendonça (2019), os quais foram novamente revistos, havendo ainda a adição de novos artigos considerados relevantes.

Na tabela A.1 encontram-se os artigos analisados e presentes na dissertação de Mendonça (2019), dos quais, os que se encontram com o fundo cinza foram também incluídos nesta dissertação.

Na tabela A.2 encontram-se os artigos considerados relevantes para esta dissertação, e que não constam na dissertação de Mendonça (2019). Apesar de todos os artigos aqui apresentados terem sido estudados, apenas os artigos com fundo cinza se encontram citados ao longo deste trabalho.

Tabela A.1: Artigos analisados provenientes da dissertação de Mendonça (2019)

Categorias	Autor (Ano)	Artigos	Nº Citações	Nº Citações / Ano
Indústria Florestal	Zhao et al. (2011)	Study on the Application of Internet of Things in the Logistics in Forest Industry	11	1,2
	Reitz et al. (2019)	Industry 4.0 beyond the Factory: An Application to Forestry	1	1,0
	Bo e Wang (2011)	The application of cloud computing and the internet of things in agriculture and forestry	77	8,6
	Müller et al. (2019)	Digitization in wood supply – A review on how Industry 4.0 will change the forest value chain	23	23,0
Pragas e Doenças	Lee et al. (2017a)	Disease and Pest Prediction IoT System in Orchard:A Preliminary Study	10	3,3
	Potamitis et al. (2017)	Automated Remote Insect Surveillance at a Global Scale and the Internet of Things	28	9,3
	Wang et al. (2015)	Mapping health levels of Robinia pseudoacacia forests in the Yellow River delta, China, using IKONOS and Landsat 8 OLI imagery	16	3,2
	Azfar et al. (2015)	Pest detection and control techniques using wireless sensor network: A review	48	9,6
Floresta Inteligente	Soliman et al. (2010)	A Smart Forest-Fire Early Detection Sensory System:Another Approach of Utilizing Wireless Sensor and Neural Networks	47	4,7
	Roy et al. (2016)	Self-servicing energy efficient routingstrategy for smart forest	8	1,3
	Neumann et al. (2018)	Smart Forests: fire detection service	7	3,5
	Rambabu et al. (2018)	Monitoring and Controlling of Fire Fighthing Robot using IOT	2	1,0
Tratamento e Gestão de Combustíveis	Keane et al. (2001)	Mapping wildland fuels for fire management across multiple scales: Integrating remote sensing, GIS, and biophysical modeling	381	20,1
	Arroyo et al. (2008)	Fire models and methods to map fuel types: The role of remote sensing	231	19,3
	García et al. (2011)	Multispectral and LiDAR data fusion for fuel type mapping using Support Vector Machine and decision rules	139	15,4
Preparação das Comunidades	Yang et al. (2013)	How the Internet of Things Technology Enhances Emergency Response Operations	212	30,3
	Kumar et al. (2017)	Task Based Resource Scheduling in IoT Environment for Disaster-Management	13	4,3
	Du e Zhu (2012)	Research on urban public safety emergency management early warning system based on technologies for the internet of things	54	6,8
	Wellington e Ramesh (2017)	Role of Internet of Things in Disaster Management	7	2,3
Deteção de Incêndios Rurais	Imteaj et al. (2017)	An IoT based Fire Alarming and Authentication System for Workhouse using Raspberry Pi 3	36	12
	Aslan et al. (2012)	A framework for use of wireless sensor networks in forest fire detection and monitoring	236	29,5
	Yu et al. (2005)	Real-time Forest Fire Detection with Wireless Sensor Networks	501	33,4
	Zhang et al. (2008)	Forest fire detection system based on a ZigBee wireless sensor network	127	10,6
	Herutomo et al. (2015)	Forest Fire Detection System Reliability Test UsingWireless Sensor Network and OpenMTCCommunication Platform	30	6,0
	Lazarescu (2013)	Design of a WSN Platform for Long-Term Environmental Monitoring for IoT Applications	471	67,3
	Soliman et al. (2010)	A Smart Forest-Fire Early Detection Sensory System:Another Approach of Utilizing Wireless Sensor and Neural Networks	47	4,7
	Kalatzis et al. (2018)	Edge Computing in IoT ecosystems for UAV-enabled	18	9,0

Continua na página seguinte

Tabela A.1: Artigos analisados provenientes da dissertação de Mendonça (2019) (cont.)

Categorias	**Autor (Ano)**	**Artigos**	**Nº Citações**	**Nº Citações / Ano**
Monitorização da Supressão a Incêndios Rurais	Aslan et al. (2012)	A framework for use of wireless sensor networks in forest fire detection and monitoring	236	29,5
	Lazarescu (2013)	Design of a WSN Platform for Long-Term Environmental Monitoring for IoT Applications	471	67,3
	Toledo-Castro et al. (2017)	Management of Forest Fires Using IoT Devices	2	0,7
	Wu et al. (2017)	Edge Computing Enabled Smart Firefighting: Opportunities and Challenges	18	6,0
	Vijayalakshmi e Muruganand (2017)	Internet of Things technology for fire monitoring system	9	3,0
	Feese et al. (2013)	CoenoFire: Monitoring Performance Indicators ofFirefighters in Real-world Missions using Smartphones	33	4,7
	Rambabu et al. (2018)	Monitoring and Controlling of Fire Fighthing Robot using IOT	2	1,0
Segurança e Saúde dos Combatentes	Lee et al. (2017b)	ATHENA: Distributed IoT Systems Providing Salient Featuresfor Safety of Firefighters in Infra-less Fire Environments	1	0,3
	Hong et al. (2018)	Augmented IoT Service Architecture Assisting Safe Firefighting Operation	2	1,0
	Talavera et al. (2012)	Protecting Firefighters with Wearable Devices	9	1,1
	Florea et al. (2013)	Wearable System for Heat Stress Monitoring in Firefighting Applications	7	1,0

Tabela A.2: Artigos analisados não incluídos na dissertação de Mendonça (2019)

Categorias	Autor (Ano)	Artigos	Nº Citações	Nº Citações / Ano
Indústria Florestal	Zhu e Zhao (2018)	IoT applications in the ecological industry chain from information security and smart city perspectives	12	4,0
	Ray (2015)	Internet of Things based smart measurement and monitoring of wood Equilibrium Moisture Content	4	0,8
	Al-Aqrabi et al. (2020)	Securing Manufacturing Intelligence for the Industrial Internet of Things	2	2,0
	Koskela (2011)	Expert views on environmental impacts and their measurementin the forest industry	20	2,2
	Björk et al. (2011)	Monitoring environmental performance of the forestry supply chain using RFID	44	4,9
Pragas e Doenças	Shi et al. (2015)	Internet of Things Application to Monitoring Plant Disease and Insect Pests	27	5,4
	Gao et al. (2020)	A Framework for Agricultural Pest and Disease Monitoring Based on Internet-of-Things and Unmanned Aerial Vehicles	1	1,0
	Chen e Meentemeyer (2016)	Remote Sensing of Forest Damage by Diseases and Insects	16	4,0
Floresta Inteligente	Bagaram et al. (2018)	UAV Remote Sensing for Biodiversity Monitoring: Are Forest Canopy Gaps Good Covariates?	15	7,5
	Gabrys (2020)	Smart forests and data practices: From the Internet of Trees to planetary governance	1	1,0
Tratamento e Gestão de Combustíveis	Rego et al. (2020)	Redução do risco de incêndio através da utilização de biomassa lenhosa para energia	1	1,0
	Salam (2020)	Internet of Things for Sustainable Forestry	14	14,0
	Petrakis et al. (2018)	Evaluating and monitoring forest fuel treatments using remote sensing applications in Arizona, U.S.A	11	5,5
Preparação das Comunidades	Vimal e Nigam (2018)	Forest Fire Prevention Using WSN Assisted IOT	1	0,5
	Zhang e Yu (2013)	A Study on the Fire IOT Development Strategy	29	4,1
Deteção de Incêndios Rurais	Sakr et al. (2014)	Forest fire detection wireless sensor node	1	0,2
	Neumann et al. (2018)	Smart Forests: fire detection service	7	3,5
	Dubey et al. (2019)	Forest Fire Detection System Using IoT and Artificial Neural Network	14	14,0
	Lloret et al. (2009)	A Wireless Sensor Network Deployment for Rural and Forest Fire Detection and Verification	208	18,9
	Sudhakar et al. (2020)	Unmanned Aerial Vehicle (UAV) based Forest Fire Detection and monitoringfor reducing false alarms in forest-fires	22	22,0
Monitorização da Supressão a Incêndios Rurais	Stula et al. (2012)	Intelligent forest fire monitoring system	24	3,0
	Kim et al. (2016)	Forest fire monitoring system based on aerial image	18	4,5
Segurança e Saúde dos Combatentes	Azevedo et al. (2014)	A wearable system for firefighters smoke exposure monitoring	2	0,3
	Cicioğlu e Çalhan (2020)	Internet of Things based Firefighters for Disaster Case Management	0	0,0
	Piotrowski et al. (2010)	Body area network for first responders: A case study	29	2,9
	Tartare et al. (2018)	Development of a Wearable System for Monitoring the Firefighter's Physiological State	9	4,5

Apêndice B

Métodos

Neste apêndice são apresentados alguns aspectos inerentes ao uso de *Expert Elicitation* segundo Morgan (2014) e são também expostos os modelos utilizados na análise de decisão multicritério (*MCDA - Multiple Criteria Decision Analysis*), bem como a comparação entre dois dos possíveis métodos a utilizar nesta dissertação.

B.1 *Expert Elicitation*

Interpretação da Probabilidade

O uso de *Expert Elicitation* recorre à interpretação subjetiva ou bayesiana de probabilidades para descrever a probabilidade de um dado evento, baseado num conhecimento adquirido *a priori*, sendo que estas probabilidades podem ser alteradas tendo em conta novas evidências sobre o evento em causa, com a finalidade de obter probabilidades *a posteriori*. A interpretação bayesiana corresponde ao grau de crença que um determinado indivíduo tem sobre a probabilidade de ocorrer um evento.

Quando existe uma grande quantidade de evidências repetidas para eventos idênticos, a interpretação bayesiana deve convergir para a interpretação frequencista de probabilidade, contudo, os diferentes grupos de especialistas, muitas vezes devido à sua formação ou cultura profissional, possuem visões diferentes na forma como fazem os seus julgamentos de probabilidade subjetiva (Morgan, 2014).

Palavras de Incerteza Qualitativa não são Suficientes

Segundo Morgan (2014), há evidencias claras de que o uso de palavras qualitativas para descrever a incerteza, tais como "provável" e "improvável", sem qualquer quantificação, escondem diferenças que muitas vezes podem ser críticas. Esta abordagem deve-se a que uma mesma palavra pode ter significados diferentes para pessoas diferentes, bem como significados diferentes para a mesma pessoa quando em contextos diferentes.

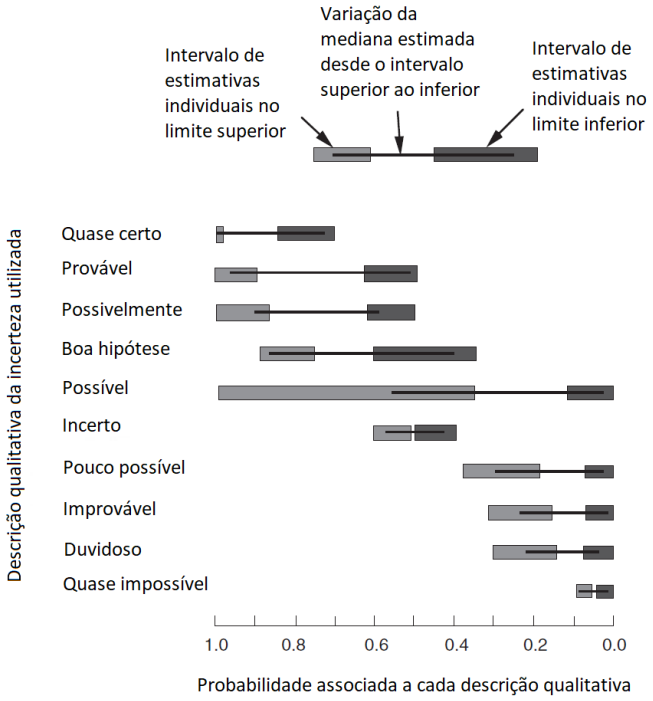


Figura B.1: Associação de valores a palavras probabilísticas (adaptado de (Morgan, 2014))

Na figura B.1 é possível observar a gama de valores quantitativos que vários entrevistados atribuíram a várias palavras probabilísticas sem qualquer contexto, estes valores são obtidos através de um estudo realizado por Wallsten et al. (1986).

Tendências Cognitivas

O ser humano muitas vezes para tomar decisões perante eventos com alguma incerteza recorre a expressões como "eu acho que...", "é improvável que..." para expressar o seu julgamento na forma de probabilidade subjetiva. Estes julgamentos são inconscientemente baseados em heurísticas cognitivas, as quais reduzem a complexidade na tomada de decisão e na atribuição a valores de probabilidades, embora estas heurísticas sejam de um modo geral bastante úteis, por vezes podem levar a grandes erros sistemáticos.

Duas das heurísticas cognitivas mais importantes no que diz respeito ao uso de *Expert Elicitation* são designadas por disponibilidade e ancoragem.

A heurística da disponibilidade traduz a forma como as pessoas, de um modo geral, julgam a frequência ou a probabilidade de um evento pela facilidade com que uma ocorrência pode ser lembrada. Por exemplo, a probabilidade de ocorrer um ataque cardíaco em pessoas de meia idade pode ser obtido recordando quantos casos deste género já ocorreram entre pessoas conhecidas (Tversky e Kahneman, 1974).

A heurística da ancoragem refere que em muitas situações, as pessoas focam a sua atenção num evento ou uma informação recebida recentemente e usam como referência para obter uma

decisão. A partir do valor de referência são feitas estimativas, as quais são ajustadas para produzir a resposta final. Este valor de referência, a âncora, pode ser inserida na formulação do problema ou pode ser obtida através de uma análise parcial. Como exemplo, Tversky e Kahneman, pediram aos participantes de um estudo que girassem uma roleta para sortear um número aleatório, depois disso colocaram a questão de quantos países Africanos eram membros da ONU, perante esta situação, perceberam que o número aleatório obtido anteriormente influenciava as respostas dos participantes (Tversky e Kahneman, 1974).

Tendo em conta esta abordagem e os impactos que as heurísticas têm, é importante adotar estratégias cautelosas de forma a ajudar o especialista entrevistado a responder de forma mais clara e sem desvios possível e também para que seja evitado ignorar evidências relevantes (Morgan, 2014).

Calibração

Às crenças, conhecimentos, julgamentos ou decisões de um especialista está associado um índice de confiança que se irá refletir no julgamento do mesmo. Para a tomada de decisão as avaliações de probabilidade subjetiva revelam-se fundamentais, sendo por isso essencial que se perceba o quão boas as mesmas são. Um aspeto importante para a avaliação da qualidade da decisão segundo Lichtenstein é chamado de calibração. Um individuo pode ser considerado bem calibrado quando a proporção de julgamentos precisos é idêntica à probabilidade de acerto, portanto, uma das medidas para avaliar a calibração é calcular a diferença entre os índices de confiança e a proporção de julgamentos precisos.

Kahneman et al. (1982), confirmou ainda que existe uma relação entre o nível de exigência das questões e a avaliação da calibração. Caso uma pergunta seja considerada "difícil" tenderá a ter valores de calibração mais altos e níveis mais baixos para perguntas consideradas "fáceis". Os termos "difícil" e "fácil" advêm da percentagem de respostas corretas realizadas por um grupo de referência.

Outra medida de calibração é o índice surpresa, isto acontece quando a percentagem de julgamentos se encontra para além dos limites do intervalo de confiança desconhecido. Por outras palavras, se um individuo afirmar com 98% de confiança que um determinado valor se encontra entre 6 a 7 e na verdade a resposta correta não está compreendida neste intervalo, esta resposta será considerada uma surpresa (Morgan, 2014).

Grau de Confiança e Incerteza

O grau de confiança que cada especialista atribuiu aos seus julgamentos ou opiniões pode variar, pois a natureza e a qualidade das evidências nas quais se baseiam são muitas vezes inconstantes. Num estudo realizado sobre alterações climáticas, aquando do tratamento da incerteza dos seus julgamentos, Schneider e Moss (1999) baseiam-se em dois conceitos, a quantidade de evidencias

disponíveis para sustentar os seus julgamentos e o grau de consenso estabelecido na comunidade científica. Por exemplo, quando ambos são altos estabelecem o estado de conhecimento como "bem estabelecido", no caso de a quantidade de evidencias ser reduzida mas o consenso estabelecido alto é determinado o estado de "estabelecido, mas incompleto". Ao longo das várias avaliações neste estudo, continua a ser utilizada a formulação bidimensional embora de forma diferente, o " grau de confiança" passa a ser expresso em cinco qualificadores, "muito baixo","baixo", "médio", "alto" e "muito alto". Os níveis de confiança descritos têm como objetivo comunicar qualitativamente o nível de confiança relativo em relação aos julgamentos de especialistas, com base na confiança da validade de cada descoberta, tendo em conta a sua quantidade, qualidade, consistência de evidências e o grau de concordância. Quando são usadas palavras de incerteza qualitativa, é ainda recomendado que seja explicada a gama de valores de probabilidade subjetiva que lhe são associadas, como demonstrado na figura B.2.

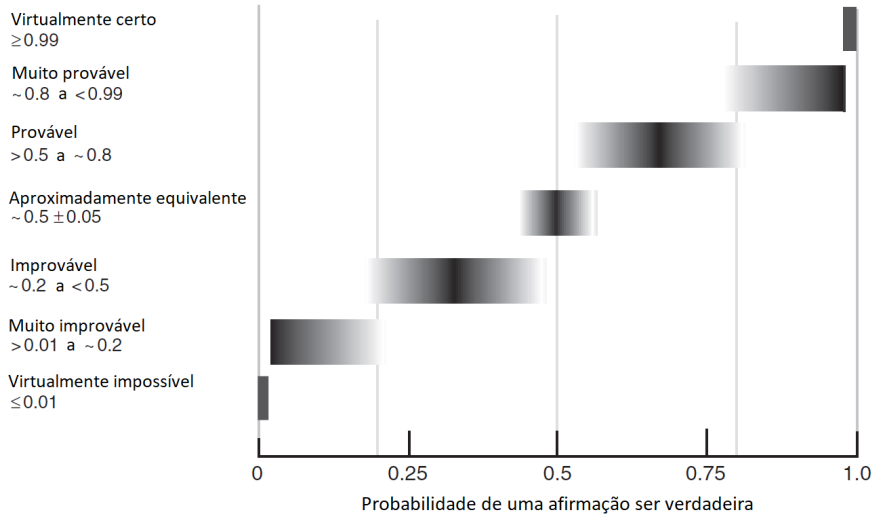


Figura B.2: Gama de valores de probabilidade subjetiva (adaptado de (Morgan, 2017))

Muitas vezes estabelecer a correspondência de valores qualitativos em valores quantitativos torna-se bastante complicado, segundo Morgan, os resultados obtidos tornam-se bastante complexos, sendo que a utilidade destes continuam a ser uma questão em aberto para os decisores (Morgan, 2017).

Comunicação com Especialistas

Muitas vezes é levantada a questão "quantos especialistas são necessários para realizar uma boa elicitação?", à qual Morgan (2017) afirma que não existe uma resposta certa, tudo depende da natureza de campo onde o estudo em questão se enquadra. Morgan defende ainda que, caso todos os especialistas envolvidos adotem modelos básicos similares sobre a ciência subjacente, apenas cinco ou seis serão necessários. No entanto, em muitos casos os especialistas envolvidos têm uma diversidade de opiniões muito grande, sendo necessário recorrer a grupos maiores para

conseguir cobrir de forma adequada todos os pontos de vista. Na maior parte dos casos, aquando da publicação dos resultados são identificados os especialistas envolvidos, embora nunca seja feita a correspondência direta destes com os resultados obtidos, sendo que, por vezes é ainda necessário recorrer ao anonimato para que os especialistas não se sintam pressionados e possam fazer os seus julgamentos sem restrições associativas, políticas ou outras.

Os protocolos de elicitações a seguir devem ser elaborados de forma cuidada, devem ser feitos rascunhos de possíveis protocolos para que estes sejam testados em pessoas que apesar de não serem especialistas, são pessoas formadas na área em causa. É essencial que seja feito este refinamento iterativo para que se possa garantir que a formulação das perguntas são viáveis e podem ser entendidas por parte do especialista aquando das entrevistas. É importante que a comunicação estabelecida com o especialista seja tratada com cuidado, tal como é feito na comunicação de risco, onde se deve fornecer ao especialista a informação necessária para que possa fazer os seus próprios julgamentos e decisões, mas ter o cuidado de não lhes fornecer demasiados detalhes que faça com que seja impossível, ou muito difícil que estes consigam extrair os seus próprios pontos de vista. Não nos devemos esquecer que os especialistas são seres humanos e não há como eliminar o viés cognitivo, por isso a única forma de o combater é tentar atenuar a sua influência. Nesse sentido é sugerido que se inicie a entrevista com uma abordagem aberta, em vez de serem feitas perguntas direccionadas. O primeiro passo para iniciar uma entrevista deve passar por questões como por exemplo "fale-me sobre as alterações climáticas" ou "fale-me sobre a existência do gás radão em habitações", para que depois mediante a resposta do especialista se possa aprofundar as temáticas abordadas com possível interesse para o estudo em questão, colocando questões como por exemplo "mencionou que o radão entra através das caves das habitações, pode-me falar um pouco mais sobre isto". É ainda aconselhado que as entrevistas sejam gravadas e transcritas por forma a que possa ser alvo de um cuidado estudo posteriormente (Morgan et al., 2002; Morgan, 2017).

Combinação de Opiniões Especializadas

O julgamento de especialistas desempenha um papel fundamental na análise de risco e nas tomadas de decisão, contudo os especialistas tendem a confiar em dados obtidos através de métodos com os quais lidaram ao longo da sua experiência, o que faz com que convicções diferentes possam levar a paradigmas muito distintos. Há situações onde combinar julgamentos de diferentes especialistas é algo sensato de se fazer, no entanto quando são julgamentos muito diferentes fará sentido realizar análises separadas a fim de perceber até que ponto os diferentes julgamentos poderão afectar o resultado final. Existem por isso técnicas para obter e validar julgamentos de especialistas de forma estruturada e cientificamente sólida (Morgan, 2014).

O método Clássico é uma das abordagens para validação e combinação de julgamentos especializados. Os especialistas quantificam a sua incerteza em dois tipos de questões, as questões-alvo e as questões de calibração. As variáveis de interesse são as questões-alvo, ou seja, aquelas que não obtêm resposta através de outros métodos e por isso necessitam de julgamentos especializados. Os

especialistas são pontuados com base no seu desempenho nas questões de calibração, sendo assim possível ponderar quais os especialistas a escolher e identificar aqueles que são mais capazes de quantificar a incerteza com afirmações probabilísticas significativas. Apesar de este método já ter sido aplicado diversas vezes, nem sempre será apropriado, uma vez que há especialistas que são excluídos porque simplesmente são mal vistos pela ciência, embora possuam alternativas bastante plausíveis, portanto atitudes como esta podem vir a ser problemáticas. Ao longo da historia já foi comprovado que muitas das vezes as opiniões corretas não prevalecem, devido ao facto de os especialistas que as defendem se encontrarem em minoria (Colson e Cooke, 2018; Morgan, 2014).

Na década de 1950 um grupo de investigadores da *Rand Corporation* desenvolveu uma estratégia com o objetivo alcançar uma opinião convergente em grupo, à qual deram o nome de método Delphi. Este método foi utilizado pela primeira vez em estudos confidenciais realizados pela Força Aérea dos EUA no contexto da chamada Guerra Fria. O método Delphi é hoje em dia utilizado quando é necessário recorrer à opinião de especialistas para obter informações sobre o tema em estudo, lidando assim com incerteza e alguma complexidade. Embora existam muitas aplicações deste método, não existe apenas um modelo para que seja conduzido, contudo é aconselhada a realização de várias rondas (Dalkey e Helmer, 1963).

Wright e Giovinazzo (2000) sugerem que, se após a primeira ronda de questões ainda existir um elevado grau de divergência em que não seja possível obter dados conclusivos, se faça uma nova ronda de questões de forma mais direta e objetiva possível. Portanto, serão realizadas tantas rondas, quanto as necessárias até que se consiga atingir um nível de consenso razoável. Na imagem B.3 é apresentada a sequência de execução do modelo Delphi.

O uso de *Expert Elicitation* poderá criar a ideia de que este é uma alternativa de baixo esforço e baixo custo para se fazerem análises de elevada complexidade. No entanto, nenhuma das duas situações é verdadeira, devendo-se recorrer apenas a este método quando há um conhecimento bem estruturado e robusto para que se possam tomar decisões a partir deste.

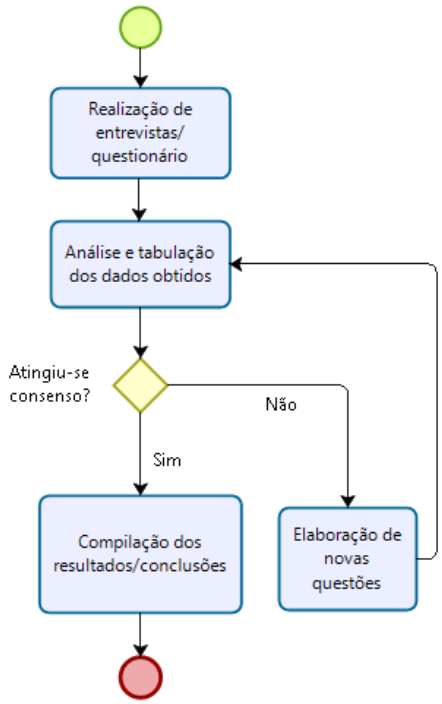


Figura B.3: Sequência do modelo Delphi adaptada de Wright e Giovinazzo (Wright e Giovinazzo, 2000)

B.2 Métodos de MCDA

Os modelos utilizados em MCDA, Multiple Criteria Decision Analysis, podem ser classificados em três grandes categorias: modelos de medição de valor (*Value measurement models*), modelos de objetivos, aspirações ou níveis de referência (*Goal, aspiration or reference level models*) e modelos superiores (*Outranking models*) (Belton e Stewart, 2002).

Os modelos de medição de valor permitem que sejam comparadas e construídas pontuações numéricas para representar o grau de preferência de uma opção em detrimento de outra, as pontuações numéricas são atribuídas utilizando uma escala numérica, inicialmente desenvolvidas para cada critério individualmente e depois agregadas em modelos de valor mais elevado. Os modelos de objetivos, aspirações ou níveis de referência envolvem a derivação das alternativas que estão mais próximas de alcançar os níveis considerados desejáveis previamente definidos para cada critério. Relativamente aos modelos superiores, as alternativas são comparadas aos pares, sendo inicialmente estabelecida a preferência das varias alternativas em relação a cada critério. A informação recolhida sobre as preferências estabelecidas em todos os critérios é depois agregada resultando na selecção de uma alternativa entre as restantes (Thokala e Duenas, 2012).

Os métodos baseados em *AHP - Analytic Hierarchy Process* e *MAUT - Multi-Attribute Utility Theory* são exemplos de métodos que seguem uma abordagem dos modelos de mensuração de valor. Na tabela B.1 encontra-se uma pequena comparação das características entre os dois exemplos de métodos utilizados em análise de decisão multicritério (MCDA).

Tabela B.1: Comparação entre o método AHP e MAUT, baseado de (Velasquez e Hester, 2013; Ishizaka e Nemery, 2013; Gass, 2005)

Métodos	**Vantagens**	**Desvantagens**
AHP	- Relaciona as coisas de uma forma semelhante ao pensamento humano, em termos de comparações; - Muito intuitivo e de fácil utilização; -Pode ser facilmente explicado a pessoas que não têm experiência com MCDM; - A estrutura hierárquica pode ser facilmente ajustada a diversos tipos de problemas;	- Inversão de posição, é criticada a forma como as comparações a pares são estruturadas; - O valor de inconsistência pode forçar os decisores a alterar as entradas;
MAUT	- Reduz tudo a unidades de utilidade iguais; - Tem em conta a incerteza; - Pode incorporar preferências;	- As preferências necessitam de ser precisas; - Demora um tempo considerável a introduzir devidamente os dados; - Inquéritos pouco rigorosos podem não refletir com precisão as verdadeiras convicções;

Multi-Attribute Utility Theory (MAUT) é apresentado como um método muito útil, o qual permite que através da utilização de funções de utilidade ou valor se transforme diversos critérios numa escala comum de utilidade ou valor. MAUT baseia-se no facto de que o decisor é racional, tem um conhecimento perfeito e é consciente dos seus juízos de valor. O objetivo do decisor neste processo é maximizar a utilidade ou valor.

Semelhante ao MAUT, AHP (*Analytic Hierarchy Process*) utiliza uma única função de optimização conhecida como a função objetivo, sendo que o seu objetivo é selecionar a alternativa que resulta no maior valor da função objetivo. Este método baseia-se na comparação de critérios ou alternativas de decisão em pares, em vez de funções de utilidade e de ponderação. A figura B.4 ilustra um possível exemplo de uma estrutura hierárquica do método AHP, sendo que esta é apenas constituída pelo objetivo principal, critérios e alternativas.

Tanto MAUT como AHP são conhecidos como métodos "compensatórios", pois a obtenção de uma má pontuação pode ser compensada por pontuações elevadas noutros critérios (Linkov e Steevens, 2008).

O método AHP tem sido amplamente utilizado no planeamento estratégico florestal, principalmente em países como a Finlândia (Ananda e Herath, 2009). Geralmente o AHP é uma técnica mais fácil de aplicar do que MAUT, pois a recolha de informação necessária neste método é mais complexa. O AHP pode tornar-se bastante útil uma vez que pode ser facilmente explicado a pessoas que não tenham conhecimentos nem experiência em análise de decisões multicritério. Outra

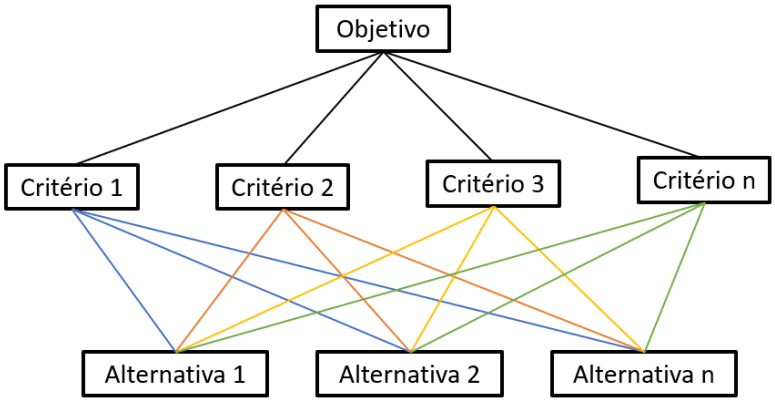


Figura B.4: Estrutura hierárquica do método AHP

vantagem sobre o MAUT, é o facto de se poderem acrescentar novos decisores durante o processo, no entanto a análise do AHP não é tão completa como a do MAUT (Ishizaka e Nemery, 2013) . O método AHP pode ainda ser combinado com outras técnicas para obter modelos híbridos, Kurttila et al. (2000) apresentou um novo método híbrido que integra a análises AHP e SWOT (forças, fraquezas, oportunidades e ameaças).

Apêndice C

Apresentação do Questionário Utilizado para o Método AHP



Fatores que influenciam a adoção da *Internet of Things* no contexto dos Incêndios Rurais e da Valorização dos Espaços Florestais

Orientador: Abílio Pereira Pacheco
Coorientador: José Coelho Rodrigues

Categorias	Explicação
Indústria Florestal	Aplicação de tecnologias de IoT nos processos logísticos;
Pragas e Doenças	Aplicação de tecnologias de IoT na prevenção e deteção de pragas e doenças na floresta;
Floresta Inteligente	Florestas sensorizadas capazes de recolher e analisar dados de forma permanente e em tempo real;
Tratamento e Gestão de Combustíveis	Sistemas que permitam mapear e calcular o nível de combustíveis na floresta;
Preparação das Comunidades	Através de tecnologias IoT alertar de forma precoce a população e os meios de socorro, partilhando informação em tempo real a fim de diminuir possíveis danos;
Deteção de Incêndios Rurais	Sistemas que permitam a deteção precoce de incêndios rurais, com transmissão em tempo real;
Monitorização da Supressão a Incêndios Rurais	Partilha de informação em tempo real relativos à gestão e planeamento estratégicos na supressão aos incêndios;
Segurança e Saúde dos Combatentes	Equipamentos sensorizados capazes de fornecer uma maior segurança aos bombeiros;

Parâmetros



DESAFIOS



OPORTUNIDADES



DISCORDÂNCIAS

Método AHP (Analytic Hierarchy Process)

Este método permite que diversos elementos possam ser comparados entre si, dois a dois;

Para estabelecer esta comparação iremos recorrer a uma escala compreendida entre 1 e 9;

Esta escala representa os níveis de importância para a comparação entre os vários elementos;

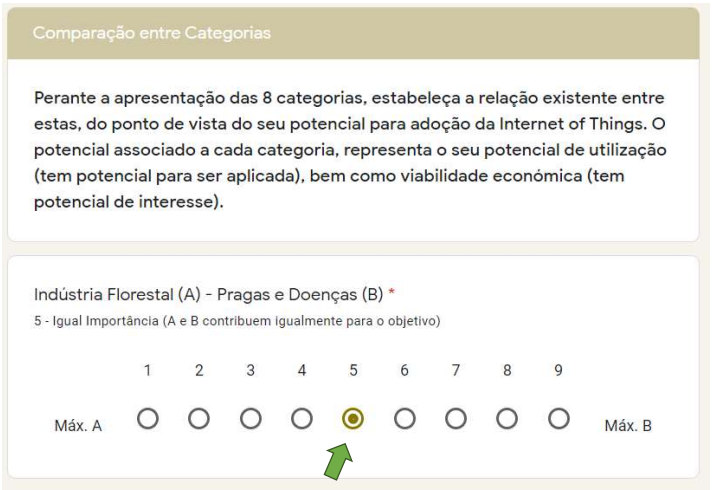
Níveis de Importância

Nível de Importância	Definição	Explicação
1	Importância absoluta	A é favorecida com o mais alto grau de certeza em relação a B
2	Importância muito forte	A é extremamente favorecida em relação a B
3	Grande importância ou essencial	A é fortemente favorecida em relação a B
4	Pequena importância de uma sobre a outra	A é levemente favorecida em relação a B
5	Igual importância	A e B contribuem igualmente para o objetivo
6	Pequena importância de uma sobre a outra	B é levemente favorecida em relação a A
7	Grande importância ou essencial	B é fortemente favorecida em relação a A
8	Importância muito forte	B é extremamente favorecida em relação a A
9	Importância absoluta	B é favorecida com o mais alto grau de certeza em relação a A

Máximo A

Máximo B

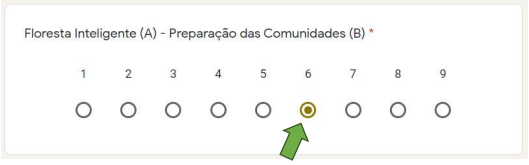
Exemplo 1:



A e B contribuem igualmente para o objetivo

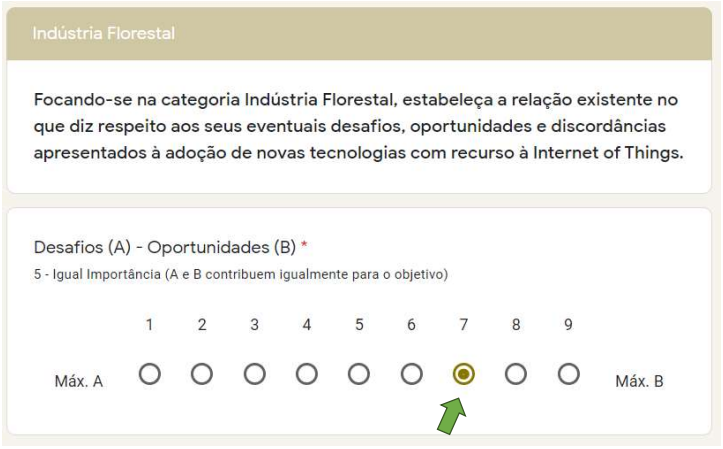


A é extremamente favorecida em relação a B

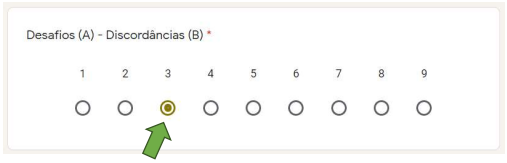


B é levemente favorecida em relação a A

Exemplo 2:



B é fortemente favorecida em relação a A



A é fortemente favorecida em relação a B



A é favorecida com o mais alto grau de certeza em relação a B

Apêndice D

Resumos da Informação Recolhida de Especialistas

Neste apêndice é apresentada uma compilação de toda a informação recolhida nas duas entrevistas aos oito profissionais de diferentes áreas inseridas no contexto dos incêndios rurais e da valorização dos espaços florestais. É ainda dado um exemplo onde é notória a importância da segunda entrevista, sendo que, no caso de um dos entrevistados o mesmo solicitou até a integração de uma nova categoria designada por "Geral". Para cada um dos entrevistados foi elaborado um resumo das entrevistas realizadas e uma tabela onde todo o material recolhido foi agrupado e organizado em três parâmetros, Desafios à adoção da IoT, Oportunidades para a adoção da IoT e Discordâncias à adoção da IoT.

D.1 Representante da Agência para a Gestão Integrada de Fogos Rurais

Numa fase inicial desta entrevista com o representante da Agência para a Gestão Integrada de Fogos Rurais começou por se perceber algumas das afirmações ditas na entrevista realizada o ano passado por Mendonça (2019), pois este tinha afirmado que normalmente as deteções de incêndios tardias são registadas nas zonas rurais, concluindo-se que esta situação pode estar relacionada com o facto de nas zonas de interior, sendo estas normalmente menos povoadas, não existir tanta facilidade em comunicar uma ocorrência como em zonas mais litorais, no entanto informa que este problema começa a ser solucionado com sistemas automáticos de videovigilância, os quais já se encontram implementados em algumas zonas do país muito alavancadas com os projetos das Comunidades Intermunicipais.

Relativamente à gestão dos combustíveis, nomeadamente às limpezas das matas, o entrevistado refere que na sua opinião a melhor forma para avaliar o complexo dos combustíveis,a forma como estes se encontram distribuídos, a carga que possuem, passa pela utilização de voos LiDAR. Um sistema que permite ir a locais onde muitas vezes as pessoas não conseguem ir, não só pelo problema da vegetação mas pela topografia, por isso acha pouco viável a utilização de sistemas

terrestres robotizados para este efeito. No entanto refere que na limpeza da floresta já são utilizados robôs telecomandados, apesar de estes necessitarem que o manobrador se encontre perto para poder controlar a máquina no seu percurso. Na sua opinião esta necessidade de existir o fator humano deve-se ao ambiente complexo onde este opera, necessitando assim de um acompanhamento para perceber as limitações que a máquina pode encontrar. No entanto não descarta a ideia de inovar neste contexto, referindo que pode ser de certa forma fácil para uma máquina distinguir aquilo que deveria ou não cortar, pois se estivermos a comparar uma árvore com mato, percebe-se desde logo que pela resistência que as árvores oferecem que se trata de material lenhoso, além disso são muito maiores que o mato. Apesar disto, refere que pode existir alguma dificuldade quando se trata de povoamentos jovens, pois uma árvore jovem facilmente pode ser confundida com mato, ainda assim esta distinção pode ser vantajosa quando se trata de povoamentos em que o lote se encontra totalmente alinhado, ou quando é necessária fazer uma intervenção em situações de elevada regeneração onde de acordo com uma linha e um determinado espaçamento se destrói grande parte da regeneração que lá existe.

Quando questionado sobre a questão do aproveitamento da biomassa, o entrevistado refere a biomassa como uma questão complexa, pois o objetivo das centrais termoeléctricas, destinadas ao aproveitamento da biomassa, consistem em retirar da floresta aquilo que neste momento não tem utilidade, como o mato, no entanto o desejável para estas seria a madeira, pois é um material lenhoso mais rico, capaz de gerar mais energia com a mesma quantidade de material. Além disso, existe ainda a questão do transporte, onde se diz que não é atrativo ter a exploração a mais de 40 km, pois transportar mato é muito diferente de transportar troncos de madeira. No entanto afirma também que há zonas do país abrangidas por centrais de biomassa, onde tudo o que é explorado é aproveitado, ou seja o proprietário florestal não só retira a madeira como retira o mato, sendo o mato interpretado como uma receita complementar, verificando-se assim um impacto muito positivo. Este impacto é também justificado pelo facto de as centrais serem comparticipadas pelo Estado para que uma determinada percentagem do material queimado seja composto por matos e por isso existe mesmo uma procura deste material para encaminhar para as centrais de biomassa, o que pode ser uma solução viável para reduzir o risco de incêndio, desde que exista proximidade.

Ao longo da entrevista e quando abordado pelas falhas de comunicação no teatro de operações o entrevistado afirma várias vezes que não vê na *Internet of Things* uma solução, pois existem ainda muitas zonas do país onde a topografia existe não permite a passagem de sinal com a atual cobertura das redes de comunicação móvel. Apesar de reconhecer as falhas existente na comunicação utilizada, a rede SIRESP, afirma ainda que existem soluções robustas para combater estas falhas. Estas soluções passam por carrinhas que permitem repor a rede em dois ou três pontos, no entanto estas carrinhas não permitem suportar a rede em si. Par isso, existe outro tipo de sistemas que funcionam como repetidores, ou seja, os rádios SIRESP utilizados por exemplo por agentes da Proteção Civil desde que accionada uma licença, um módulo pago ou adquirido podem funcionar como repetidores dentro da própria rede e colocados em locais estratégicos, daí no seu entender o problema passa por questões de financiamento aquando da aquisição destes equipamentos, que devido a um custo acrescido não se acciona este tipo de módulos.

No que diz respeito aos equipamentos de proteção individual, o entrevistado afirma que é perfeitamente plausível adaptar e acomodar dentro daquilo que já é o equipamento utilizado quer em contexto de incêndio florestal quer em incêndio rural, o uso de câmaras ou sensores desde que pequenos e leves. Dando mesmo o exemplo que fora de Portugal já são utilizadas câmaras térmicas para fazer o varrimento dos edifícios em contexto de incêndios rurais e os próprios equipamentos respiratórios já têm sensores incorporados para detetar os níveis de oxigénio.

Tabela D.1: Resumo de todas as entrevistas ao representante da agência para a gestão integrada de fogos rurais

Categorias	**Desafios à adoção da IoT**	**Oportunidades para adoção da IoT**	**Discordâncias à adoção da IoT**
Indústria Florestal	- Dificuldades no que diz respeito à questão do transporte de biomassa; - É atrativo ter uma exploração de biomassa num raio considerado ótimo, mais que isso não se tornará rentável;	- Exploração de centrais de biomassa, com objetivo de reduzir o risco de incêndio e cativar o interesse de proprietários florestais;	- Viabilidade da criação de mais centrais de biomassa, uma vez que este setor se encontra completamente saturado;
Pragas e Doenças		- Sendo este um grave problema, seria importante detetar a presença de eventuais pragas antes que a árvore seja infetada;	
Floresta Inteligente		- Incorporação de sensores capazes de recolher informações das diversas vertentes da floresta; - Identificação dos teores de humidade;	
Tratamento e Gestão de Combustíveis	- Devido às limitações das máquinas e do ambiente complexo onde operam é necessário recorrer a um operador (humano); - Relativamente às plataformas robóticas para limpeza pode ser complicado distinguir o que é uma árvore jovem do que é mato;	- Sensores capazes de medir a quantidade de combustíveis existentes na floresta (essencialmente em povoamentos); - Recurso a imagens aéreas para determinar a quantidade de combustíveis; - Utilização de robôs telecomandados para fazer a limpeza dos matos; - Em povoamentos de regeneração a utilização de plataformas robóticas para limpeza dos matos pode ser aplicada com uma intervenção linear;	- A utilização de plataformas robóticas para determinar os níveis de combustíveis não parece ser uma boa solução devido à topografia existente;

Continua na página seguinte

Tabela D.1: Resumo de todas as entrevistas ao representante da agência para a gestão integrada de fogos rurais (cont.)

Categorias	Desafios à adoção da IoT	Oportunidades para adoção da IoT	Discordâncias à adoção da IoT
Preparação das Comunidades	- Dificuldade em gerir uma grande quantidade de dados; - Como aceder à internet em qualquer ponto do país;	- Satélites que ofereçam internet em qualquer ponto do país; - Avaliar o risco de incêndio seria um ponto de partida para de seguida preparar as comunidades e preparar o dispositivo de supressão aos incêndios;	- Em determinados locais com uma topografia muito irregular não existe qualquer cobertura de rede móvel; - Frequentemente, em caso de incêndio perde-se facilmente o acesso à internet; - A rede SIRESP já apresenta soluções e tem a tecnologia necessária para que mesmo no caso de falhas estas possam ser solucionadas, com carrinhas que permitem a reposição da rede, ou até dispositivos que funcionam como repetidores dentro da própria rede;
Deteção de Incêndios Rurais	- Dificuldade de incorporar sensores em grandes áreas;	- Utilização de sistemas automáticos de videovigilância, capazes de detetar incêndios florestais;	
Monitorização da Supressão a Incêndios Rurais		- Levantamento das condições físicas dos operacionais que estão a combater para um posto de comando de forma autônoma; - Informação em tempo real, da localização e quantidade de meios que estão no terreno a operar; - Acompanhamento do estado de operacionalidade dos meios (níveis de água, combustível...); - Localização das equipas no terreno, bem como à quanto tempo se encontram em funções;	- Frequentemente, em caso de incêndio perde-se facilmente o acesso à internet;
Segurança e Saúde dos Combatentes	- Elevado custo de aquisição; - Necessidade de estes equipamentos serem de certa forma compactos e leves;	-Utilização de camaras térmicas para possíveis varrimentos de habitações; - Equipamentos respiratórios capazes de monitorizar os níveis de oxigénio; - Utilização de câmaras de vídeo incorporadas nos capacetes já existentes; - Perfeitamente possível adaptar e acomodar novos equipamentos quer no contexto de incêndios florestais quer incêndios urbanos;	

D.2 Investigador de Engenharia Biomédica

O início desta entrevista focou-se nos equipamentos de proteção individual, no sentido de que um pequeno sensor, por exemplo no capacete do bombeiro, poderia ser fundamental para saber a sua localização ou até mesmo compreender as proporções do incêndio, ao que o entrevistado

concorda que poderia vir a fazer toda a diferença a supressão aos incêndios rurais. Contudo, baseado na sua experiência diz que esta abordagem já está a ser pensada e mesmo colocada em prática por empresas nos EUA, no entanto o problema surge na necessidade de certificar este tipo de materiais, uma vez que estes são constituídos por eletrónica e estando os mesmos inseridos em ambientes de atmosfera explosiva, a mínima falha pode dar origem a uma pequena faísca, que por si só pode dar origem a uma explosão. Por isso, aos poucos estão a ser criados materiais capazes de conseguir isolar totalmente toda a componente eletrónica, para assim poderem ser utilizados nestes ambientes. Outros problemas ainda retratados, são a falta de conhecimento por parte do publico alvo, o facto de a maior parte dos possíveis interessados ainda não terem plena noção das vantagens que este tipo de equipamentos lhes podem fornecer, e além disso, o elevado custo associado à implementação deste tipo de tecnologias torna-se noutro obstáculo.

Abordado sobre a utilização de sensores, quer para a deteção de incêndios quer para gestão dos terrenos, nomeadamente a gestão dos combustíveis, o entrevistado refere que vê esta abordagem como fácil de implementar, quer seja feita através de sensores ou através de imagem mas apenas para zonas estratégicas. Se pensarmos nesta abordagem a nível nacional, este refere que é algo impensável, não só pela enorme quantidade de sensores, que irá originar gastos gigantescos, mas também pelos enormes custos associados tanto à manutenção destes dispositivos como à rede que os interliga. Outra questão passa ainda pelo facto de que este investimento pode ser facilmente destruído pela passagem de um incêndio. Apesar disso, vê este sistema como interessante e importante para locais estratégicos onde seja mais propício a ocorrência de incêndios.

Relativamente à introdução de drones na deteção de incêndios ou na monitorização dos terrenos, foi vista de bom grado pelo entrevistado, referindo que existem dois tipos de drones, os drones de hélice e os drones de asa. Neste contexto verifica-se que os drones de asa acoplados com câmaras seria a solução mais adequada uma vez que são capazes de suportar mais horas de voo, o que seria ideal para fazer a monitorização dos terrenos, detetar *"hotspots"* que estariam a acontecer e rapidamente perceber locais propícios de incêndio. Obviamente por de trás de tudo isto é necessária uma rede, uma infraestrutura bem desenhada, coesa, de forma que, independentemente do local, sejamos capazes de visualizar as imagens, recorrendo para isso às redes 3G, 4G, ou mesmo bandas de rádio, no entanto esta adoção a nível nacional seria sempre complexa.

Quando questionado sobre as comunicações no terreno, este dá o exemplo de um projeto recentemente realizado que tinha por base a implementação de redes *mesh* numa equipa de bombeiros. Tendo em conta que os bombeiros estão distribuídos ao longo da linha da mangueira de água, se estes estiverem muito afastados, comunicações como *wi-fi* podem ser complicadas, pois é necessário que o bombeiro mais afastado consiga comunicar neste caso com o posto central, nas redes *mesh* a ideia passa por cada bombeiro ir distribuindo a informação passando entre eles até chegar ao ponto mais próximo do centro de controlo (um dos bombeiros) e aí sim é que a informação era partilhada com o ponto central. No entanto, este projeto não revelou grandes sucessos, apesar de idealmente e a nível de conceito fazer todo o sentido, a nível de protótipo mostrou-se muito complicado, uma vez que foram utilizados telemóveis e percebeu-se que teria de ser utilizado outro tipo de equipamentos, como *raspberry pi* em conjunto com outro tipo de antenas, para se conse-

guir gerir toda a rede *mesh* e toda a informação que circulava entre os utilizadores. Concluímos assim que as redes *mesh* idealmente funcionam muito bem num determinado local, mas para fazer uma transmissão desse local para o posto central será necessário recorrer a outro tipo de redes, seja 3G, 4G, ou via satélite.

Ainda sobre a questão das comunicação este refere que a implementação de uma rede *mesh* ou uma rede distribuída de IoT, tem de ser algo suficientemente robusto de forma a que não dependa do operador, tal como acontece hoje em dia em que temos a rede de telemóvel, no entanto não nos preocupamos com ela. Agora se nos referirmos à utilização de sensores, já é um pouco diferente, dando o exemplo dos sensores usados nos bombeiros, em que um dos sensores é colocado no peito e outro e outro é colocado no lado exterior do casaco, aqui já é exigida algum esforço por parte do utilizador. Explica ainda que tem vindo a ser realizado muito trabalho para tentar reduzir ao máximo a interação dos bombeiros com estes aparelhos, neste momento os bombeiros apenas têm de utilizar uma aplicação e clicar em "start", depois a aplicação é responsável pela gestão da ligação dos aparelhos, os quais comunicam por Bluetooth. Contudo estas questões mínimas têm de ser explicadas, de certa forma os utilizadores têm de ser educados para que as saibam utilizar, reforçando ainda que a grande vantagem de criar novas tecnologias em redes IoT consiste em torná-las o mais "*user friendly*" possível para este tipo de utilizadores, em que no caso de uma emergência seja simplesmente pegar nos equipamentos e seguir, porque não existe tempo para mais.

Questionado sobre a monitorização do estado atual das florestas e do levantamento dos níveis de combustível, o entrevistado refere que na sua opinião a melhor solução passa por exemplo por vídeo aéreo e imagens de satélites, pois são ferramentas que rapidamente conseguem cobrir áreas maiores. Hoje em dia a captação de imagens é obtida em diferentes espectros possibilitando assim a identificação dos diferentes constituintes do solo. Refere ainda que depois desta análise, para uma melhor perceção do que existe em determinados locais, aí sim a deslocação ao local pode ser muito útil, e até pode ser feito com o auxilio de robôs. Ainda no que diz respeito aos robôs informa que o INESC TEC tem já alguma tecnologia robotizada para efectuar limpezas nas florestas, a qual pode ser vista como uma mão extra e com viabilidade para tornar estes mecanismos autónomos. Para tal, recorrendo às redes IoT, seria admissível operá-las à distância, ou colocá-las em piloto automático, onde estas tentariam de alguma forma perceber o terreno e fariam as suas ações de acordo com o terreno e com as tarefas que lhe estavam destinadas.

Tabela D.2: Resumo de todas as entrevistas ao investigador de engenharia biomédica

Categorias	**Desafios à adoção da IoT**	**Oportunidades para adoção da IoT**	**Discordâncias à adoção da IoT**
Industria Florestal		- O uso de máquinas autónomas, ou com possibilidade de controlo remoto para diferentes aplicações no setor florestal;	

Continua na página seguinte

Tabela D.2: Resumo de todas as entrevistas ao investigador de engenharia biomédica (cont.)

Categorias	**Desafios à adoção da IoT**	**Oportunidades para adoção da IoT**	**Discordâncias à adoção da IoT**
Pragas e Doenças	- Toda a sensorização aplicada à floresta pode ser destruída com a passagem de um incêndio;	- Armadilhas inteligentes que detetem a presença de insetos e identifiquem a que espécie pertence; - Aspersores de inseticidas automáticos;	
Floresta Inteligente	- Possibilidade de os sensores colocados no terreno serem furtados ou destruídos com a passagem de um incêndio; - A utilização de sensores em grandes áreas não se torna viável uma vez que é difícil estabelecer em toda a área coberta a mesma resolução/sensibilidade; - Custo de aquisição e manutenção;	- Tornar a manutenção dos equipamentos mais eficiente, com recurso a sensores de humidade, com indicadores de desgaste;	
Tratamento e Gestão de Combustíveis	- Dificuldades em utilizar robôs terrestres devido à topografia acidentada e a longa extensão das florestas;	- Uso de imagens de satélites em diferentes espectros possibilita a determinação dos diferentes tipos de vegetação e solo existentes no local;	
Preparação das Comunidades	- Pouca formação de bombeiros e de guardas florestais para lidarem com tecnologias avançadas; - O acesso à Internet de banda larga é essencial;	- Partilha de informação e alerta mais rápidos; - Criação de aplicações de uso fácil por qualquer operador;	
Deteção de Incêndios Rurais	- Possibilidade de os sensores colocados no terreno serem furtados ou destruídos com a passagem de um incêndio; - Aplicando em grandes áreas implicaria uma grande banda de rede; - A utilização de sensores em grandes áreas não se torna viável uma vez que é difícil estabelecer em toda a área coberta a mesma resolução/sensibilidade; - Custos de aquisição e manutenção;	- Possibilidade de proteger áreas de interesse nacional (pontos estratégicos); - Utilização de drones de asa para deteção de focos de incêndio;	
Monitorização da Supressão a Incêndios Rurais		- Localização exata de cada combatente no terreno; - Medição de fatores ambientais, como vento, temperatura na posição da frente de incêndio; - Sensorização que permite ter noção das futuras proporções dos incêndios; - Carrinhas capazes de restabelecer as comunicações quando estas são quebradas; - Utilização de redes Mesh para comunicações dentro do teatro de operações;	- A utilização de redes Mesh não poderia ser utilizada para fora do teatro de operações, teriam de ser redes como 3G, 4G, ou via satélite;

Continua na página seguinte

Tabela D.2: Resumo de todas as entrevistas ao investigador de engenharia biomédica (cont.)

Categorias	Desafios à adoção da IoT	Oportunidades para adoção da IoT	Discordâncias à adoção da IoT
Segurança e Saúde dos Combatentes	- Altos requisitos dos bombeiros (equipamentos flexíveis, ergonómicos e de fácil utilização); - Elevado custo para aquisição dos equipamentos; - Certificação de equipamentos; - Falta de conhecimento em relação ao potencial que estes equipamentos podem ter; -Criação de um mercado, cujos equipamentos ainda não são conhecidos;	- Possibilidade de monitorizar os dados vitais e ambientais dos bombeiros em tempo real; - Possibilidade de incorporar novas tecnologias no material já existente;	

D.3 Representante de Proprietários Florestais

Em conversa com a representante de proprietários florestais a mesma refere que é percetível através dos inventários florestais realizados, que existem diversas propriedades que se encontram ao abandono, destaca ainda que esta situação ocorre mais a norte do Tejo, onde muitos dos proprietários nem sequer sabe onde estão os terrenos e como tal não os gerem, existem ainda casos em que os proprietários ainda tiram algum proveito da floresta mas apenas em ocasiões especiais, ou porque houve um incêndio e é necessário cortar ou porque, por alguma razão em especial, precisam de dinheiro. Já a Sul do Tejo o mesmo não se verifica, aqui as propriedades são de grandes dimensões, as pessoas vivem da própria propriedade, com explorações agroflorestais, com pastorícia associada. Refere ainda que, mal ou bem o inventário é capaz de dar uma noção daquilo que existe, no entanto não descarta a possibilidade de este ser melhorado com adoção de novas tecnologias, como voos e imagens de satélite, pois seria totalmente diferente trabalhar com o inventário atualizado num pequeno período de tempo do que ter um inventário atualizado de 5 em 5 anos.

Colocada a questão da biomassa como um incentivo ao estado de abandono da maior parte da floresta, a entrevistada refere que a biomassa não irá motivar ninguém a dedicar-se à questão das propriedades, nem a geri-las, vê no entanto a biomassa como parte de uma solução. Com isto refere que na altura que é feito o corte da madeira, tudo o que são sobrantes pode ser utilizado para este fim, no entanto existe a questão do transporte, a dificuldade em transportar biomassa deve-se essencialmente ao seu volume, no entanto em termos de quantidade no que diz respeito à tonelada, transporta muito pouca. Sendo a biomassa paga à tonelada, estas situações apenas compensam num raio próximo das explorações. Ainda na questão dos transportes, a introdução de tecnologias IoT ao longo do processo de transporte pode vir a ser interessante por parte das empresas do setor, mas ao nível do proprietário individual não vê vantagens.

Quando abordada sobre a introdução de mecanismos robotizados nas florestas, esta menciona que é essencial, isto porque cada vez há mais falta de recursos humanos, há falta de mão de obra pois as pessoas vão trabalhar para a floresta apenas em ultimo caso. Portanto, tudo o que possa

ser feito para reduzir o esforço físico dos operacionais, no que as atividades florestais requerem, tanto a nível de ergonomia como ruídos deve ser para avançar, referindo ainda que estas soluções têm de ser muito testadas por quem anda no terreno e serem economicamente competitivas. Ainda relativo à adoção de novas tecnologias, relata que estas podem ser vantajosas no combate das pragas e doenças na floresta, apesar de já serem feitos tratamentos quando é detetado um grau elevado, detetar antes mesmo da árvore em si ser afetada seria uma mais valia.

Relativamente à questão sobre a deteção de incêndios, através de colunas de fumo ou câmaras de videovigilância, refere que a nível individual não se justifica, mas ao nível de grandes proprietários existe todo o interesse em instalar este tipo de sistemas. Na sua opinião, estas soluções podem ser interessantes para as OPF's, Organizações de Produtores Florestais, ou mesmo ao nível das CIM's, Comunidades Intermunicipais. No seu entender, estas aplicações teriam de ser vistas mais como uma abordagem associativa e não tanto direcionadas ao proprietário individual.

Sobre a saúde e seguranças dos bombeiros, a entrevistada refere que hoje em dia quase toda a gente lida com um smartphone onde controla tudo o que está acontecer, desde batimentos, onde se encontra, quantos passos dá e isto poderia ser aqui um ponto de partida para inovar nos EPI's, Equipamentos de Proteção Individual. Posto isto refere ainda que o único problema aqui serão as coberturas de sinal. Com isto foi colocada a hipótese de que , à semelhança do que é feito por exemplo em catástrofes quando se fica sem qualquer meio de comunicação, serem usadas carrinhas que possuem grandes mastros com baterias próprias capazes de num largo raio criar uma rede de comunicação, ao que esta refere que pode ser uma opção e uma área a estudar, pois nos dias que correm é essencial que pelos menos se consiga obter a localização das viaturas, porque as pessoas acabam sempre por não estar muito afastadas, reforçando que se esta localização pudesse ser feita pessoa a pessoa então aí seria ótimo.

No final da entrevista e em jeito de conclusão, a representante de proprietários florestais refere que na agricultura a evolução tecnológica tem vindo a fluir com alguma rapidez, dando o exemplo da tesoura de poda onde esta foi substituída por uma tesoura elétrica, acoplada a uma bateria carregada numa pequena mochila às costas, a qual reduz imenso o esforço físico porque apesar de ser um procedimento simples, ao fim de uma vida trás muitas consequências e além disso gera uma rapidez e perfeição no trabalho pois os cortes são feitos de forma a evitar possíveis presenças de pragas e doenças na árvore. Como referido, obviamente têm um custo maior, mas a longo prazo rapidamente se consegue amortizar o investimento, salientando que a floresta precisa de inovar neste sentido, tornar o trabalho mais fácil, de um ponto de vista técnico, mais perfeito e que seja mais confortável para o utilizador, referindo que a introdução de pequenas melhorias tecnológicas podem fazer toda a diferença neste setor.

Tabela D.3: Resumo de todas as entrevistas ao representante de proprietários florestais

Categorias	**Desafios à adoção da IoT**	**Oportunidades para adoção da IoT**	**Discordâncias à adoção da IoT**
Industria Florestal	- Dificuldades no que diz respeito à questão do transporte de biomassa; - É atrativo ter uma exploração de biomassa num raio considerado ótimo, mais que isso não se torna rentável;	- Saber o material que está a ser transportado a qualquer momento, como é processado, transportado e comercializado; - Relativamente à questão da biomassa esta pode funcionar como um incentivo à limpeza das matas; - Triturar os subprodutos florestais em locais estratégicos de forma a otimizar as cadeias de recolha;	
Pragas e Doenças		- Adquirir um conhecimento prévio que fosse capaz de identificar as árvores mais propensas a ser infetadas; - Utilização de mecanismos capazes de combater mais rapidamente e automaticamente; - Os métodos usados atualmente apenas detetam a presença da praga depois da árvore estar infetada;	
Floresta Inteligente		- É essencial saber o que existe no terreno e em que condições se encontram para que seja feita uma boa gestão; - Recolher imagens frequentemente seria uma mais valia para se perceber a evolução da floresta e assim ter um inventário florestal constantemente atualizado; - Ao nível da robótica, tudo o que puder ser automatizado, pode ser uma mais valia uma vez que neste momento existe muito pouca oferta de mão de obra; - Uma melhoria ao nível da automação e ergonomia dos equipamentos usados no contexto florestal seria uma mais valia e um excelente ponto de partida para melhorar as condições de trabalho que este setor exige;	
Tratamento e Gestão de Combustíveis	- A prioridade seria uma sensorização das árvores que possuem um grande valor comercial, só depois se pensaria na questão dos combustíveis; - Os pequenos proprietários não têm interesse em investir nos seus terrenos para uma gestão ativa;	- A recolha de imagens de satélite, por exemplo semanais, permite perceber que tipos de combustíveis existem, monitorizar a sua evolução e acompanhar os mais recentes acontecimentos como por exemplo a área ardida nas florestas;	
Preparação das Comunidades	- Dificuldade em gerir muita informação num curto espaço de tempo;	- Quanto maior for a quantidade de informação adquirida, mais fácil e completa se torna a tomada de decisão;	

Continua na página seguinte

Tabela D.3: Resumo de todas as entrevistas ao representante de proprietários florestais (cont.)

Categorias	**Desafios à adoção da IoT**	**Oportunidades para adoção da IoT**	**Discordâncias à adoção da IoT**
Deteção de Incêndios Rurais		- A incorporação de novas tecnologias capazes de ajudar os vigilantes traria resultados muito positivos na deteção precoce de incêndios; - A utilização de soluções capazes de detetar incêndios de forma autónoma seria visto como uma vantagem para as associações de proprietários florestais; - Utilização das infraestruturas já existentes, como postes de alta tensão ou torres eólicas para implementar sistemas de videovigilância florestal;	
Monitorização da Supressão a Incêndios Rurais	- Dificuldade em gerir muita informação num curto espaço de tempo; - O problema encontra-se mais na questão da partilha de informação e não na obtenção de informação;	- Informação das condições meteorológicas, nomeadamente temperatura, vento, para que seja mais fácil gerir as equipas que se encontram no terreno; - Desenvolvimento de uma metodologia baseada no histórico de ocorrências de incêndios e comportamentos do fogo que permita perceber como proceder na supressão ao incêndio;	
Segurança e Saúde dos Combatentes	- Sabendo que já existe falta de orçamento para material básico a situação piora para aquisição de novos equipamentos;	- Fazer uso das tecnologias já existentes, adaptando-as às necessidades de monitorização dos bombeiros, como por exemplo pulseiras que monitorizam o ritmo cardíaco;	

D.4 Engenheiro Florestal na Área da Investigação Aplicada

Na entrevista realizada ao Eng.º Florestal na área da investigação aplicada, quando abordado sobre a indústria florestal, este refere que monitorizar toda a cadeia de valor desde a floresta até ao produto final é sem duvida uma mais valia, na sua opinião. Conhecer o grau de humidade ao longo da cadeia logística, não só é fundamental na cortiça como é também na madeira e particularmente na questão da biomassa. Tendo em conta que o grave problema da biomassa se concentra no peso do transporte, reduzir o peso causado pela humidade é uma questão muito relevante e que poderá facilmente ser corrigido, se estes níveis puderem ser monitorizados. Relativamente a esta questão, o INESC TEC tem uma proposta para este problema baseada numa metodologia capaz de medir os níveis de humidade na pilha, para assim conseguir perceber qual a melhor altura para ser transportada para as unidades de queima ou para produzir pellets. A biomassa é ainda um dos exemplos da própria valorização dos produtos, um pouco associada à valorização dos espaços

florestais, na medida em que algo que neste caso não era valorizado, agora é encarado como uma receita complementar.

Ao longo da entrevista, refere que do seu ponto de vista é algo fundamental e que tem vindo a evoluir muito noutros países, é a utilização de sensores para determinar nas máquinas de corte o volume que está a ser cortado. Apesar de as máquinas de uma maneira geral já terem isso incorporado, é uma informação que é desprezada por todos os envolvidos na cadeia, ou porque acham que não trás qualquer benefício, ou porque não estão habituados a usar este tipo de ferramenta nestes instrumentos. Outra questão muito relevante ainda levantada pelo mesmo, é a falta de uma ferramenta que seja capaz de identificar a oferta e a procura de matéria prima florestal e assim obter uma espécie de mercado digital, onde exista um registo e troca de informação *online*, que juntamente com sistemas de apoio à decisão podem melhorar em muito este setor.

Quando confrontado com a questão da monitorização dos espaços florestais, em relação ao nível dos combustíveis, este refere que existem soluções como o LiDAR que permite fazer a monitorização dessas variáveis e ferramentas terrestres que através de laser retiram informações sobre a vegetação que existe num determinado local, como o volume, carga de combustível, continuidade do combustível... Além disso, podem ainda ser retirados indicadores como a quantidade de carbono, questões relacionadas com a proteção do solo, água, existindo assim um conjunto de informação que poderia ser recolhida e divulgada através de processos mais simples, de forma a criar mais condições para valorizar estes espaços.

Abordado sobre a presença de pragas e doenças na floresta, este refere que estão já a ser utilizados mecanismos mais eficientes, um deles consiste na captura de imagens, onde caso seja detetado algum problema é depois necessário ir ao local identificar qual é o problema. O outro mecanismo explicado consiste em fazer uma análise mais preventiva, permitindo de certa forma antever a vulnerabilidade do espaço e fazer uma intervenção que previna o aparecimento de uma praga. Este método consiste em atrair o agente às armadilhas lá colocadas através de substâncias específicas, estas armadilhas estão depois preparadas para enviar informação ao controlador através de fotografias, evitando assim deslocações em vão ao local.

Já no domínio dos incêndios, o entrevistado reforça que a presença humana é essencial e fundamental na deteção de incêndios rurais e no alerta aos serviços de emergência, referindo ainda que os sistemas de deteção que teve conhecimento não obtiveram grande sucesso e estão ainda numa fase muito experimental, o que não permite dar a segurança necessária para que estas soluções sejam eficazes.

Questionado sobre a forma como a IoT poderia dar proteção aos bombeiros durante a supressão às chamas, este refere que é sem duvida uma área de muito interesse. A presença de sensores nos EPI's e a monitorização de uma série de dados podia permitir saber se o bombeiro está desidratado, se a temperatura ao seu redor é demasiado elevada, ter noção de como o fogo está a evoluir ou quais os níveis de oxigénio existentes. É ainda realçado que a localização é extremamente importante, porque se alguém desorientado se perde no meio de um teatro de operações, é muito difícil encontrá-la e aqui um sistema de localização seria muito proveitoso, uma vez que poderia até dar suporte para quem gere o teatro de operações, ao poder relocalizar as equipas de

uma forma muito mais eficiente.

Tabela D.4: Resumo de todas as entrevistas ao engenheiro florestal na área da investigação aplicada

Categorias	**Desafios à adoção da IoT**	**Oportunidades para adoção da IoT**	**Discordâncias à adoção da IoT**
Industria Florestal		- Comunicação em tempo real; - Informação detalhada da caracterização e localização do material durante todo o processo; - Determinar o grau de humidade ao longo da cadeia logística pode vir aumentar o grau de eficiência de todo o processo nomeadamente ao nível do peso do transporte uma vez que este tem um peso significativo nos lucros associados à exploração de biomassa; - Criação de plataformas de partilha de dados entre todos os intervenientes que permita perceber onde está a oferta de material e a procura;	
Pragas e Doenças	- Atualmente as armadilhas utilizadas requerem a frequente análise no terreno;	- Utilização de armadilhas inteligentes, tornando-as mais autónomas, sendo que estas fornecem imagens dos insetos capturados de forma a evitar deslocações ao terreno desnecessárias;	
Floresta Inteligente	- A falta de interesse dos proprietários na gestão dos seus terrenos dificilmente levaria a que estes investissem na colocação de sensores, pois seria um custo extra; - Dificuldade em transformar os dados recolhidos em informação útil para a gestão; - Elevado custo das comunicações para transmitir a informação dos sensores;	- Investimento em melhores sistemas de gestão por parte dos proprietários com interesse comercial nas suas propriedades; - Existe a necessidade de ter uma floresta mais competitiva, mais produtiva e resiliente;	
Tratamento e Gestão de Combustíveis	- Problema grave, mas é desvalorizado devido aos grandes incêndios que têm ocorrido;	- Utilização de máquinas de corte, que incorporadas com sensores são capazes de quantificar o volume cortado; - Captura de imagens aéreas; - Através de ferramentas com o uso de laser perceber qual o tipo de vegetação existente, o seu volume, carga de combustível e continuidade do combustível;	

Continua na página seguinte

Tabela D.4: Resumo de todas as entrevistas ao engenheiro florestal na área da investigação aplicada (cont.)

Categorias	Desafios à adoção da IoT	Oportunidades para adoção da IoT	Discordâncias à adoção da IoT
Preparação das Comunidades		- Identificar a localização exata de uma emergência; - Gerir os acessos ao local; - Informação das condições meteorológicas; - Melhorar os sistemas de apoio à decisão no que diz respeito por exemplo à gestão de equipas, ao planeamento de trabalhos, tudo isto assente em partilha e registo de informação online;	
Deteção de Incêndios Rurais	- Presença humana é fundamental;	- Necessidade de sistemas que detetem incêndios de forma mais rápida que os atuais;	- Os sistemas até agora implementados mostraram-se muito pouco fiáveis;
Monitorização da Supressão a Incêndios Rurais	- Dificuldade em gerir muita informação em pouco tempo;	- Melhorar a comunicação e a capacidade logística no teatro de operações; - Localização de cada bombeiro individualmente, para que o posto de comando tenha a noção precisa do que está a acontecer em tempo real e assim tomar melhores decisões;	
Segurança e Saúde dos Combatentes		- Monitorizar os sinais vitais dos bombeiros, tais como verificar temperatura, hidratação, ar respirado...	

D.5 Investigador da Aplicação de Robótica na Floresta

Na entrevista realizada e sendo o entrevistado investigador na área da aplicação de robótica na floresta, fez-se uma abordagem das plataformas robóticas recentemente utilizadas na vinha, questionando se não seria possível adaptar este tipo de tecnologia para a floresta, nomeadamente para a monitorização do crescimento das árvores, ao qual este responde que seria possível, apesar de existirem alguns desafios nomeadamente ao nível da locomoção. Perante este obstáculo, dá soluções para outro tipo de robôs, neste caso aéreos, no entanto estes apresentam algumas desvantagens, pois estes estão preparados para andar por cima da canópia das árvores e não irão dar a informação desejada, para isso seria necessário outro tipo de perspectiva, como andar no meio da floresta. Mais uma vez apresenta como solução os drones capazes de andar no meio da floresta, no entanto estes apesar de ainda não serem soluções comerciais, necessitariam sempre de algumas adaptações.

Ainda relacionado com estas soluções robotizadas, o mesmo afirma que atualmente com a inteligência artificial e o *deep learning* torna-se cada vez mais fácil desenvolver o sistema sensorial por exemplo para distinguir o que é para corte daquilo que não é para corte, o problema aqui encontra-se na solução mecânica propriamente dita, no entanto afirma que já existem muitos

institutos de investigação a trabalhar neste sentido e mesmo empresas a desenvolver robôs para limpeza das florestas.

Relativamente à utilização de armadilhas inteligentes, o entrevistado refere que ter mecanismos para eliminar a praga não será a melhor solução, uma vez que existem formas mais eficazes de o fazer, como por exemplo soluções químicas, contudo dá o exemplo que no caso da vespa asiática onde existem mesmo soluções que depois de identificar o inseto, colocam tags ou identificadores nas vespas e com o auxilio de drones seguem-nas até aos ninhos para os destruírem.

Abordado sobre a indústria florestal e a possibilidade de se fazer com que a floresta não se encontre tanto ao abandono, o especialista refere que uma das principais razões para o estado de abandono da floresta se deve em grande parte à falta de pessoas com disponibilidade para trabalhar no contexto florestal, além disso muitos dos proprietários florestais não estão perto dos terrenos e os que estão a maior parte já são pessoas de idade sem condições para fazerem o que faziam antigamente. Relativamente à limpeza das florestas este refere que a solução passa por utilizar sistemas capazes de diminuir o esforço físico das pessoas, no entanto depois existe a parte relativa à valorização do material, porque ter uma máquina capaz de fazer a limpeza e no entanto não se retirar um proveito económico vai acabar por ser visto como um custo para o proprietário, e aqui o objetivo consiste em pegar no material que é limpo e dar-lhe um aproveitamento. O entrevistado dá ainda o exemplo do BIOTECFOR, um projeto que conseguiu valorizar quase dez vezes mais o valor da biomassa por kg, neste projeto a utilização de biomassa destina-se à produção de plásticos para a industria automóvel. Outro destino para a valorização da biomassa, o projeto GOTECFOR, o qual consiste no aquecimento de estufas onde mais uma vez é um setor que está disposto a pagar mais do que é pago na produção de eletricidade. Outra possibilidade consiste em aproveitar estes sobrantes e utiliza-los como base para os espaços onde os animais se encontram, que juntamente com as fezes destes, dá origem a fertilizantes para enriquecer os campos agrícolas. Portanto a forma de rentabilizar a floresta na sua opinião passa por fazer uma limpeza automatizada que reduza o esforço físico das pessoas, bem como a quantidade de pessoas necessárias e depois a segunda via é encontrar a melhor forma de conseguir valorizar a biomassa.

Relativamente aos incêndios, refere que as tecnologias microssatélites poderia ser utilizada para apoiar quem está nos postos de vigia e consequentemente na deteção de incêndios rurais, refere ainda que a utilização de câmaras de alta resolução seriam uma possibilidade bem como pensando num futuro próximo a utilização de microssatélites de baixa altitude também poderiam vir a ser uma opção.

Confrontado com afirmações retiradas da entrevista realizada o ano passado por Mendonça (2019) acerca de outras soluções para evitar perdas de vidas humanas no teatro de operações, este refere que tem uma visão das coisas na perspetiva de um investigador e por isso as soluções apresentadas nunca serão para o imediato. Para o imediato refere que a monitorização dos dados vitais é de extrema relevância e que num curto espaço de tempo fará todo o sentido, no entanto a médio longo prazo poder se-á pensar em soluções que passam por remover o bombeiro da linha da frente, isto é, ter por exemplo robôs capazes de andar na frente de batalha, ou até mesmo soluções químicas utilizadas juntamente com drones.

Ainda questionado com afirmações feitas o ano passado sobre as comunicações realizadas durante o teatro de operações, este salienta que na sua opinião a base está no 4G e no 3G, e por isso esse deve ser o meio de comunicação preferencial para alimentar as pessoas que estão na supressão aos incêndios. Contudo reconhece que como qualquer outra pode falhar e ai é necessário haver soluções redundantes, as quais podem passar pelo uso de carrinhas que possuem grandes mastros e baterias próprias que consigam criar uma rede de comunicações num longo raio, ou até mesmo drones capazes de fazer chegar as comunicações às pessoas. Ainda assim, afirmando mais uma vez que não é uma solução para o imediato refere que vê com bons olhos a questão dos microssatélites lançados pelo Elon Musk.

Tabela D.5: Resumo de todas as entrevistas ao investigador da aplicação da robótica na floresta

Categorias	**Desafios à adoção da IoT**	**Oportunidades para adoção da IoT**	**Discordâncias à adoção da IoT**
Industria Florestal	- Falta de interesse das pessoas em trabalhar no contexto florestal; - Nem toda a biomassa retirada da floresta tem a mesma utilidade, há a necessidade de fazer uma seleção da biomassa recolhida;"	- Rastreamento do transporte em toda a cadeia logística; - Encontrar soluções para valorizar a biomassa, desde aquecimento de estufas, biocompósitos para indústria automóvel; - Soluções de automatização que venham a reduzir o esforço físico das pessoas e a quantidade de pessoas necessárias para esses fins;	
Pragas e Doenças	- Preços elevados das armadilhas inteligentes; - Carece sempre de uma avaliação por parte de um engenheiro florestal; - Dependendo do tamanho do inseto, esta deteção pode se tornar bastante complicada, se estivermos a falar de insetos muito pequenos ou até mesmo de insetos no interior da árvore;	- Utilização de armadilhas inteligentes, tornando-as mais autónomas, sendo que estas fornecem imagens dos insetos capturados de forma a evitar deslocações ao terreno desnecessárias; - Atualmente não existe uma deteção imediata do aparecimento duma praga;	
Floresta Inteligente	- Devido à complexidade da floresta, torna-se difícil a nível de locomoção a existência de robôs a fazer patrulhas; - Robôs aéreos possivelmente não irão fornecer a informação mais precisa, como por exemplo a densidade de madeira;	- Adoção de tecnologia robótica, nomeadamente robôs aéreos; - Existência de drones capazes de andar no meio da floresta, apesar de ainda não serem soluções comerciais e necessitarem de algumas adaptações;	
Tratamento e Gestão de Combustíveis	- Relativamente ao desenvolvimento de mecanismos autônomos o problema não está em identificar o que seria para corte ou não, o problema encontra-se na mecânica propriamente dita, em arranjar uma solução robusta e de baixo custo;	- Desenvolvimentos de robôs para limpeza da floresta;	

Continua na página seguinte

Tabela D.5: Resumo de todas as entrevistas ao investigador da aplicação da robótica na floresta (cont.)

Categorias	**Desafios à adoção da IoT**	**Oportunidades para adoção da IoT**	**Discordâncias à adoção da IoT**
Preparação das Comunidades		- Recurso a microssatélites para que se consiga fazer face às falhas de rede durante os incêndios;	
Deteção de Incêndios Rurais		- Utilização de drones; - Incorporação de câmaras de alta resolução nos postos de vigia; - A utilização de microssatélites de baixa altitude;	
Monitorização da Supressão a Incêndios Rurais		- Utilização de soluções químicas expelidas através de drones durante a supressão aos incêndios;	
Segurança e Saúde dos Combatentes		- Análise dos sinais vitais é de extrema relevância; - Soluções robóticas que fossem capazes de substituir o bombeiro na linha da frente;	

D.6 Gerente de Desenvolvimento de negócios na Área Florestal

No inicio da entrevista começou por se questionar o especialista relativamente a uma ideia que apresentou na entrevista realizada por Mendonça (2019), e que diz respeito ao desconhecimento da localização dos terrenos por parte de alguns proprietários, tendo sido perguntado ao mesmo se esta situação poderia ser um entrave ao uso da IoT no contexto florestal, ao que o mesmo respondeu dizendo que no momento em particular de pandemia que o país atravessa neste momento o abandono florestal é ainda maior, pois as pessoas fazem menos limpeza, a fiscalização está mais centrada noutros problemas que não a floresta, e o uso da IoT como ferramenta auxiliar, fui um pouco abandonada nesta fase.

Quando abordado sobre o recurso a soluções para aproveitamento de biomassa florestal, com vista à valorização da floresta e a que seja vista como um negócio, o especialista refere que a tendência tem que ser esta e que é fundamental que tal aconteça, pois em grande parte dos casos as pessoas vão lá ou por necessidade de dinheiro ou porque são obrigadas e não tanto com foco na boa gestão da floresta. Na sua opinião, o simples facto de um proprietário ter a floresta deve ser remunerado, pelo facto de por exemplo neutralizar carbono e produzir oxigénio, pegando neste exemplo para explicar que se devem criar cadeias de negócio sustentáveis na floresta, com vista à sua valorização. Foi ainda apresentado o projeto do INESC TEC TEC4AGROFOOD, que consiste em tornar as florestas sustentáveis, também introduzindo a IoT, e gerindo a mesma de forma a que tudo seja feito no tempo certo para que haja um equilíbrio entre todas as partes desde a limpeza, plantação até à comercialização dos espaços florestais. Realça o facto de a IoT, a robótica, inteligência artifical, o Big Data, serem fundamentais para se conseguir perceber em tempo real

o que está a acontecer, bem como conseguir prever acontecimentos futuros, em particular nas grandes propriedades onde só desta forma se consegue ter uma visão geral de toda a propriedade e saber o que está acontecer e em que zona está a acontecer, para assim se tomarem as decisões no tempo certo.

Questionou-se o entrevistado à cerca da existência de sensores biodegradáveis e das suas vantagens e da possibilidade de os mesmos serem afetados por incêndios e o investimento ser perdido, ao que o mesmo responde que existem estudos para o desenvolvimento de sensores biodegradáveis, mas que a sua vantagem será o facto de estes se decomporem com o tempo, uma vez que em termos de informação os dados não terão a mesma precisão de sensores convencionais, apesar de na sua opinião se existir uma boa rede de sensores, a precisão dos mesmos não ser fundamental pois acabam por se complementar, assim como defende que mesmo que se usem sensores convencionais, a precisão destes também não precisa de ser a melhor, sendo preferível investir numa rede bem estruturada que se complemente e não tanto em sesnores com alta fiabilidade. Quanto a sensores resistentes ao fogo, vê os mesmos como uma oportunidade pois permitiriam monitorizar a floresta durante um incêndio de uma forma in loco, como forma de complementar a informação que já é possível obter através de satélite, dando o exemplo da empresa COMPTA que desenvolveu uma solução que a partir da nuvem de fumo é possível perceber o que está a acontecer no incêndio. É ainda apresentado um exemplo do que acontece na Finlândia onde se recorrem a sistemas LiDAR acoplados a aviões comerciais ou até mesmo de aprendizagem, e assim permite obter informação relativa a incêndios dos locais por onde passam de forma gratuita, uma vez que os aviões apenas têm que fazer as suas viagens normais.

Questionou-se o entrevistado quanto à deteção de falsos alarmes bem como deteção antecipada de incêndios através de colunas de fumo, tendo o mesmo referido que em Portugal certamente empresas como a Navigator, a Amorim e a Sonae Arauco têm estes sistemas implementados, no entanto no resto do país será muito pouco provável porque grande parte da floresta é privada e os proprietários não investem neste tipo de sistemas. Referiu também a criação do laboratório colaborativo ForestWISE que trabalha as áreas da floresta e do fogo juntando a investigação com as grandes empresas desta área já referidas, com vista ao desenvolvimento de novas tecnologias para a área florestal, num regime de co-criação. Refere ainda que já existem diversas tecnologias desenvolvidas nesta área, o grande problema é a falta de adesão dos proprietários às mesmas, que existe uma grande diferença entre os grandes proprietários que aderem muito às novas tecnologias de gestão florestal, mas que a grande parte da floresta, que corresponde aos pequenos proprietários, têm muito poucos ou quase nenhuns sistemas implementados, porque não chegam a perceber as vantagens destes. O especialista alerta ainda para o facto de que dados não são informações, e que muitos dados não vão trazer nenhuma mais valia, a mais valia estará em perceber os dados e saber tratá-los, e isto é um outro problema que se levanta após a sensorização, como tal é fundamental que todos os sistemas desenvolvidos sejam criados através de parcerias entre os desenvolvedores e os utilizadores finais, para que se tornem sistemas *user friendly* para o utilizador final, neste caso os proprietários florestais. Por fim refere que acima de tudo é essencial que se criem serviços de consultoria que expliquem aos proprietários os benefícios destas tecnologias, e o que eles vão

ganhar com elas.

O especialista foi depois questionado sobre a prevenção de pragas e doenças, de que forma a IoT poderia ser importante nesta situação, tendo começado por afirmar que o trabalho tem que ser feito exatamente nesse sentido, mais na prevenção e deteção precoce das pragas e não tanto no combate. É sugerido pelo entrevistado uma solução simples para a deteção de pragas e doenças que consiste num dispositivo que através de ferormonas atrai os insetos, e que ao possuir uma câmara capture imagens do mesmo e as transmita ao gestor florestal, depois através de processamento de imagem é possível perceber de que inseto se trata, e se poderá ser um vetor de alguma doença para a floresta, antecipando assim a chegada do problema numa fase precoce podendo ser tomadas medidas em tempo útil. Outra solução proposta, será o uso de sensores metabolómicos nas plantas, que permitam medir se existem alterações no metabolismo da mesma, por forma a perceber se esta foi infetada com alguma doença, e assim ter um comportamento mais preventivo e não tanto reativo, o que diz ser essencial neste tipo de problemas.

Questionado sobre as falhas de comunicação entre as várias entidades durante um incêndio, e sobre se a IoT poderá trazer vantagens em relação às tecnologias atuais baseadas em 2G e 3G, o mesmo refere que entende ambas como necessárias pois cada vez mais os dados serão essenciais nos teatros de operações, mas as comunicações nunca poderão ser abandonadas, como tal acha que é possível a coexistência das duas tecnologias como forma de complementaridade entre ambas. Propõe ainda outras soluções, tais como o sistema usado no mar pelos barcos em que a informação circula desde terra pulando de barco em barco até que chegue ao barco que se pretende e na floresta poderá ser criado um sistema semelhante na floresta, ou até mesmo balões de telecomunicações a grande altitude que reforce a rede de comunicações na zona do incêndio, redes de telecomunicações enterradas, entre outras. Acha que a IoT tem que forçosamente entrar nesta equação das comunicações em teatros de operações, complementando as atuais redes 2G e 3G.

Posteriormente, o especialista foi questionado sobre soluções que poderiam ser aplicadas nos EPI's dos bombeiros sem tornarem os equipamentos desconfortáveis, recorrendo à IoT, tendo o mesmo referido que a linha de estudo deve ser essa, não o desenvolvimento de coisas novas mas sim adaptar o melhor possíveis as antigas para que possam albergar as novas tecnologias. Refere ainda que a co-criação é fundamental entre quem desenvolve, quem produz e quem irá usar, sob pena de se assim não for os equipamentos tornarem-se desconfortáveis para quem os usa, as soluções não funcionarem como quem as desenvolveu definiu, ou não serem exequíveis para quem as executa.

Por fim, é referido que a IoT tem que ser sem dúvida utilizada na floresta, e acima de tudo os equipamentos já existentes têm que ser munidos de sensorização, como por exemplo equipamentos de limpeza, tratores, os próprios equipamentos dos sapadores florestais... E outra questão que é essencial em Portugal é que se criem associações de proprietários florestais, porque grande parte dos proprietários possuem terrenos com áreas reduzidas, mas se todos os proprietários de determinada tomarem medidas conjuntas, poderão adotar soluções que serão vantajosas para todos, com os custos diluídos por todos.

Tabela D.6: Resumo de todas as entrevistas ao gerente de desenvolvimento de negócios na área florestal

Categorias	**Desafios à adoção da IoT**	**Oportunidades para adoção da IoT**	**Discordâncias à adoção da IoT**
GERAL	- A introdução e adoção de novas tecnologias requer novos conhecimentos e competências para os operadores florestais; - Desenvolvimento de sistemas de apoio à decisão, focados na relação custo-benefício, com objetivo de desempenhar um papel crucial na informação que é dada aos proprietários florestais; - O acesso à Internet de banda larga é essencial para aproveitar todo o potencial das novas tecnologias; - Para desenvolver tecnologias de fácil utilização é necessário que as equipas de desenvolvimento trabalhem em soluções de co-criação com os proprietários florestais; - Custo de aquisição de novas tecnologias;		
Industria Florestal		- Veículos autónomos; - Otimização das cadeias de abastecimento; - Rastreamento do transporte de biomassa; - Perceber a que distâncias as centrais termoelétricas para aproveitamento da biomassa se tornam ou não rentáveis; - Valorização dos produtos que saem da floresta e tornar estes em negócio através de cadeias de abastecimento; - Valorizar os serviços do ecossistema como a paisagem florestal, a captura de carbono, disponibilização de oxigénio, tudo isto poderá ser pago;	

Continua na página seguinte

Tabela D.6: Resumo de todas as entrevistas ao gerente de desenvolvimento de negócios na área florestal (cont.)

Categorias	**Desafios à adoção da IoT**	**Oportunidades para adoção da IoT**	**Discordâncias à adoção da IoT**
Pragas e Doenças		- Veículos autónomos; - Otimização das cadeias de abastecimento; - Rastreamento do transporte de biomassa; - Perceber a que distâncias as centrais termoelétricas para aproveitamento da biomassa se tornam ou não rentáveis; - Valorização dos produtos que saem da floresta e tornar estes em negócio através de cadeias de abastecimento; - Valorizar os serviços do ecossistema como a paisagem florestal, a captura de carbono, disponibilização de oxigénio, tudo isto poderá ser pago;	
Floresta Inteligente	- O uso de sensores na floresta gera uma grande quantidade de dados, informação que dão origem a problemas como o big data, transmissão de dados, armazenamento de dados...; - Muitos dos proprietários florestais não estão aptos a utilizar as novas tecnologias, levando a que não entendam os benefícios destas;	- Acompanhar o desenvolvimento das espécies existentes recorrendo à sensorização ou camaras; - Utilização de soluções robóticas com sensores em movimento; - Utilização de sensores biodegradáveis (embora menos eficientes); - Utilização de voos comerciais e voos de aprendizagem para obter informação, através de câmaras térmicas ou LiDAR; - Quando se fala em grandes explorações florestais, apenas com recurso a novas tecnologias é possível fazer a recolha e gestão de dados no local e momento certo; - Tornar os sensores mais user friendly e mostrar o custo benefício do seu uso, junto dos proprietários florestais;	
Tratamento e Gestão de Combustíveis	- Em Portugal, não existe incentivo estatal para que o proprietário limpe o seu terreno, o que leva a um não investimento em tecnologias de gestão; - Uma grande parte da população não sabe onde têm a sua exploração, muito menos a gerem;	- Um excelente ponto de partida seria a utilização de um inventário online, onde é feita uma medição da variabilidade e de tudo o que se está a passar no terreno quer seja feita através de uma deteção remota, ou deteção próxima; - valorizar o tratamento e gestão de combustíveis de forma a que passe a ser negocio para os produtores florestais, a limpeza das florestas;	

Continua na página seguinte

Tabela D.6: Resumo de todas as entrevistas ao gerente de desenvolvimento de negócios na área florestal (cont.)

Categorias	**Desafios à adoção da IoT**	**Oportunidades para adoção da IoT**	**Discordâncias à adoção da IoT**
Preparação das Comunidades		- Um excelente ponto de partida seria a utilização de um inventário online, onde é feita uma medição da variabilidade e de tudo o que se está a passar no terreno quer seja feita através de uma deteção remota, ou deteção próxima; - valorizar o tratamento e gestão de combustíveis de forma a que passe a ser negocio para os produtores florestais, a limpeza das florestas;	
Deteção de Incêndios Rurais	- Dificuldade em sensorizar terrenos sem ter a informação de quem é o proprietário;	- Uso dos balões de comunicação para ter um maior acesso ao sinal de Internet;	
Monitorização da Supressão a Incêndios Rurais		- Aviões autónomos; - Utilização de voos comerciais e voos de aprendizagem para obter informação, através de camaras térmicas ou LiDAR; - Sensores que ligados a sistemas de apoio à decisão comecem a supressão a um incêndio automaticamente; - Existência de reservatórios de água em zonas criticas; - Desenvolvimento de sensores capazes de resistir às condições extremamente adversas de um incêndio florestal para que possam fornecer informação da frente de incêndio em tempo real; - Criação de mecanismos que levem as redes de dados e comunicações até às zonas onde estas não existam ou tenham sido destruídas pelo fogo, p.ex. com recurso a balões, comunicações enterradas;	
Segurança e Saúde dos Combatentes		- Utilizar o bombeiro da frente de um incêndio como sensor (wearables) obtendo informação das condições de saúde, temperatura ambiente, humidades, ventos; - Adaptar os equipamentos existentes e já massivamente usados pelos bombeiros, sensorizando-os, em cocriação entre as pessoas que desenvolvem estes sistemas e os próprios bombeiros, para que se garanta uma adequação dos equipamentos;	

D.7 Coordenador de Prevenção Estrutural

Nesta entrevista começou por se abordar alguns temas tratados na entrevista realizada no ano passado, na qual afirma que na zona do Porto já existem dois postos de vigia compostos por meios complementares com câmaras de videovigilância, ao qual se questiona a possibilidade de replicar estes sistemas para outras zonas do país, percebe-se então que a zona metropolitana do Porto tem já um projeto aprovado no sentido de aumentar estes meios complementares de videovigilância. No entanto, o especialista remete para um problema que será razão pela qual muitas zonas ainda não usufruírem desta tecnologia, o custo, apesar disso afirma que mais cedo ou mais tarde as CIM's vão acabar por recorrer a esta via porque é sem duvida uma mais valia, contudo não vai substituir os tradicionais de postos de vigia, será complementar, irá permitir um acompanhamento em tempo real e com qualidades de vídeo ótimas.

Questionado sobre a possibilidade de introduzir na floresta mecanismos robotizados, quer para monitorização do desenvolvimento das espécies ou até para a própria limpeza do mato, este refere que na sua opinião não faz qualquer sentido, deveriam sim, ser utilizadas melhores ferramentas de corte e destroçamento de matos e fogos controlados em sítios estratégicos, salientando ainda que os incêndios têm de acontecer, caso não aconteçam também será mau. Na sua opinião, sistemas robotizados ou drones não irão resolver os graves problemas que existem em Portugal, referindo que o problema no nosso país não é a deteção, mas sim durante e depois dos incêndios, levantando a questão dos reacendimentos.

Ainda relacionado com a limpeza das florestas e sobre a falta de mão de obra para trabalhar na floresta, o entrevistado refere que o problema não se encontra no facto de ser um trabalho esforçado, muito menos pelo facto de a maquinaria ser pesada ou barulhenta, na sua opinião é um emprego com baixa remuneração quando comparado a outros muito menos violentos. Dando o exemplo da REN, este refere que cada vez mais são feitos investimentos em máquinas quase automáticas, no entanto existem limitações tais como as pedras ou inclinações onde estas máquinas não podem operar, e aí sim é necessário a intervenção humana, destacando que as máquinas usadas por estes operadores estão cada vez melhores e têm cada vez mais especificações, no entanto e apesar de ter vindo a melhorar, as qualificações destes operacionais são normalmente baixas e podem dificultar o uso de maquinaria muito tecnológica.

Relativamente à deteção ou prevenção de pragas e doenças na floresta, este refere que neste momento na sua área de trabalho são utilizadas as chamadas armadilhas tradicionais através de ferormonas e as quais são distribuídas pelo território nas zonas mais susceptíveis. Refere ainda que o trabalho que está a ser feito neste momento consiste em armadilhas equipadas com câmaras que captam o inseto após a captura e partilham a mesma com os agentes decisores que através de uma aplicação móvel conseguem perceber de que inseto se trata, esta aplicação funciona assim como uma espécie de base de dados onde a partilha da informação flui de uma forma muito mais simples e fácil. O especialista destaca ainda que outra das formas que existe para detetar possíveis doenças é através de imagens satélite, mas na sua opinião nenhuma tecnologia tira o lugar do ser humano, continua a ser necessário ter pessoas especializadas, com formações nesta área funcio-

nando as tecnologias como algo complementar. Na mesma linha de pensamento, o entrevistado reforça a necessidade de os vigilantes nos postos de vigia serem mais formados, terem mais conhecimentos, a nível do fogo e do seu comportamento, para que se pudesse tirar um melhor partido e consequentemente dar melhores informações aos bombeiros e a quem gere os incêndios.

Questionado sobre qual a tecnologia usada na monitorização dos combustíveis, este refere que neste momento é usado o Sentinel 2, realçando que este é mais focado para delimitar as áreas ardidas, contudo afirma que o que deveria ser feito é proteger as áreas que ainda não arderam, porque as zonas que arderam, provavelmente durante três ou quatro anos não iram arder de novo, ou com a intensidade de anos anteriores.

Abordado sobre a questão da valorização dos subprodutos florestais e a indústria florestal, realça que cada vez mais se está a estragar madeira que poderia ter outro tipo de utilidade e vai para "moer" como se fosse biomassa, porque quando se fala em biomassa deveria falar-se em resíduos, ramas, matos, os sub produtos finais, no entanto refere que a biomassa é um negócio que necessita de ser bem explorado tendo em conta que um dos grandes problemas é o transporte, pois a mesma ocupa muito volume. É ainda referido que começa a pensar-se na possibilidade de se criarem locais em cada freguesia onde as pessoas pudessem acumular os sub produtos florestais, para mais tarde serem destroçados e posteriormente encaminhados para as centrais.

Quando questionado sobre a possibilidade de melhorar as falhas de comunicação nos incêndios o entrevistado refere que na sua opinião o sistema utilizado, a rede SIRESP, é perfeitamente adequada, tendo mesmo sofrido melhorias em função das falhas que ocorreram, como o aumento do número de carros móveis de reforço de rede, realça no entanto que todas as redes de comunicações quando sobrecarregadas estão sujeitas a falhas. É ainda destacado que muita coisa tem vindo a mudar, e neste caso a internet tem vindo a melhorar imenso a qualidade da informação ao nível dos postos de comando, os corpos de bombeiros possuem um programa onde já é possível ter tudo geolocalizado, os rádios utilizados no teatro de operações já se encontram geolocalizados, é possível saber quem está nos incêndios, em que condições, é possível introduzir lá informação e esta informação fica automaticamente visível para quem tenha acesso à mesma. Pode, na sua opinião, dizer-se que nos últimos anos os sistemas de comunicação e localização têm vindo a melhorar no nosso país.

Já no final desta conversa e interrogado sobre a saúde e segurança dos combatentes, focando a questão dos bombeiros, este refere que é essencial encontrar soluções para que não tenhamos bombeiros a trabalhar horas e horas consecutivas. O especialista refere ainda que deveriam existir melhores condições para os bombeiros, em particular no que aos momentos de descanso diz respeito. O entrevistado explica a necessidade de que estes sistemas sejam muito simples, uma vez que já acompanhou vários projetos onde é necessário colar sensores e nota que os operacionais não aderem, não porque não querem, mas porque acham que em situações de emergência não têm tempo para o fazer, portanto a ideia de utilizar uma pulseira capaz de controlar os batimentos cardíacos que conectada com o rádio ou outro equipamento que eles usem, possa dar o alerta de quantas horas o bombeiro já trabalhou, monitorizar a frequência cardíaca, poderia introduzir uma melhoria na gestão das equipas no terreno, além disso tudo isto poderia ainda estar associado a

um alerta a equipas médicas para que pudessem intervir de imediato. Realça por fim que a segurança dos operacionais é de extrema importância, porque acidentes dentro do teatro de operações desmobilizam e desmotivam toda a restante equipa.

Tabela D.7: Resumo de todas as entrevistas ao coordenador de prevenção estrutural

Categorias	**Desafios à adoção da IoT**	**Oportunidades para adoção da IoT**	**Discordâncias à adoção da IoT**
Industria Florestal	- O preço a pagar pela madeira pode variar (aumentar/diminuir) com a introdução de novas tecnologias;	- Sensores de peso em camiões; - Medição do tamanho e densidade de troncos de madeira; - Otimização das cadeias de recolha dos subprodutos florestais; - O uso de novas tecnologias poderá vir a ajudar no que diz respeito à falta de mão de obra;	
Pragas e Doenças		- Uma mais valia para a deteção do tipo de insetos passa por uma partilha mais eficiente da informação recolhida; - Utilização de satélites para detetar possíveis focos de pragas e doenças;	
Floresta Inteligente	- Só seriam possíveis em pequenos terrenos;	- Utilização de câmaras de alta definição para monitorizar o estado atual da floresta;	
Tratamento e Gestão de Combustíveis		- Utilização de câmaras de alta definição para monitorizar o estado atual da floresta;	
Preparação das Comunidades		- Existir um controlo dos semáforos quando carros de bombeiros em emergência se aproximassem; - Melhorar as plataformas de partilha de dados para que todas as entidades que possam introduzir informação relevante na supressão aos incêndios possam aceder em tempo real a esta informação;	- A introdução de uma nova tecnologia só traria mais entropia à estrutura de resposta a emergências que já está bem organizada;
Deteção de Incêndios Rurais	- Elevado custo de aquisição no que diz respeito aos sistemas de videovigilância; - Relativamente à aplicação de sensores apenas será possível para pequenas áreas; - Em caso de grandes incêndios os sensores podem ser danificados e ficar incapazes de serem utilizados;	- Utilização de câmaras de videovigilância para complementar os tradicionais postos de vigia;	- Os projetos realizados com recurso a sensores para detetar incêndios não obtiveram resultados positivos (PNPG);
Monitorização da Supressão a Incêndios Rurais		- Investir na deteção de reacendimentos;	- Depois de todas as equipas estarem no local a comunicação não é um problema;

Continua na página seguinte

Tabela D.7: Resumo de todas as entrevistas ao coordenador de prevenção estrutural (cont.)

Categorias	Desafios à adoção da IoT	Oportunidades para adoção da IoT	Discordâncias à adoção da IoT
Segurança e Saúde dos Combatentes	- Terão de ser equipamentos que não incomodem em nada ao bombeiro; - Os equipamentos teriam se ser algo de fácil utilização;	- Controlar o cansaço dos bombeiros; - Saber há quanto tempo, e em que condições um bombeiro está a combater; - Utilização de dispositivos simples, como pulseiras para monitorizar os batimentos cardíacos, que ligados a uma plataforma de gestão pudesse alertar as equipas médicas em caso de necessidade;	

D.8 Investigador no Centro de Geografia e Ordenamento do Território

Esta entrevista inicia-se procurando perceber qual tem sido o trabalho que a especialista tem vindo a desenvolver relativo à temática dos incêndios rurais e da valorização dos espaços florestais, à qual responde que o seu trabalho apesar de indiretamente estar relacionado com a valorização dos espaços florestais, foca-se mais nos incêndios, sendo a sua maior preocupação o que diz respeito à dimensão social que os incêndios têm. Afirma que o facto de ser geógrafa pode influenciar o seu ponto de vista referindo que, ao contrário dos florestais que continuam achar que os incêndios são sobretudo um problema ligado aos combustíveis existentes na floresta, adoptando o paradigma físico e biológico, na sua perspetiva os incêndios são fundamentalmente um problema de natureza social e política, reforçando com o facto de grande parte dos incêndios serem originados por causas antrópicas. Em relação aos incêndios que ocorreram em 2017, refere que estes são uma realidade que tem de ter outro tipo de abordagem, não bastando adotar abordagens tradicionais realçando que a questão da comunicação é fundamental, entre todas as partes envolvidas, incluindo os cidadãos. Posto isto, para se tentar resolver o problema dos incêndios é necessário criar pontes entre a ciência e os operacionais, de modo que se consigam encontrar soluções mais assertivas para evitar que ocorram desastres associados aos incêndios.

Questionada agora sobre a preparação das comunidades e a possibilidade de a IoT assumir um papel importante, esta refere que a IoT permite um aspeto muito importante que é a interação, porque ao nível do contributo para a redução do risco, a comunicação por interação pode trazer grandes vantagens. Destaca ainda que é importante perceber a informação que devemos receber da população, deve-se pensar numa perspetiva de co-produção sendo que a resolução do problema dos incêndios passa pelo envolvimento de toda a gente. Realçando que existem populações tão afetadas pelos incêndios que eles próprios sem qualquer tipo de formação ou especialização foram capazes, de experiência após experiência, desenvolverem formas de se protegerem dos incêndios.

Quando abordada sobre a deteção de incêndios e a existência de sistemas capazes de detetar a

ignição em tempo real, afirma que estas soluções não irão resolver o problema dos incêndios, simplesmente poderão permitir uma primeira intervenção mais rápida, pois o objetivo seria reduzir o número de ignições através de legislação penal e maior vigilância, dando exemplos de países onde estas tecnologias não tiveram resultados tais como os EUA e a Austrália, para isso é necessário que sejam implementadas outro tipo de medidas para tentar reduzir o numero de ocorrências. Ainda relativamente a estes sistemas, refere que os mesmos são importantes e podem ser úteis mas não se sabe até que ponto serão eficazes e um dos grandes problemas da politica em Portugal é avaliar a eficácia das ações. Na sua opinião a eficácia das ações não pode ser medida em função do numero de incêndios e da área ardida, são necessários protocolos específicos para a avaliação dessas ações e isso geralmente não é feito, referindo ainda que é fundamental ultrapassar este patamar, sob pena de se continuar a confiar nos meios aéreos e estes não serem capazes de atuar em incêndios que são mais perigosos e que estão para alem da capacidade de controlo, sendo estes aqueles que podem criar vitimas, pois são incêndios muito difíceis de controlar.

Relativamente à questão de se apostar numa floresta mais sensorizada com vista a uma melhor percepção do estado em que esta se encontra, a entrevistada refere que essas características fazem parte da avaliação do perigo e do risco, destacando que existem modelos de simulação do fogo que englobam as questões meteorológicas, as características do combustível, bem como as características de natureza climática, realçando que é necessário obter dados a uma escala mais fina. Apesar de os satélites nos poderem dar estes dados, levanta-se um problema que é o facto de os satélites geoestacionários ainda terem graus de resolução baixos e aqueles que têm graus de resolução óptimos estão em orbita, o que significa que irão passar apenas em dois momentos do dia em determinado local, caso o grande problema ocorra dentro deste intervalo deixamos de ter cobertura. Na sua opinião, apesar de termos muitos dados muitas vezes não existe toda a informação que é precisa, dando o exemplo dos mapas da ocupação do solo, a COS, os quais refere serem muito úteis, no entanto não têm o grau de pormenor que é necessário, existindo aldeias tão pequenas que não estão cartografadas bem como aldeias que apenas estão representadas pela área urbana e a área agriculta, não sendo assim dados suficientes para um bom planeamento, refere ainda outro problema, estas informações são actualizadas por norma de ano a ano, mas se pensarmos na questão da biomassa durante um ano esta sofre muitas alterações, por isso nos dias que correm é necessário ter uma melhor informação, nomeadamente até ao nível meteorológico, porque a temperatura e a humidade são factores que variam muito.

Questionada sobre a monitorização da supressão a incêndios rurais, a entrevistada refere que na sua opinião a *Internet of Things* pode ser útil em qualquer uma das fases do desenvolvimento dos incêndios, mas é necessário perceber como pode ser útil. Já relativamente à questão dos EPI's refere que a incorporação de sensores pode ser útil ao nível da medição da intensidade dos incêndios, da temperatura, da humidade, do vento, portanto não é simplesmente perceber a localização mas sim perceber todo este conjunto de informação em volta disso. A informação sobre os operacionais deveria ainda ser disponibilizada em tempo real, não só para os operacionais mas toda a população em geral e sobretudo que haja transparência na informação, afirmando ainda que a não revelação de informação não pode ser utilizada como escudo de protecção de ações que

não sejam bem executadas.

Em teatros de operações extremamente complexos, é necessário que efetivamente haja mais informação que permita auxiliar quem esta no terreno a perceber a real situação, mas essa mesma informação também pode ser importante para os cidadãos perceberem, por exemplo se devem ou não evacuar aquela zona, ou seja, ter informação de grande pormenor e constantemente actualizada é fulcral. Relativamente a esta questão relata que há muitos comentários como "os cidadãos não percebem esse tipo de informação", no entanto isto só acontece porque ninguém os informou, ou "isso apenas irá causar o pânico na população", referindo que no seu entender é preferível as pessoas estarem preparadas para receber essa informação e saberem que ações podem tomar, do que as pessoas estarem completamente sozinhas e desorientadas.

Ainda ao longo desta entrevista, é exposto pela entrevistada, o caso dos EUA, em que depois de terem reconhecido que tiveram 100 anos de política florestal falhada, passaram da política em que todos os incêndios têm de ser extintos para uma política em que, em zonas onde não haja grandes perigos ao ocorrer um incêndio o objetivo é gerir o fogo e não tanto extingui-lo, isto é, o que começou por ser um incêndio passa a ser um "fogo controlado", portanto um incêndio que poderia ter 20 hectares acaba por ter 150, portanto se a nossa política tem como parâmetros fundamentais de avaliação a dimensão de um incêndio, não existe sequer a possibilidade de ter medidas deste género.

Em jeito de conclusão refere que num dos estudos em que esteve envolvida sobre um paradigma que assenta numa governança partilhada dos incêndios, onde se chegou a conclusão que a supressão apenas precisa de ter uma representatividade de 18%, portanto 82% daquilo que se deve fazer em volta dos incêndios, deve ser feito antes e uma pequena parte que ainda é superior a 18% depois. No fundo o "depois" está-se a preparar para o "antes", portanto se forem feitas um conjunto de atividades "antes" e "depois" iremos ter de ter muito menos recursos durante a supressão.

Tabela D.8: Resumo de todas as entrevistas ao investigador no centro de geografia e ordenamento do território

Categorias	**Desafios à adoção da IoT**	**Oportunidades para adoção da IoT**	**Discordâncias à adoção da IoT**
Industria Florestal	- O objetivo da criação de centrais termoelétricas a biomassa era o aproveitamento dos subprodutos florestais e a utilização individual por parte da população, no entanto verifica-se que em muitas situações se estão a queimar troncos de madeira, não incentivando assim à valorização dos subprodutos florestais;		
Pragas e Doenças		- Utilização de câmaras em armadilhas inteligentes capazes de evitar deslocações desnecessárias aos locais;	

Continua na página seguinte

Tabela D.8: Resumo de todas as entrevistas ao investigador no centro de geografia e ordenamento do território (cont.)

Categorias	**Desafios à adoção da IoT**	**Oportunidades para adoção da IoT**	**Discordâncias à adoção da IoT**
Floresta Inteligente	- A recolha de informação adquirida através de imagens satélite nem sempre é a mais precisa, os satélites geoestacionários ainda têm graus de resolução baixos, sendo que aqueles que têm graus de resolução ótimos encontram-se em orbita, o que significa que apenas vão capturar informação de x em x tempo, existindo momentos do dia que não têm cobertura;	- A utilização de drones, sensores na floresta pode dar uma informação mais precisa; - Melhor informação a nível meteorológico, porque a temperatura e a humidade variam muito, principalmente em terrenos de relevo acidentado, com vertentes soalheiras e vertentes sombrias, levando a que na mesma área haja diferentes níveis de temperatura e de humidade;	
Tratamento e Gestão de Combustíveis	- O mapa de ocupação do solo não traduz a realidade ao pormenor, há aldeias tão pequenas que simplesmente não se encontram cartografadas, no entanto elas existem, como também existe área agrícola que não está devidamente identificada como tal; - Existe muita informação mas não a suficiente para fazer uma boa gestão;	- Utilização de voos, drones, podem ajudar numa monitorização dos níveis de combustíveis; - Os índices de NDVI's variam frequentemente ao longo do ano, por isso é necessário recolher melhor informação;	
Preparação das Comunidades	- Coprodução de dados e conhecimento entre a população e as diversas entidades; - Instruir e preparar a população para que saiba interpretar a informação disponibilizada pelas equipas no terreno; - Uma vez que a maior parte dos incêndios são de origem antrópica, os incêndios devem ser vistos como um problema social;	- Permite uma interação entre toda a informação disponibilizada, trazendo vantagens sobre a perceção do risco, a preparação, prevenção e mitigação dos incêndios rurais; - Durante um incêndio, a informação recolhida sobre o mesmo deve ser disponibilizada para toda a população em geral, deve haver transparência na informação para que as comunidades saibam interpretar o comportamento do fogo e saibam como atuar durante um incêndio;	
Deteção de Incêndios Rurais	- Estas soluções não resolvem o grave problema dos incêndios rurais; - Avaliar até que ponto estes sistemas de deteção são eficazes;	- Permite fazer uma primeira intervenção mais rápida e eficaz;	
Monitorização da Supressão a Incêndios Rurais	- Existe falta de dados precisos para gerir os incêndios; - Garantir que a informação que é transmitida é fidedigna;	- A utilização da IoT pode ser útil em todas as fases de um incêndio, desde a prevenção, a preparação, durante a supressão e no período de recuperação e reabilitação;	
Segurança e Saúde dos Combatentes		- Utilizar os equipamentos de proteção individual de forma sensorizada capazes de medir a intensidade dos incêndios, da temperatura, humidade, vento...	

D.9 Exemplo da Importância da 2º Entrevista

A 2º entrevista realizada no âmbito desta dissertação teve como um dos principais objetivos verificar se a informação retida na 1º entrevista ficou bem esclarecida, para isso foi apresentada a cada especialista uma tabela onde estavam reunidas, por tópicos, todos os pontos de vista considerados importantes para a realização deste trabalho. Na maior parte dos entrevistados, as alterações foram pouco significativas, foram retificadas apenas algumas palavras ou termos técnicos, contudo na 2º entrevista realizada ao Gerente de Desenvolvimento de negócios na Área Florestal e após uma análise de toda a informação que lhe foi apresentada, o mesmo sugeriu alguns tópicos adicionais aos que tinha falado na 1º entrevista, achando mesmo que se justificaria a introdução de mais uma categoria, designada por "geral", pois todos os tópicos acrescentados poderiam ser enquadrados nos desafios apresentados a todas as categorias estudadas. A alteração aqui mencionada pode ser encontrada na tabela D.6.

Apêndice E

Categorias Consideradas mais Promissora para Adoção IoT

Nas tabelas que se seguem, é apresentada a compilação de toda a informação recolhida através das entrevistas realizadas aos oito especialistas em torno das três categorias consideradas mais promissoras para a adoção de IoT.

Tabela E.1: Compilação de toda a informação reunida em torno da categoria "Monitorização da Supressão a Incêndios Rurais"

Parâmetros	**Monitorização da Supressão a Incêndios Rurais**
Desafios à adoção de IoT	- Dificuldade em gerir muita informação num curto espaço de tempo; - O problema encontra-se mais na questão da partilha de informação e não na obtenção de informação; - Existe falta de dados precisos para gerir os incêndios; - Garantir que a informação que é transmitida é fidedigna;
Oportunidades para a adoção de IoT	- Medição de fatores ambientais, como vento, temperatura na posição da frente de incêndio, para que seja mais fácil gerir as equipas que se encontram no terreno; - Sensorização que permite ter noção das futuras proporções dos incêndios; - Carrinhas capazes de restabelecer as comunicações quando estas são quebradas; - Utilização de redes Mesh para comunicações dentro do teatro de operações; - Levantamento das condições físicas dos operacionais que estão a combater para um posto de comando de forma autônoma; - Informação em tempo real, da localização e quantidade de meios que estão no terreno a operar, bem como há quanto tempo se encontram em funções; - Acompanhamento do estado de operacionalidade dos meios (níveis de água, combustível...); - Desenvolvimento de uma metodologia baseada no histórico de ocorrências de incêndios e comportamentos do fogo que permita perceber como proceder na supressão ao incêndio; - Melhorar a comunicação e a capacidade logística no teatro de operações; - Utilização de soluções químicas expelidas através de drones durante a supressão aos incêndios; - Aviões autónomos; - Utilização de voos comerciais e voos de aprendizagem para obter informação, através de câmaras térmicas ou LiDAR; - Sensores que ligados a sistemas de apoio à decisão comecem a supressão a um incêndio automaticamente; - Existência de reservatórios de água em zonas criticas; - Desenvolvimento de sensores capazes de resistir às condições extremamente adversas de um incêndio florestal para que possam fornecer informação da frente de incêndio em tempo real; - Criação de mecanismos que levem as redes de dados e comunicações até às zonas onde estas não existam ou tenham sido destruídas pelo fogo, p.ex. com recurso a balões, comunicações enterradas; - Investir na deteção de reacendimentos; - A utilização da IoT pode ser útil em todas as fases de um incêndio, desde a prevenção, a preparação, durante a supressão e no período de recuperação e reabilitação;
Discordâncias à adoção de IoT	- A utilização de redes Mesh não poderia ser utilizada para fora do teatro de operações, teriam de ser redes como 3G, 4G, ou via satélite; - Frequentemente, em caso de incêndio perde-se facilmente o acesso à internet; - Depois de todas as equipas estarem no local a comunicação não é um problema;

Tabela E.2: Compilação de toda a informação reunida em torno da categoria "Floresta Inteligente"

Parâmetros	**Floresta Inteligente**
Desafios à adoção de IoT	- Possibilidade de os sensores colocados no terreno serem furtados ou destruídos com a passagem de um incêndio; - A utilização de sensores em grandes áreas não se torna viável uma vez que é difícil estabelecer em toda a área coberta a mesma resolução/sensibilidade, sendo que apenas seria possível aplicar em pequenos terrenos; - A falta de interesse dos proprietários na gestão dos seus terrenos dificilmente levaria a que estes investissem na colocação de sensores, pois seria um custo extra; - Dificuldade em transformar os dados recolhidos em informação útil para a gestão; - Devido à complexidade da floresta, torna-se difícil a nível de locomoção a existência de robôs a fazer patrulhas; - Robôs aéreos possivelmente não irão fornecer a informação mais precisa, como por exemplo a densidade de madeira; - O uso de sensores na floresta gera uma grande quantidade de dados, informação que dão origem a problemas como o big data, transmissão de dados, armazenamento de dados...; - Muitos dos proprietários florestais não estão aptos a utilizar as novas tecnologias, levando a que não entendam os benefícios destas; - A recolha de informação adquirida através de imagens satélite nem sempre é a mais precisa, os satélites geoestacionários ainda têm graus de resolução baixos, sendo que aqueles que têm graus de resolução ótimos encontram-se em orbita, o que significa que apenas vão capturar informação de x em x tempo, existindo momentos do dia que não têm cobertura;
Oportunidades para a adoção de IoT	- Tornar a manutenção dos equipamentos mais eficiente, com recurso a sensores de humidade, com indicadores de desgaste; - Incorporação de sensores capazes de recolher informações das diversas vertentes da floresta, como por exemplo identificar os teores de humidade; - É essencial saber o que existe no terreno e em que condições se encontram para que seja feita uma boa gestão; - Recolher imagens frequentemente seria uma mais valia para se perceber a evolução da floresta e assim ter um inventário florestal constantemente atualizado; - Ao nível da robótica, tudo o que puder ser automatizado, pode ser uma mais valia uma vez que neste momento existe muito pouca oferta de mão de obra; - Uma melhoria ao nível da automação e ergonomia dos equipamentos usados no contexto florestal seria uma mais valia e um excelente ponto de partida para melhorar as condições de trabalho que este setor exige; - Investimento em melhores sistemas de gestão por parte dos proprietários com interesse comercial nas suas propriedades; - Existe a necessidade de ter uma floresta mais competitiva, mais produtiva e resiliente; - Adoção de tecnologia robótica, nomeadamente robôs aéreos, ou soluções robóticas com sensores em movimento; - Existência de drones, capazes de andar no meio da floresta, poderiam dar origem a informação mais precisa, apesar de ainda não serem soluções comerciais e necessitarem de algumas adaptações; - Acompanhar o desenvolvimento das espécies existentes recorrendo à sensorização ou câmaras; - Utilização de sensores biodegradáveis (embora menos eficientes); - Utilização de voos comerciais e voos de aprendizagem para obter informação, através de câmaras térmicas ou LiDAR; - Quando se fala em grandes explorações florestais, apenas com recurso a novas tecnologias é possível fazer a recolha e gestão de dados no local e momento certo; - Tornar os sensores mais user friendly e mostrar o custo benefício do seu uso, junto dos proprietários florestais; - Melhor informação a nível meteorológico, porque a temperatura e a humidade variam muito, principalmente em terrenos de relevo acidentado, com vertentes soalheiras e vertentes sombrias, levando a que na mesma área haja diferentes níveis de temperatura e de humidade;
Discordâncias à adoção de IoT	

Tabela E.3: Compilação de toda a informação reunida em torno da categoria "Indústria Florestal"

Parâmetros	**Indústria Florestal**
Desafios à adoção de IoT	- Dificuldades no que diz respeito à questão do transporte de biomassa, é atrativo ter uma exploração de biomassa num raio considerado ótimo, mais que isso não se tornará rentável; - Nem toda a biomassa retirada da floresta tem a mesma utilidade, há a necessidade de fazer uma seleção da biomassa recolhida; - O objetivo da criação de centrais termoelétricas a biomassa era o aproveitamento dos subprodutos florestais e a utilização individual por parte da população, no entanto verifica-se que em muitas situações se estão a queimar troncos de madeira, não incentivando assim à valorização dos subprodutos florestais; - Falta de interesse das pessoas em trabalhar no contexto florestal; - O preço a pagar pela madeira pode variar (aumentar/diminuir) com a introdução de novas tecnologias;
Oportunidades para a adoção de IoT	- O uso de máquinas autónomas, ou com possibilidade de controlo remoto para diferentes aplicações no setor florestal, com comunicação em tempo real; - Exploração de centrais de biomassa, com objetivo de reduzir o risco de incêndio, podendo funcionar como um incentivo à limpeza das matas e cativar o interesse de proprietários florestais; - Triturar os subprodutos florestais em locais estratégicos de forma a otimizar as cadeias de recolha; - Determinar o grau de humidade ao longo da cadeia logística pode vir a aumentar o grau de eficiência de todo o processo nomeadamente ao nível do peso do transporte, uma vez que este tem um peso significativo nos lucros associados à exploração de biomassa; - Criação de plataformas de partilha de dados entre todos os intervenientes que permita perceber onde está a oferta de material e a procura; - Rastreamento do transporte em toda a cadeia logística; - Encontrar soluções para valorizar a biomassa, desde aquecimento de estufas, biocompósitos para indústria automóvel; - Soluções de automatização que venham a reduzir o esforço físico das pessoas e a quantidade de pessoas necessárias para esses fins; - Veículos autónomos; - Valorização dos produtos que saem da floresta e tornar estes em negócio através de cadeias de abastecimento; - Valorizar os serviços do ecossistema como a paisagem florestal, a captura de carbono, disponibilização de oxigénio, tudo isto poderá ser pago; - Sensores de peso em camiões; - Medição do tamanho e densidade de troncos de madeira; - Otimização das cadeias de recolha dos subprodutos florestais;
Discordâncias à adoção de IoT	- Viabilidade da criação de mais centrais de biomassa, uma vez que este setor se encontra completamente saturado;

Apêndice F

Exemplos de Projetos Recorrendo à Adoção de IoT

Neste apêndice são dados exemplos de quarto projetos em curso em Portugal, onde a *Internet of Things* tem um papel extremamente importante, na figura F.1 é possível visualizar a estrutura onde idealmente estes projetos se baseiam e verificar que este "avanço" no setor florestal apenas é possível se "tudo" estiver interligado.



Figura F.1: Ciclo de atuação na agricultura/ floresta retirado de (INESCTEC, 2020)

F.1 Bee2FireDetection

Existe em Portugal uma empresa, de seu nome *Compta Emerging Business*, a qual se dedica desde Junho de 2010 à produção e criação de produtos e soluções baseados em concei-

tos como *Smart Cities* e *Internet of Things*. Esta empresa desenvolveu um projeto chamado *Bee2FireDetection*, o qual consiste numa solução de deteção automática de incêndios em estados iniciais, no entanto esta solução dá ainda apoio nos processos de tomada de decisão, o qual pode ser visto como um suporte nas operações de supressão a incêndios. Um aspeto essencial deste projeto consiste na capacidade de estimar a propagação do fogo no terreno e de ser capaz de recomendar o local por onde se deve atuar em primeiro lugar. Alguns casos de uso desta aplicação são por exemplo as florestas e parques naturais, áreas de mineração, plantações florestais e instalações industriais. Em Portugal, a empresa *The Navigator Company* faz uso desta solução em duas vertentes, uma mais relacionada com o setor florestal e outra com o setor industrial. Relativamente à floresta este recurso pode ser usado não só para a deteção de incêndios, suporte a operações do centro de controlo, risco de incêndio, medidas de segurança pública mas também para uma prevenção e monitoramento de incêndios florestais. É de salientar ainda que a *Compta Emerging Business* foi premiada pela revista, Exame Informática como sendo "Os Melhores do Portugal Tecnológico" e conquistou ainda a final mundial do IBM Watson Build 2018 (Compta Emerging Business, 2020).

F.2 GeoForest

O projeto GeoForest, a nova plataforma da Associação Florestal de Entre Douro e Tâmega, a qual representa cerca de 600 proprietários e dá apoio a mais de 9 mil hectares de área florestal em Portugal, consiste na elaboração de uma plataforma colaborativa para a visualização de informação geográfica relativa aos espaços florestais, envolvendo todas as questões relacionadas com a defesa da floresta contra incêndios e a sensibilização da população em geral, traduzindo-se num conjunto de ferramentas de apoio à decisão.

Esta plataforma pretende simplificar o acesso e facilitar a sua interpretação através da ajuda das novas tecnologias. Sendo a partilha da informação e a comunicação uma mais valia, um dos objetivos deste projeto é potencializar a partilha da informação e a colaboração entre os diferentes agentes deste setor. Esta informação pode ainda ser consultada em tempo real e em qualquer lugar através de vários dispositivos atuando como um instrumento de apoio à decisão nas diversas etapas da gestão florestal, como por exemplo o apoio e planeamento na execução e gestão do combustível.

Este projeto pode ainda ser útil na gestão operacional durante a ocorrência de incêndios, sendo que esta proporciona aos operacionais no terreno, neste caso aos bombeiros, uma base de dados onde é possível ter a percepção de onde existem pontos de água, possui ainda a identificação de toda a rede viária florestal e torna-se ainda uma mais valia no final de cada ocorrência, uma vez que possibilita o registo da área ardida e consequentemente a partilha de informação com as outras entidades envolvidas.

A utilização desta plataforma permite assim obter uma maior eficiência do trabalho de campo através da simplificação de processos e da redução em grande número da utilização de informação

em suporte de papel, outras das vantagens apontadas são ainda a gestão eficiente dos dados geográficos e a rapidez na análise dos danos causados pela ocorrência de incêndios florestais (GeoForest, 2020).

F.3 BIOTECFOR

Outro projeto com interesse nesta área é o projeto BIOTECFOR, um exemplo de como o recurso à automação e robótica, nomeadamente à recolha e processamento de biomassa, pode dar origem a novos biomateriais. Este projeto irá realizar-se de forma transversal na região Norte de Portugal e Galiza e pretende promover a valorização eficiente dos recursos florestais, neste caso em especifico, reconhecer a importância da biomassa florestal. Os biomateriais aqui abordados têm como principal destino materiais compósitos (plásticos) com capacidade de utilização na industria automóvel. O BIOTECFOR pretende através de soluções inovadoras como esta valorizar os recursos florestais, o que consequentemente irá dar lugar a uma gestão sustentável dos espaços florestais, uma maior rentabilidade da atividade florestal e a diminuição do risco de incêndio (BIOTECFOR, 2020).

F.4 GOTECFOR

A floresta possui um peso considerável na economia nacional, principalmente no que diz respeito às fileiras florestais, e por isso surgem projetos como o GOTECFOR o qual pretende dar solução a dois problemas diferentes, um deles consiste no baixo valor económico atribuído aos resíduos florestais, outro consiste nos elevados custos no aquecimento de ambientes industriais, como por exemplo o aquecimento de estufas. Neste sentido, pretende-se avaliar a possibilidade de utilizar resíduos florestais no aquecimento de estufas para conseguir diminuir os custos envolvidos neste processo, mais uma vez, recorrendo ao aproveitamento de biomassa florestal na forma de estilha. Esta prática leva a que os proprietários florestais, empresas florestais e agroindústriais se unam em prol das suas necessidades, por um lado dar utilidade a um recurso natural e renovável pouco utilizado e por outro a necessidade de fontes energéticas a preços mais baixos e estáveis para assim conseguirem aumentar a sua produção nos períodos entre Outubro e Maio.

No entanto, existem ainda alguns entraves a esta prática, nomeadamente a necessidade de tornar mais eficientes e optimizados os modelos de recolha, planeamento logístico e transporte e melhorar e adaptar a maquinaria usada na recolha de biomassa, para assim ser possível reduzir o esforço físico dos operadores envolvidos neste processo. Existe ainda a necessidade de redimensionar, ajustar ou alterar as soluções de aquecimento já existentes, contudo a possibilidade de aumentar o número de locais com capacidade para utilizar biomassa (estilha) no aquecimento de estufas iria reduzir os custos de transporte e ao mesmo tempo evitar perdas desnecessárias nos ciclos de transformação de energia, aumentando desta forma a viabilidade de a limpeza da floresta e a gestão dos combustíveis vir a ser autossustentável (GOTECFOR, 2020).

Apêndice G

Contextualização Segundo a Opinião de José Miguel Cardoso Pereira

José Miguel Cardoso Pereira, professor e investigador no departamento de engenharia florestal do Instituto Superior de Agronomia recorre à etimologia para definir a palavra floresta, o termo floresta tem origem no termo latino "foris" que também deu origem à palavra "fora", e quer com isto dizer que no tempo dos romanos a floresta era considerada um espaço sobrante, onde não se podia habitar nem cultivar, com legislação algo escassa e que era usado pela aristocracia para atividades de caça. Por serem espaços "abandonados" tornavam-se muito densos em vegetação, o que levou à conotação do termo floresta como se este fosse de origem botânica, o que na realidade se mantém até aos dias de hoje, ainda que tenha na realidade origem jurídica e geográfica.

G.1 Estado Atual da Floresta

A designação de floresta é portanto, muito abrangente. Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), basta que um determinado espaço tenha no mínimo 10% de área florestal para que seja considerado floresta, portanto a floresta não são apenas arvores. A denotação de floresta vai desde uma vegetação fechada como as florestas tropicais, onde existe maioritariamente uma vegetação arbórea, a locais mais áridos onde apesar de existir algumas arvores, a vegetação é predominantemente arbustiva e herbácea. Os ecossistemas agro-florestais são também exemplos de floresta, pois ainda que possuam uma configuração diferente de região para região é sempre exigida a presença de arvores de um determinado tamanho, tendo em consideração que estes resultam da combinação de espécies arbóreas com cultivo agrícola.

No último quartel do século XIX, precisamente por volta de 1875 dá-se o primeiro levantamento da ocupação do solo à escala do país, onde se comprova que a área da floresta em Portugal estava abaixo dos 10%. Mais tarde, já em meados dos anos 70, portanto um século depois, Portugal passa a ter 35% do território em floresta. Este aumento significativo dá-se não só por iniciativas do Estado, onde foram arborizadas dunas para que estas não avançassem para o interior do território, mas principalmente por iniciativa privada. A procura pela madeira, tanto para construção como

para ferrovias, quer mesmo para lenha despertaram interesse para uma área de investimento, o que faz com que, o território com floresta em Portugal, em apenas um século progredisse em mais de 25%.

Atualmente, a área de floresta mantem-se, apesar de não ter havido uma redução significativa, verificaram-se perdas e ganhos relevantes. A sua composição nos últimos 30 anos sofreu bastantes alterações, tanto a área eucaliptal como os montados, sobretudo de sobreiros, aumentaram consideravelmente ao contrário do que aconteceu nas áreas de pinhal, as quais diminuíram substancialmente.

Estas são as 3 espécies mais significativas em Portugal, nomeadamente o pinheiro bravo, eucalipto e o sobreiro. Existe ainda a azinheira, embora não tenha sofrido uma grande expansão devido a razões económicas, uma vez que o sobreiro é muito mais atrativo neste ponto de vista devido à cortiça e o eucalipto devido à indústria do papel. Contudo o pinhal tem sido alvo dos grandes fogos florestais, o que faz com que a área de pinhal com 35/40 anos seja cada vez menor. Uma vez que um pinheiro demora cerca de 35 a 40 anos atingir a idade adulta, isto é, a idade ideal do ponto de vista técnico e económico para que seja rentável, são raros os pinhais que conseguem escapar à incidência tão frequente e tão intensa de fogos em Portugal. Uma consequência desta ocorrência de fogos tão regular é o facto de cada vez existir menos volume de madeira na mesma área de território, pois cada vez mais, este é ocupado por florestas mais novas com cerca de 5, 10, 15, 20 anos. Consequentemente, do ponto de vista individual do proprietário florestal, é muito mais rentável alterar a ocupação da terra para uma espécie que não necessite de estar cerca de 40 anos a sobreviver ao fogo, optando assim pelo eucalipto que leva certa de 8 a 12 anos atingir idade ideal de corte, o que faz com que seja, à partida, do ponto de vista de investimento muito mais seguro. Passou-se a ter uma floresta como um espaço cultivado, deixando assim de ser propriamente um espaço natural e espontâneo.

Em Portugal em fins dos anos 70 havia cerca de 1 milhão e 300 mil hectares de pinhal bravo. Hoje estima-se que tenha reduzido cerca de 50%, muito à custa da incidência dos fogos e pela reticencia dos proprietários... Desde modo, não existe uma redução substancial da área da floresta, existe sim, o aumento e a diminuição de determinadas espécies no país.

G.2 Proposta Técnica para um Plano Nacional de Defesa da Floresta contra Incêndios

José Miguel Pereira, foi um dos coautores de uma proposta técnica para o plano nacional de defesa da floresta contra incêndios. Este plano foi elaborado em 2004, na sequência dos incêndios de 2003/2004, que criaram um grande impacto na sociedade, sensibilizando-a para este problema, tendo sido partes deste plano aplicadas na legislação portuguesa.

Do ponto de vista técnico e prático quando se fala na supressão a incêndios florestais, fala-se sobretudo de ações de proteção civil, e não de defesa da floresta. A supressão aos incêndios faz-se com uma preocupação muito escassa em reduzir a área queimada, sendo as principais preocupações as pessoas e as infraestruturas. Seria, portanto, muito mais vantajoso ao invés de se investir

na supressão, se investisse também em medidas de prevenção, tais como a redução de combustíveis, a limpeza de mato, de vegetação, os desbastes... Tanto a prevenção como a supressão aos incêndios são duas medidas que se completam e que deveriam ser colocadas em prática de forma equitativa, a fim de não existirem zonas do país onde apenas se investe numa e se esquece por completo a outra.

A floresta encontra-se "maioritariamente" sobre propriedade privada o que dificulta nas possíveis ações de prevenção. Apesar do que a maior parte da sociedade considera, os fogos têm padrões de orientação, direções de propagação minimamente "arrumados" no espaço e no tempo, o que faz com que através de um histórico de dados seja possível identificar as zonas estratégicas para atacar no combate à prevenção. Mas nem tudo é assim tão simples, uma vez que para que esta prevenção fosse eficaz na supressão ao fogo, teria de existir uma organização de centenas de proprietários, para abranger uma área considerável. E normalmente quando isto acontece, quando é feita atribuição de subsídios e verbas para a limpeza de terrenos, estas são aplicadas de forma desarticulada no espaço. Se não se tiver em conta tudo isto, fica-se com pequenas manchas de menor vegetação e o problema persiste, pois, a maior parte do território não sofreu estas ações de prevenção.

Considerando que, em média, num ano, há cerca de 100 mil hectares de área queimada, e a prevenção é feita numa escala de 3 a 5 mil hectares, é fácil interpretar que esta está a ser feita muito lentamente. No entanto é também de salientar que hoje em dia, há mais pessoas especializadas na supressão ao fogo, nomeadamente em fazer contrafogo, em saber interpretar o comportamento do fogo, existindo assim uma melhoria na capacidade de organização e nos métodos a usar na supressão aos incêndios florestais.

Um dos fatores mais importantes e com grande impacto nos fogos florestais são as condições meteorológicas, uma vez que os anos com grande seca estão intimamente ligados aos anos com maior área ardida. O plano definiu como meta para a área ardida por ano os 100 mil hectares, o que na opinião do investigador não é muito ambiciosa, apesar de nos 6, 7 anos anteriores a 2012, este objetivo ter sido cumprido, no entanto, tal deveu-se ao facto de os cuidados com a floresta terem começado a surtir efeito, mas o fator mais significativo foi as condições climatéricas.

Segundo o cientista existem fatores que influenciam os incêndios no verão, como por exemplo, se existir um mês de maio com uma primavera seca seguido de um verão com ondas de calor com episódios de muito calor e secura a área queimada tipicamente tende a ser bastante significativa. Quando os meses de Maio são mais chuvosos, e, portanto, a vegetação ainda se encontra humedecida, com bastante água no solo, o mês de Junho está mais "protegido" reduzindo automaticamente a área nele ardida, podendo até mesmo chegar a influenciar o mês de Julho a este nível, fazendo com que se ganhem cerca de 2 semanas de época em que não existem incêndios.

G.3 Os Incêndios em Portugal

G.3.1 A Origem dos Incêndios

A incidência dos fogos em Portugal é na sua maioria originada pela atividade humana, sendo prova disto o facto de 20% do número de fogos ser registado nas zonas metropolitanas do Porto e Lisboa. Esta informação é na sua grande parte um número desconhecido para a maior parte da população. É possível constatar que as zonas de maior população são também as zonas de maior incidência de fogos, simplesmente estes não têm grande impacto pois são fogos que não têm muito por onde expandir e são facilmente controlados, precisamente pelo rápido alerta da situação e da facilidade nos acessos a estes. Em contraponto, existem as áreas do interior norte, centro e sul do país, que são áreas com baixa densidade populacional, rede viária menos expandida, terreno mais acidentado, menos corporações de bombeiros, e ainda o facto de ser mais afastado do litoral e ter Verões mais secos e quentes, o que levam a um número mais reduzido de ignições, mas ignições estas que causam uma maior devastação da floresta.

O investigador fala da expectativa de área ardida após dar-se uma ignição ser diferente dependendo da zona do país em que este ocorre, podendo estar na gama do 1 hectare no concelho de Gondomar por exemplo, até uma área 30 vezes maior no concelho de Pampilhosa da Serra. É, assim, importante ter em conta não só a área ardida mas também o número de ignições. Na perspetiva de análise macroscópica do país, é importante perceber qual foi a área total que efetivamente ardeu, no entanto do ponto de vista dos bombeiros, independentemente da área ardida, é importante saber o número de ignições, uma vez que isto acarreta custos, nomeadamente na mobilização de efetivos, gastos de combustível, desgaste das viaturas e tudo o que envolve o acionamento de uma equipa de bombeiros para uma ocorrência florestal. Esta diferente dimensão de ocorrências, tanto a nível de hectares ardidos como a nível de número de ignições registadas, também está refletida no plano desenvolvido, uma vez que as infraestruturas e meios a mobilizar e a disponibilizar têm de ser diferentes dependendo das características da zona em que se encontram.

G.3.2 O Pico dos Fogos Florestais

Num ano, em média, cerca de 80% da área ardida arde num período não superior a 2 semanas, pelo que, quem combate estes fogos tem de se preparar para um período de pico de fogos de entre 10 a 15 dias, que podem não ser seguidos, mas concentrar-se-ão essencialmente neste período.

Enquanto que as ações de supressão têm de ser feitas “in loco”, isto, no exato momento em que são necessárias, as ações preventivas podem ser planeadas e programadas atempadamente e feitas ao longo do ano, não apenas na época de incêndios florestais. Apesar de não podermos baixar a guarda no que diz respeito à supressão dos incêndios, deveria ser investido mais dinheiro na prevenção do que na supressão dos mesmos.

Em Portugal existe um registo cartográfico das áreas ardidas superiores a 5ha desde o ano de 1975 onde estão registadas cerca de 40 mil fogos, o que permite ter uma noção da geografia de longo prazo do fogo em Portugal, dando a conhecer os locais onde existem mais e menos

fogos, onde existem vários fogos mas de pequena dimensão, onde existem poucos fogos mas de grandes dimensões, em que sítios onde ocorrem fogos anualmente ou dentro de um período de anos mais curto ou mais longo, permitindo depois que sejam retiradas conclusões. É possível ainda saber-se que tipo de vegetação os fogos afetam, se é flores, mato, áreas agrícolas, proximidade de povoações ou estradas, e toda esta informação está coligida e organizada para uma fácil consulta, e sendo uma ferramenta muito importante para rever os incêndios.

Este mapa está catalogado com 5 níveis de risco, desde muito baixo a muito alto. Normalmente a taxa de risco muito alta anda à volta dos 10% do território nacional, taxa esta que pode variar minimamente de ano para ano consoante o clima que se fez sentir nesse ano. Depois desta classificação é ainda localizada a área onde se encontra esta percentagem de risco, confirmando no final de cada época de incêndio se de facto os fogos coincidiram e de que forma, com o esperado.

Observando o que realmente aconteceu, o cientista constata que normalmente a área que é afetada pelas duas classes de risco mais baixas, que ocupam cerca de metade do território nacional, arde menos de 5%. Com isto conclui-se que metade do território nacional é de risco razoavelmente baixo, sendo que o problema se encontra na outra metade. Focando apenas nestes 50%, cerca de 10% representa o equivalente a 35% ou 45% da área queimada em Portugal. Uma vez que é aqui que se situa uma grande parte dos incêndios florestais do nosso país, esta deve ser a área prioritária de intervenção, podendo assim reduzir-se cerca de 1/3 ou até mesmo metade dos incêndios do nosso país.

G.3.3 A "Preferência" dos Fogos

Muitas vezes ouve-se que os incêndios têm preferência por um determinado tipo de vegetação, o que o investigador desmente. Esta opinião é fundamentada em estudos onde consideram o fogo como sendo um "herbívoro" e analisam o tipo de "alimento" que este procura e rejeita. São realizadas técnicas, métodos estatísticos e matemáticos para caracterizar os resultados, onde é possível observar que o alimento "preferido" pelo fogo, isto é, que arde proporcionalmente mais, não se trata de uma espécie em específico, mas sim aquilo que existe naquela determinada zona. Se naquela zona existir predominantemente mato, será o mato o seu "alimento" preferido. Designa-se mato, a uma vegetação arbustiva, que parte da base com múltiplos caules, onde tipicamente apresenta uma altura mais baixa comparativamente as árvores.

Esta preferência é constatada caso a área queimada seja maior do que a proporção presente naquela área, dessa mesma espécie de vegetação. Perante esta situação afirma-se que, de facto, o fogo revela preferência sobre determinado tipo de vegetação. Contudo estes estudos indicam que o fogo incide preferencialmente no mato, seguidamente pelo pinhal bravo, isto é, arde mais do que aquilo que seria de espectar perante a existência quer de mato quer de pinheiro bravo no território nacional. Relativamente ao eucalipto este encontra-se numa zona um pouco de indiferença, onde é queimado ligeiramente menos do que aquilo que seria de esperar, sendo o mesmo adaptado para o montado de sobreiro e azinheira. Ainda nesta perspetiva, o que realmente o fogo evita, isto é, o que realmente arde menos do que a proporção daquilo que existe no território são as áreas agrícolas,

explicação esta pelo facto de estas serem irrigadas, apresentarem vegetação muito verde, e estarem localizados em terrenos planos o que dificulta a propagação do fogo.

Esta preferência pelo pinhal relativamente ao eucaliptal, requer um pensamento ao nível da planta individualmente. Se formos analisar, ambas são espécies complicadas tendo em conta que são compostas de folha perene, as quais não caem e vão secando ao longo dos anos e ficando assim mais fácil de queimar. Além disso, ambas possuem substâncias químicas inflamáveis, como a resina no caso do pinheiro. Analisando agora ao nível da floresta, existe uma grande discrepância... uma vez que o eucalipto economicamente é uma espécie mais rentável, a sua área é gerida de uma forma melhor face ao pinheiro, o qual se encontra na maior parte ao abandono. Portanto não são as características ecológicas e intrínsecas do pinhal, nem do eucaliptal que determinam esta preferência, mas outros fatores, tais como: a forma como estes se encontram na floresta, se são bem tratados, se é limpo o mato que se encontra ao seu redor, se desramam os ramos mais baixos, tudo isto são fatores que vêm a influenciar a propagação do fogo. Resumidamente, uma vez que o eucalipto gera maior riqueza, justifica também um maior investimento no seu tratamento, enquanto que o pinhal acaba por vir arder mais, tudo por uma questão económica e não pela espécie em si.

G.3.4 As Diferentes Abordagens na Supressão aos Incêndios

Segundo o cientista, as alterações climáticas fazem com que a frequência com que ocorrem situações extremas de seca, de calor ou ambos, aumente, sendo nessas fases que ocorrem os grandes incêndios tais como no ano de 2003 em que nos dias 2 e 3 de Agosto em que ardeu o que em média arde num ano. Já no ano de 2017 nos dias 15 e 16 de Outubro ardeu mais do que a média de dois anos, ardendo 240 mil hectares. O cientista explica que esta concentração de fogo num período de 2 dias torna impossível a sua eficaz supressão, devido ao facto de ser impossível mobilizar meios terrestres e aéreos porque o espaço aéreo e terrestre fica limitado, aliado ao facto de ser muito difícil fazer chegar ao local a quantidade de meios que eventualmente seria necessário numa situação ideal.

Do ponto de vista científico está estabelecida a ideia de que o problema da supressão aos fogos tem de ser encarado partindo de várias frentes. No entanto o cientista entende que desde o ano de 1992 se tenta investir mais na prevenção mas mantém-se uma ideologia com foco apenas na supressão e desprezo na prevenção. Ainda assim, na opinião do mesmo, o impacto causado pelas mortes nos incêndios de 2017 marcou um momento de viragem em que finalmente se iniciou uma aposta mais dedicada na prevenção e não só na supressão, nomeadamente pela criação da agência para a gestão integral do fogo rural, dedicada como o próprio nome indica aos fogos rurais e não aos florestais, e que visa tentar profissionalizar a intervenção de incêndios em particular num ponto em que os bombeiros portugueses são bons, apesar do que aconteceu em Pedrogão que foi uma situação extrema, que é proteger o casario. Contudo, o foco excessivo na proteção do casario, leva ao desprezando de áreas florestais e agrícolas, no que não é casario propriamente dito. No entanto, a proteção do casario e das áreas com vegetação exigem técnicas distintas de supressão, ferramentas diferentes, abordagens diferentes. Em incêndios em áreas bastante grandes com situações climatéricas adversas, não é possível de ser controlado apenas com água pois a

quantidade de energia que libertam é maior do que a capacidade de superação da água que lhes é derramada em cima. Este tipo de supressão exige um estudo mais baseado na previsão, numa tentativa de prever para onde o fogo irá evoluir e retirar-lhe o combustível dessas zonas, fazendo-se queimadas controladas, contrafogo, colocando *bulldozers* a remover vegetação... de forma a que quando o fogo atinja estas zonas já não se consiga propagar por falta de combustível. Esta é uma metodologia que pode trazer resultados muito produtivos, mas que exige que se tenham as ideias bem formatadas no âmbito da previsão e não tanto no âmbito reativo com foco apenas na supressão ao fogo.

Assim, para frentes de fogo superiores a cerca de 1 km, é necessário enveredar pela perceção e previsão da evolução do fogo, sendo que para se fazer estas previsões é importante que se estudem as condições meteorológicas para as horas seguintes, analisar a topologia do terreno, saber o tipo de vegetação presente, fatores estes que devem ser analisados ou por pessoas competentes na áreas ou com recurso a ferramentas de apoio à decisão, para que se possa encarar o fogo não tanto no âmbito da supressão propriamente dita, mas sim na perceção de como poderá evoluir, acabando por extingui-lo por falta de combustível.

Na opinião do cientista é preciso não só formar bombeiros para defender casas, mas também treinar mais e melhores bombeiros para a defesa do resto do território, sendo que este seria um investimento que traria muitas vantagens no que aos fogos florestais diz respeito. Estas pessoas poderiam não só estar presentes na altura dos incêndios a fazer uma supressão mais preventiva, como também nos meses de menor risco de incêndio entre os meses de Novembro e Março fazerem limpezas de zonas estratégicas para que na altura dos fogos não haja combustível e o fogo acabe por não se propagar a partir daquelas zonas estrategicamente criadas.

O cientista reforça ainda a ideia de que é preciso sensibilizar os pastores e todos aqueles que necessitam de fazer queimadas no âmbito da sua atividade, e apoiá-los de uma forma mais construtiva para que estes dêem conhecimento a bombeiros e autoridades destas queimadas, e não tanto num âmbito repressivo, o que levará estas pessoas a fazerem o uso do fogo durante a madrugada sem que ninguém tenha conhecimento e que poderá dar lugar a ignições de proporções descontroladas.

Concluindo, o cientista refere que os incêndios em Portugal nunca irão acabar porque são uma realidade no nosso país, em grande parte devido ao clima mediterrânico em que vivemos. No entanto, é preciso proceder à criação de medidas preventivas e corretivas que levem a que os efeitos dos mesmos sejam menos nocivos para a sociedade e a natureza.

G.3.5 O Mito de que o Eucalipto Seca Tudo à sua Volta

O investigador, apoiado em estudos já realizados sobre esta esta matéria, afirma que esta é uma ideia errada que a sociedade possui. A ideia de que onde o eucalipto estiver não cresce mais nada em seu redor, é outro conceito que não faz sentido. Qualquer que seja a planta, esta alimenta-se dos nutrientes do solo, da água, do dióxido de carbono e o eucalipto não é exceção, sendo que, uma vez que esta espécie cresce mais lentamente, vai consequentemente utilizar esses recursos durante mais tempo. Desde que não existam limitações de água, ao redor do eucalipto vai crescer

aquilo que houver para crescer, agora é importante ter este fator em conta, pois plantar eucaliptos em zonas extremamente secas irá obviamente tornar-se num mau investimento.

O eucalipto plantado em Portugal tem origem no sul da Austrália, vem da Tasmânia, região esta muito temperada onde chove muito, portanto colocá-lo em ambientes secos obviamente não influenciará um bom resultado.

G.3.6 O Papel da Silvicultura em Portugal

A silvicultura é a ciência dedicada ao estudo dos métodos naturais e artificiais de regenerar e melhorar os povoamentos florestais. Segundo o cientista, a silvicultura sozinha não irá solucionar o problema dos incêndios, uma vez que, no seu entender, a problema dos incêndios não passa pela floresta, mas sim pelo espaço rural, sendo um problema territorial dos espaços. Em média, por ano, nas últimas décadas, ardem cerca de 60% de mato, 10% de áreas agrícolas e os restantes 30% corresponde a área florestal, portanto se apenas forem focados estes 30% correspondentes à floresta, perde-se a essência do problema.

A redução do risco de incêndio é feita a dois níveis, normalmente em áreas compreendidas entre os 10 e os 500ha os quais são feitos no interior de cada floresta, em cada povoamento florestal, onde são realizadas as limpeza das matas de forma a que não haja uma densidade excessiva de árvores, melhorar os acessos, estar preparado para o abastecimento de aguas, mas depois existe o grande problema que são as áreas de 20 a 40 mil hectares. Com este tipo de dimensões são exigidas intervenções e um planeamento à escala da paisagem, do território onde não é possível proteger a floresta sem espaços agrícolas, sem ter zonas desarborizadas, sem zonas de pastagens, sem ter outras formas de ocupar o solo as quais são menos propensas à propagação do fogo. O investigador defende que, hoje em dia, não só é importante saber as zonas onde se deve arborizar, mas também saber as zonas onde não se deve arborizar, pois existem muitas zonas do país que estão excessivamente florestadas, as quais foram afetas pelos últimos incêndios de 2017. No entanto, os proprietários florestais, os próprios responsáveis autárquicos, começam a ter esta noção e já existem mesmo planos no combate à redução da área florestal por algumas autarquias, simplesmente estes planos ainda não foram colocados em prática muitos dos quais por falta de financiamento.

Reduzir a área arborizada, traz no entanto outras dificuldades adjacentes, enquanto que a floresta exige pouca mão de obra, pois são plantadas, eventualmente existem algumas operações de acompanhamento, tratamento e ao fim de 10, 12 anos no caso do eucalipto, 35, 40 anos no caso do pinheiro vão lá cortar e replantar, o que não acontece quando se trata de áreas de agricultura, pastagem, estas requerem muito mais mão de obra, exigem um cuidado quase permanente. Por isso a silvicultura, pode fazer aquilo que é suposto fazer, gerir o interior das florestas, mas também tem cada vez mais a obrigação de ser multidisciplinar.

Esta multidisciplinariedade tem de ir ao encontro do ordenamento do território, envolvendo pessoas especializadas na área como arquitetos paisagistas, agrónomos, geógrafos, os proprietários florestais e o estado a fim de conseguir reduzir a vulnerabilidade do território à expansão dos grandes fogos e isto pode ser feito com interrupções em faixas, em manchas, nos vales e em

sítios onde o solo é esquelético, com grande presença de rochas. Estes sítios muitas vezes são utilizados a muito custo e com poucos benefícios, pois insiste-se em arborizar zonas cuja natureza e potencial seria servir de barreiras à propagação dos fogos e faz-se precisamente o contraio do que seria expectável.